

A remplir y compris pour les apports inférieurs à 50 tonnes.

DATE DE FIN de validité :

1	INSTALLATION DE STOCKAGE DE DECHETS			
<input type="checkbox"/> Bois des Obligeois ☎ : 01 34 75 49 61		<input type="checkbox"/> Saint-Maximin ☎ : 03 44 24 95 91		<input type="checkbox"/> Crépy en Valois ☎ : 03 44 87 54 35
<input type="checkbox"/> Butte Bellot ☎ : 01 64 16 03 19		<input type="checkbox"/> Liancourt st Pierre ☎ : 03 44 49 00 79		<input type="checkbox"/> Villeneuve S/ Verb. ☎ : 03 44 54 61 26
2	IDENTIFICATION DU PRODUCTEUR / DETENTEUR			
Raison Sociale :				
Adresse du site de production :				
Code Postal :		Ville :		N°SIRET :
☎ :		Fax :		E-mail :
Nom du responsable à contacter :				
Activité de l'établissement :				
L'activité est-elle une Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>				
3	CLIENT (si différent du producteur)			
Raison Sociale :				
Adresse:				
Code Postal :		Ville :		N°SIRET :
☎ :		Fax :		E-mail :
Nom du responsable à contacter :				
4	TRANSPORTEUR / COLLECTEUR TITULAIRE			
Un protocole de déchargement doit être établi avec l'entreprise de transport avant toute réception sur site.				
Raison Sociale :				
Nom du responsable à contacter :				
☎ :		Fax :		E-mail :
N° de récépissé :		Date de fin de validité récépissé :		
(Déclaration pour le transport de déchets)				
5	QUANTITES ET CONDITIONNEMENT			
Tonnage prévisionnel : tonnes				
<input type="checkbox"/> Annuel :		Fréquence de livraison :		
<input type="checkbox"/> Ponctuel :		Livraison du au		
Conditionnement : <input type="checkbox"/> Vrac benne bâchée <input type="checkbox"/> Vrac semi-remorque <input type="checkbox"/> Autre :				
6	IDENTIFICATION DU DECHET			
Demande d'acceptation initiale ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non (renouvellement), n° de CAP éventuel :				
Désignation du déchet (cf. annexe p5) :				
Code nomenclature selon le décret 2002-540 : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>				
Processus de production du déchet :				
Prétraitement et conditionnement éventuels (traitement à la chaux, mise en balle...) :				
Composition du déchet (constituants chimiques et/ou matériaux) et teneurs approximatives (%) :				
Déchet contenant du plâtre :		<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui, teneur approximative (%) :		Odeur : <input type="checkbox"/> Faible <input type="checkbox"/> Moyenne
Aspect physique :		<input type="checkbox"/> Solide	<input type="checkbox"/> Pulvérulents	<input type="checkbox"/> Pâteux / Boues <input type="checkbox"/> Forte Couleur :
Déchets issus d'un process industriel et terres potentiellement polluées :		Déchets issus de tri et/ou traitement :		
<input type="checkbox"/> RBA / RBE		<input type="checkbox"/> OM (collecte sélective ou centre de tri)		
<input type="checkbox"/> Boue STEP		<input type="checkbox"/> DIB (tri chez le producteur ou centre de tri)		
<input type="checkbox"/> Terres potentiellement polluées		<input type="checkbox"/> Encombrants (Collecte ou déchetterie)		
<input type="checkbox"/> Mâchefer		<input type="checkbox"/> Refus de compostage / méthanisation		
<input type="checkbox"/> Compost déclassé		<input type="checkbox"/> Autres :		
<input type="checkbox"/> Autres déchets issus de process :		Justification du caractère ultime * :		
→ SOUMIS à analyses : CAP nécessaire, voir §7.		→ NON SOUMIS à analyses : voir §8		

7 CERTIFICAT D'ACCEPTATION PREALABLE (CAP) (à compléter par le Resp. de Centre SITA)

Fréquence d'analyse :	<input type="checkbox"/> annuelle <input type="checkbox"/> semestrielle	<input type="checkbox"/> trimestrielle <input type="checkbox"/> mensuelle	<input type="checkbox"/> à chaque voyage
Méthode (voir les paramètres dans « Règles d'admission ISDND SITA France »)			
<input type="checkbox"/> test de lixiviation (norme EN 12457-2)	<u>Date et réf. de l'analyse</u> :		
<input type="checkbox"/> sur matière sèche	<u>Date et réf. de l'analyse</u> :		
<input type="checkbox"/> paramètres supplémentaires (HAP, BTEX, HCT...)	<u>Date et réf. de l'analyse</u> :		
.....			
Les analyses sont à fournir par le producteur/détenteur du déchet.			
En cas de non-conformité avec ces critères d'admission ou de non-respect des fréquences d'analyses, SITA se réserve le droit de refuser le chargement sans préavis. Toute modification de la nature du déchet fait l'objet d'un nouveau certificat d'acceptation.			

* Art. L.541-1 du code de l'environnement : « Est ultime...un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux »

8 RESPONSABILITE DU PRODUCTEUR / DETENTEUR

Le **producteur ou le détenteur** soussigné **certifie** avoir connaissance de sa responsabilité au titre du code de l'Environnement Livre V, Titre IV « Prévention des Pollutions, des Risques et des Nuisances » - « Déchets » et :

- **s'engage** à fournir toute information nécessaire quant à l'identification du déchet et à livrer un produit conforme aux spécifications de cette fiche,
- **s'engage** à transmettre toutes les précautions particulières à prendre pour la réception et le stockage du déchet,
- **s'engage** à porter à la connaissance des partenaires du circuit d'élimination tout changement qui interviendrait sur le déchet modifiant les indications stipulées sur la fiche d'identification,
- **s'assure** que le transport du déchet est effectué suivant la réglementation et les conditions de sécurité en vigueur (assurances, signalisation du véhicule, bâchage des bennes, signature du protocole de déchargement, déclaration pour le transport de déchets ...).

Fait à : **Le :**

Cachet du producteur ou du détenteur **Nom et Fonction du responsable :**

.....

Signature :

9 VALIDATION DU SERVICE COMMERCIAL (à compléter par le service commercial SITA)

POLE ET AGENCE DE COMMERCIALISATION	RESPONSABLE COMMERCIALISATION
<input type="checkbox"/> : Pôle : <input type="checkbox"/> : Agence <input type="checkbox"/> : Autres (à préciser)	Nom : Signature :

10 ACCEPTATION / REFUS sur le site (à compléter par le Resp. de Centre SITA)

<input type="checkbox"/> ACCEPTATION Conditions particulières de réception : Justification ou information complémentaire : N° de CAP (le cas échéant) : Code Déchets CLEAR : Code producteur :	<input type="checkbox"/> REFUS Motif : <input type="checkbox"/> Dépassement de seuil d'admission : <input type="checkbox"/> Déchets interdits sur le site <input type="checkbox"/> Impossibilité technique de réception Commentaire : <input type="checkbox"/> DECISION EN ATTENTE le Motif :
Nom Responsable de Centre : Cachet et signature :	Date et lieu :

ANNEXE DECHET NON DANGEREUX

Préambule: Tous les déchets sont soumis à la procédure d'information préalable.

Les déchets municipaux et déchets de même nature provenant d'autres origines (Cf. 1^{er} alinéa de l'article 5 de l'Arrêté Ministériel du 09/09/97 modifié) sont dispensés de test de lixiviation.

Pour les autres, la caractérisation de base inclut un test de lixiviation selon la norme NF EN 12457-2 et la mesure des paramètres suivants pour être admissible sur nos installations (voir page suivante pour les normes d'analyses préconisées) : pH, fraction soluble, fluorure, chrome hexavalent, chrome total, cyanure, carbone organique total (COT), phénol, plomb, zinc, cadmium, nickel, arsenic, mercure, molybdène, cuivre, antimoine, sélénium, baryum, siccité. D'autres paramètres (PCB, HAP, hydrocarbure...) peuvent être demandés en fonction de la nature du déchet (résidus de broyage, terres polluées...)

CONDITIONS GENERALES D'ADMISSION DES DECHETS (Arrêté du 09/09/1997 modifié)

Art. 4 – **Les déchets qui peuvent être déposés dans une installation de stockage de déchets non dangereux sont les déchets municipaux, les déchets non dangereux de toute autre origine et les déchets d'amiante lié.** »

... Pour être admis dans une installation de stockage les déchets doivent également satisfaire :

- à la **procédure d'information préalable** ou à la **procédure d'acceptation préalable** ;
- au **contrôle à l'arrivée sur le site**.

Art 5 – **Les déchets municipaux classés comme non dangereux, les fractions non dangereuses collectées séparément des déchets ménagers et les matériaux non dangereux de même nature provenant d'autres origines sont soumis à la seule procédure d'information préalable définie au présent article.**

Avant d'admettre un déchet dans son installation et en vue de vérifier son admissibilité, l'exploitant doit demander au producteur de déchets, à la (ou aux) collectivité(s) de collecte ou au détenteur une information préalable sur la nature de ce déchet. Cette information préalable doit être renouvelée tous les ans (...).

L'information préalable contient les éléments nécessaires à la caractérisation de base définie au point 1.a de l'annexe I. L'exploitant, s'il l'estime nécessaire, sollicite des informations complémentaires.

L'exploitant tient en permanence à jour et à la disposition de **l'Inspection des Installations Classées** le **recueil des informations préalables** qui lui ont été adressées et précise, le cas échéant, dans ce recueil les **motifs** pour lesquels il a **refusé l'admission d'un déchet**.

En cas de non-conformité lors du contrôle d'entrée sur le site le déchet sera refusé.

Art 6 – **Les déchets non visés à l'article 5 sont soumis à la procédure d'acceptation préalable** définie au présent article. **Cette procédure comprend (...): la caractérisation de base et la vérification de la conformité.**

Le producteur ou le détenteur du déchet doit en premier lieu faire procéder à la caractérisation de base du déchet définie au point 1 de l'annexe I.

Le producteur ou le détenteur du déchet doit ensuite, et au plus tard un an après la réalisation de la caractérisation de base, faire procéder à la vérification de la conformité. Cette vérification de la conformité est à **renouveler au moins une fois par an**. Elle est définie au point 2 de l'annexe I.

Un déchet ne peut être admis dans une installation de stockage qu'après délivrance par l'exploitant au producteur ou au détenteur du déchet, d'un certificat d'acceptation préalable. Ce certificat est **établi au vu des résultats de la caractérisation de base et, si celle-ci a été réalisée il y a plus d'un an, de la vérification de la conformité.** La durée de validité d'un tel certificat est d'un an au maximum.

LES NIVEAUX DE VERIFICATION (Annexe I, Arrêté du 09/09/1997 modifié)

1. Caractérisation de base

(...) elle consiste à caractériser globalement le déchet en rassemblant toutes les informations destinées à montrer qu'il remplit les critères correspondant à la mise en décharge pour déchets non dangereux (...).

a) Informations à fournir :

source et origine du déchet; informations concernant le processus de production du déchet (description et caractéristiques des matières premières et des produits); données concernant la composition du déchet et son comportement à la lixiviation, **le cas échéant**; apparence du déchet (odeur, couleur, apparence physique); code du déchet conformément à l'annexe II du décret n°2002-540 du 18 avril 2002; au besoin, précautions supplémentaires à prendre au niveau de l'installation de stockage.

b) Essais à réaliser

... Il convient de réaliser le **test de potentiel polluant basé sur la réalisation d'un essai de lixiviation...normalisé NF EN 12457-2**. Les tests et analyses relatifs à la caractérisation de base **peuvent être réalisés par le producteur du déchet, l'exploitant de l'installation de stockage de déchets ou tout laboratoire compétent.**

DECHETS INTERDITS (Annexe II, Arrêté du 09/09/1997 modifié)

- déchets dangereux définis par le « décret n°2002-540 du 18 avril 2002 » ;
- déchets d'activités de soins et assimilés à risques infectieux ;
- les substances chimiques non identifiées et/ou nouvelles qui proviennent d'activités de recherche et de développement ou d'enseignement, et dont les effets sur l'homme et/ou sur l'environnement ne sont pas connus (par exemple déchets de laboratoire, etc.) ;
- déchets radioactifs, c'est à dire toute substance qui contient un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection ;
- déchets contenant plus de 50 mg/kg de PCB ;
- déchets d'emballages visés par le décret n°94-609 du 13 juillet 1994 ;
- déchets «qui, dans les conditions de mise en décharge sont explosibles, corrosifs, comburants, facilement inflammables ou inflammables, conformément aux définitions du décret n°2002-540 du 18 avril 2002 ;
- déchets dangereux des ménages collectés séparément ;
- déchets liquides (tout déchet sous forme liquide, notamment les eaux usées, mais à l'exclusion des boues) ou dont la siccité est inférieure à 30% ; «dans le cas des installations de stockage mono-déchets, cette valeur limite pourra être revue le cas échéant par le préfet, sur la base d'une évaluation des risques pour l'environnement fournie par l'exploitant» ;
- les pneumatiques usagés à compter du 1er juillet 2002.

EXEMPLE DE DECHETS INTERDITS :

- Déchets pulvérulents,
- Déchets contenant de l'amiante,
- Déchets de plâtre (hors déchets du BTP contenant de faibles proportions de plâtre),
- Déchets fortement odorants,
- Déchets non refroidis ou susceptibles de provoquer un départ de feu,
- Bombes aérosols, piles, pots de peintures, néons,...
- Condensateurs,
- Fusées de feux d'artifices, fusées de détresse,
- Composants d'appareils électriques, ordinateurs,
- Souches.

Liste non exhaustive, SITA se réservant le droit de refuser un déchet pouvant être à l'origine de risques pour l'hygiène, la santé et la sécurité du personnel ou pour l'environnement.

Les déchets interdits qui auraient été déchargés doivent être repris le jour-même par le transporteur adéquat. Une pénalité de pourra être appliquée au client si cet engagement n'est pas respecté.

METHODES D'ANALYSES - NORMES EN VIGUEUR RECOMMANDEES

Paramètres et normes relatifs à l'éluat					
Essai de lixiviation	NF EN 12457-2	pH	ENV 12506	Sb	NF EN ISO 11885
Siccité	NF ISO 11465	Cr hexavalent	ENV 12506	Se	Pr EN 31969
COT	ENV 13370	Cr, Ba, Mo, Pb, Zn, Cd, Ni, Cu	ENV 12506	As	ENV 12506
Fraction soluble	NFT 90-029			Hg	ENV 13370
Indice Phénol	ENV 13370	Cyanure	ENV 13370	Fluorure	ENV 13370
Paramètres et normes sur déchets brut					
HAP	ISO CD 13877	PCB*	XP 30 453	Hydrocarbure	ISO 11046

* résidus de broyage de bien d'équipement sur brut, exprimés en mg/kg de déchet sec : quantification d'au moins six congénères (28,52, 101, 138, 153, 180).

Pour l'acceptation joindre l'analyse du déchet. Sur demande de SITA, un échantillon représentatif de 1,5 kg minimum devra être fourni par le producteur pour analyse. Il sera conditionné dans un récipient plastique étanche en polyéthylène ou en pyrex pour les résidus à caractère organique.

HYGIENE ET SECURITE

En application de l'arrêté du 26 avril 1996 issu des articles R. 237-1 et suivants du Code du travail concernant les règles de sécurité applicables aux opérations de chargement et de déchargement effectuées par une entreprise extérieure, nos conditions générales de livraison intègrent tous les éléments devant être renseignés dans un **protocole de sécurité** (risques et mesures de prévention).

Elles comportent également différentes dispositions afin d'éviter tout accident environnemental lors d'intervention sur nos sites.

Nous comptons sur votre aide et votre participation pour améliorer la prévention des risques professionnels et des accidents environnementaux lors de ces opérations de déchargement de déchets.

CLASSIFICATION DES PRINCIPAUX DECHETS NON-DANGEREUX (Décret 2002-540 du 18/04/2002)

Libellé usuel (<i>différent de celui du décret 2002-540</i>)	Déchet
Déchets de pulpeurs : issus de l'industrie papetière	030310
Cendre d'installation de combustion*	Famille 10 01
Mâchefers d'installation de combustion	100101
Noyau, sable et moule de fonderie*	Familles 1009, 1010
Terres inertes et matériaux minéraux	170504
Boues de dragage/curage	170506
Sable de curage	170506
Amiante ciment k2	170605
Déchets de petite démolition	170904
Mâchefers non dangereux d'incinération de déchets	190112
Refus de compostage de déchets municipaux (OM...)	190501
Refus de compostage de déchets végétaux/animaux	190502
Compost déclassé: compost non conforme à la réglementation en vigueur pour un usage de valorisation (épandage et commercialisation)	190503
Sables de station d'épuration	190802
Boues de station d'épuration urbaine	190805
R.B.A. / R.B.E.	191004
Refus de tri de D.I.B. ou d'O.M.	191212
Déchets industriels banals	200199
Déchet de jardin/terre et pierre	200202
Ordures ménagères	200301
Déchets de nettoyage	200303
Déchets encombrants	200307

* Derniers chiffres à préciser en fonction de l'activité industrielle ou de l'origine du déchet.

**Cette liste est non exhaustive, elle est à rapprocher de la liste des déchets interdits.
Pour les autres déchets se reporter au décret 2002-540 du 18 avril 2002**

Emetteurs : Ingénieur QSE, Elina MARCOUX
Approbateur : Directeur d'Agence, Catherine GREDER

FONCTIONS CONCERNEES :

Agence Stockage :	Directeur d'Agence, Responsable d'Exploitation, Responsable de Centre, Assistante d'Exploitation, Agents d'Accueil, Conducteurs d'engins
Agence Valorisation :	Directeur d'Agence, Responsables d'Exploitation
Direction Commerciale :	Directeur Commercial, Commerciaux,
Direction Financière et administrative	Service Facturation
Industrie, Collectivité et V2O :	Directeur Commercial, Commerciaux, Assistant(e)s

SITES D'APPLICATION : Ensemble des ISD de l'Agence Stockage

REFERENTIEL REGLEMENTAIRE :

- *Arrêté ministériel du 09/09/97 modifié par arrêté du 19/01/06 relatif aux installations de stockage de « déchets non dangereux »*,
- *Décision Européenne du 19/12/02 établissant les critères et procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la directive 1999/31/CE*
- *Arrêté ministériel du 15/03/09 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans des installations de stockage de déchets inertes*
- *Circulaire du 20/12/06 relative aux Installations de stockage de déchets inertes*
- *Arrêté du 28 octobre 2010 relatif aux installations de stockage de déchets inertes*

SOMMAIRE :

1.	ACCEPTATION DES DECHETS EN ISDND.....	3
1.1.	Validation technique	3
1.2.	Information et Acceptation préalable - généralites.....	3
1.3.	Caractérisation et vérification de conformité.....	3
1.3.1.	Caractérisation.....	3
1.3.2.	Analyses à réaliser	4
1.3.3.	Seuils d'acceptation SITA France.....	5
1.4.	Conservation , suivi et renouvellement des FIP/CAP.....	6
1.5.	Cas particuliers.....	6
1.5.1.	Apports annuels inférieurs à 50 tonnes (particuliers ou apports ponctuels).....	6
1.5.2.	Refus des centres de tri et transfert de la région SITA Ile-de-France et Oise	6
1.5.3.	Terres souillées.....	6
2.	ACCEPTATION DES DECHETS EN ISDI	7
3.	RECEPTION DES DECHETS SUR LES SITES.....	7
3.1.	Contrôles administratifs	7
3.1.1.	En ISDND :	7
3.1.2.	En ISDI :	8
3.2.	Contrôles visuels.....	8
3.3.	Dysfonctionnements.....	8
3.3.1.	FIP /CAP ne correspondant pas à la nature du chargement, inexistant ou non à jour	8
3.3.2.	Présence de déchets non-autorisés.....	9
3.3.2.1.	Déchets radioactifs.....	9
3.3.2.2.	Chargement non-autorisé détecté avant le déchargement.....	9
3.3.2.3.	Chargement (tout ou partie) non-autorisé détecté lors du vidage.....	9
3.3.2.4.	Déchets non-autorisés repérés par les conducteurs d'engins sans que l'apporteur soit identifiable	9
3.3.3.	Camions en surcharge	10
3.4.	Registre des admissions et registre des refus	10
4.	IMPRIME, ENREGISTREMENTS ET DOCUMENTS SUPPORTS	11

1. ACCEPTATION DES DECHETS EN ISDND

1.1. VALIDATION TECHNIQUE

Toute proposition commerciale de prestation de traitement par stockage doit être techniquement validée par le Responsable de Centre (RdC).

Les critères d'acceptation sont définis par SITA France dans le document « **Règles d'admission des déchets en ISDND** », disponible sur l'Espace Excellence Stockage. Seuls les grands principes sont repris dans ce mode opératoire.

1.2. INFORMATION ET ACCEPTATION PREALABLE - GENERALITES

La procédure d'information et d'acceptation préalable est **réglementaire** et à minima renouvelée annuellement.

Un **imprimé unique (FIP/CAP)** permet de recueillir l'ensemble des informations nécessaires à sa réalisation.

La diffusion de cet imprimé auprès des clients/producteurs est assurée par le **service commercial ou facturation** concerné.

Pour les clients déjà en compte, elle est renouvelée au début de chaque année calendaire et doit être finalisée fin janvier de l'année en cours.

La transmission par email (après scan) doit être privilégiée afin de maintenir la bonne lisibilité du document.

A réception de l'imprimé complété, le service commercial ou facturation concerné vérifie que l'ensemble des informations ont bien été renseignées et communiquées et le transmet aux Agents d'Accueil des sites concernés.

Au regard des éléments des FIP/CAP (nature, provenance, quantité, ...), le RdC statue sur l'acceptabilité des déchets.

Il renvoie au service commercial concerné, la FIP/CAP signée. Une copie est conservée sur site.

La **date de fin de validité** de la FIP/CAP doit être **renseignée par le RdC et retranscrite dans CLEAR** par l'Agent d'accueil. Elle correspond à :

- la date de signature + 1 an maximum, pour les déchets non soumis à analyse
- la date d'analyse + 1 an maximum, pour les déchets soumis à analyse.

1.3. CARACTERISATION ET VERIFICATION DE CONFORMITE

1.3.1. Caractérisation

La caractérisation consiste à caractériser globalement le déchet en rassemblant toutes les informations destinées à montrer qu'il remplit les critères correspondant à la mise en décharge pour déchets non dangereux.

La caractérisation est exigée pour chaque type de déchets. S'il ne s'agit pas d'un déchet produit dans le cadre d'un même processus, chaque lot de déchets devra faire l'objet d'une caractérisation.

Les **déchets assimilables aux ordures ménagères** (déchets municipaux classés non dangereux, fractions non dangereuses collectées séparément des déchets ménagers et matériaux non dangereux de même nature provenant d'autres origines) **ne sont soumis qu'à la partie informative de la caractérisation**, tout comme les déchets répondant aux critères suivants :

- les informations concernant la caractérisation sont connues et dûment justifiées,
- la réalisation des essais présente d'importantes difficultés ou entraînerait un risque pour la santé des intervenants,
- aucune procédure d'essai ni de critère d'admission n'existe.

Pour les autres **déchets issus de process industriel** (boues de STEP, réfractaires, RBA, sables de fonderie, ...), **l'ensemble de la caractérisation** est exigée, ce qui implique également :

- la réalisation d'une analyse initiale
- la vérification de la conformité (par le biais d'une nouvelle analyse) à minima tous les ans.

Le tableau ci-dessous précise pour les principaux déchets reçus sur les ISD, les exigences de caractérisation :

Désignation CLEAR	Code CLEAR	Désignation NED	Code NED	Analyse ?
OM issus de collecte sélective	M00301	Déchets municipaux en mélange	200199	Non
DIB Ultimes	A0019920	Déchets municipaux en mélange	200199	Non
Refus de tri de produits valorisables	I9121202	Déchets issus de centre de tri	191212	Non
Encombrants	M0030712	Déchets encombrants	200307	Non
Dégrillage de station	I9080110	Déch.de dégrill.de station d'épuration	190801	Oui
Sable non-lavé de step	I9080202	Déch.de dégrill.de station d'épuration	190802	Oui
Déchets de voirie	M00303	Déchets de nettoyage des rues	200303	Non
Boues de STEP	B9089901	Boues de curage de STEP	190899	Oui
RBA	I9100402	Résidus de broyage automobile	191004	Oui
Déchets verts non compostables	M0020301	Déchets verts non compostables	2002003	Oui
Terres et cailloux ND (terres souillées)	I7050401	Terres et cailloux ND	170504	Oui
Mâchefers déclassés	I9011204	Mâchefers autres que 190111*	190112	Oui

1.3.2. Analyses à réaliser

Cette analyse est réalisée sur **lixiviation selon la norme NF EN 12457-2** et mesure, à minima, les paramètres suivants :

pH	Mo	COT	Ba	Cu	ind phénol	Siccité
Conductivité	Cr	Ni	Cd	Hg,	F-	Se
Fraction soluble	CN-	As	Zn	Pb	Cr VI	Sb

Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée par le RdC en fonction de la nature du déchet et du process de production.

Au regard des résultats de ces analyses et des propositions de seuil définis au §1.3.4., le RdC :

- complète la partie **Certificat d'Acceptation Préalable** sur la FIP/CAP, et statue sur l'acceptation ou non des déchets visés.
- demande des analyses complémentaires sur certains paramètres comme les hydrocarbures ou les polluants organiques (HAP, PCB, ...) qui pourront également être recherchés sur le déchet brut. Dans ce cas la FIP/CAP, il précise sa demande d'analyses dans le § 7 rubrique « paramètres supplémentaire ».

NB :

- pour un déchet soumis à analyse, la date de fin de validité de la FIP/CAP correspond au maximum à la date d'analyse + 1 an.
- **L'analyse, pour vérification de la conformité, doit être renouvelée lors de toute modification importante de la composition du déchet** (repérée lors du contrôle visuel ou indiquée par le producteur).
- En fonction de la nature des déchets et du process de production, des analyses peuvent être demandées à fréquence trimestrielle ou semestrielle.

1.3.3. Seuils d'acceptation SITA France

Paramètre	Unité	Déchets fermentescibles	Déchets minéraux
pH	-	6 à 13	
Conductivité	µS	-	
Fraction soluble	%	< 8	< 6
F ⁻	mg/kg	< 150	
Cr VI	mg/kg	< 5	
CN ⁻	mg/kg	< 5	
COT	mg/kg	< 30 000	< 800
Ind. Phénol	mg/kg	< 50	
As	mg/kg	< 4	
Ba	mg/kg	< 100	
Cd	mg/kg	< 2	
Cr	mg/kg	< 10	
Cu	mg/kg	< 50	
Hg	mg/kg	< 0,6	
Pb	mg/kg	< 10	
Mo	mg/kg	< 15	
Ni	mg/kg	< 10	
Sb	mg/kg	< 2,1	
Se	mg/kg	< 1,5	
Zn	mg/kg	< 50	
Siccité	%	> 30	

1.4. CONSERVATION , SUIVI ET RENOUVELLEMENT DES FIP/CAP

Les FIP/CAP et les résultats de la caractérisation sont conservés par chaque Agent d'Accueil pendant **l'année en cours + 2 ans**.

Le **suivi des dates de validité des FIP/CAP** est géré par l'Agent d'Accueil et se fait par le biais :

- du **logiciel CLEAR** (voir Mode Opérateur Utilisation du logiciel CLEAR). Une liste récapitulative peut être éditée.
- du **tableau excel de suivi des FIP/CAP**.

A réception d'une FIP/CAP signée (ou renouvelée) :

- s'il s'agit d'un nouveau client, le service commercial l'enregistre dans CLEAR.
- dans tous cas, l'agent d'Accueil met à jour les autres informations
 - o sur le logiciel CLEAR (caractéristique du déchet, date de validité, commune, transporteur, ...) en collaboration avec le service commercial.
 - o sur le tableau de suivi des FIP/CAP.

A compter du 1^{er} février, le RdC refuse les apports pour lesquels la FIP/CAP n'a pas été renouvelée.

1.5. CAS PARTICULIERS

1.5.1. Apports annuels inférieurs à 50 tonnes (particuliers ou apports ponctuels)

Lorsque la quantité annuelle est inférieure à 50 tonnes, l'Information Préalable peut être remplacée par le ticket de pesée sous réserve d'un contrôle visuel.

1.5.2. Refus des centres de tri et transfert de la région SITA Ile-de-France et Oise

Les Directeurs concernés signent la FIP/CAP en tant que "producteur" des refus de tri et des déchets issus de leurs installations.

1.5.3. Terres souillées

En préalable à la fiche d'information préalable, **les informations suivantes doivent être communiquées :**

- Adresse du chantier
- Activité génératrice de la pollution et usage antérieur du site
- Le maître d'ouvrage de l'opération
- Le maître d'œuvre
- La période de réception envisagée
- Tonnage global
- Cadences d'approvisionnement

La caractérisation de base comprend dans ce cas:

- Un **test de lixiviation** sur l'ensemble des paramètres définis au § 1.3 (les seuils d'acceptations sont les mêmes que pour les autres déchets).
- Une **analyse sur déchet brut** des paramètres suivants :

PCB	XPX 30-543	10 > C > 1
HCT	Pr NFEN 14039	2000 > C > 500
HAP	CLHP	100 > C > 20
BTEX	CPG	20 > C > 6
Benzène	CPG	6 > C > 0,5
Solvants halogénés	Pr X31-438	10 > C > 2
Benzo-a-pyrène	CPG	5 > C > 1
Naphtalène	CPG	20 > C > 3

Pour les sites de l'Oise, la provenance doit être comprise dans un rayon de 50 km autour de l'ISD.

Si la caractérisation met en évidence que seules certaines « mailles » de terres peuvent être acceptées :

- ces « mailles » doivent être **spécifiées sur la FIP/CAP**.
- le chauffeur doit être muni d'un bon ou d'un bordereau de suivi de déchet industriel **identifiant les mailles d'origine de son chargement**.

Si ces deux conditions ne sont pas respectées, le déchargement doit être refusé.

2. ACCEPTATION DES DECHETS EN ISDI

Les matériaux admissibles en ISDI sont des **matériaux inertes** constitués essentiellement de terres de terrassement et de gravats de démolition exempts de déchet (dérogation de la circulaire du 20/12/06).

L'acceptation des matériaux est soumise à une procédure d'**information préalable**.

Une FIP/CAP doit donc être complétée par le producteur, transmis au service commercial et validé, puis transmis à l'agent d'accueil du site.

Le suivi des FIP/CAP s'effectue par le biais d'un tableau de suivi (pas de logiciel CLEAR).

Le renouvellement des FIP/CAP est effectué de la même manière que pour les ISDND (voir plus haut).

3. RECEPTION DES DECHETS SUR LES SITES

3.1. CONTROLES ADMINISTRATIFS

3.1.1. En ISDND :

Tout camion rentrant doit au moins être pesé en entrée et en sortie (**y compris les gratuits**¹)

¹ Uniquement les apports des particuliers détenteurs d'un bon de mairie ou les apports de terre (argile, végétale, ...) pour lesquels il existe une **FIP signée par l'Agence Stockage et sur laquelle la mention « gratuit » figure spécifiquement**.

L'acceptation des déchets fait systématiquement l'objet **d'un bon de pesée et doit être conditionnée à l'existence**:

- d'un Protocole de sécurité pour les opérations de chargement et déchargement signé par le Responsable de l'entreprise de transport concernée (Cf. le Mode opératoire Gestion des protocoles de sécurité) ;
- d'un exemplaire de la FIP/CAP signée par l'Agence Stockage et par le Producteur de déchets (hormis pour les apports <50 tonnes/an),

L'Agent d'Accueil vérifie l'existence de chacun de ces documents à l'aide du logiciel CLEAR.

Le paramétrage de CLEAR sur les ISDND figure dans les documents « **Paramétrage des centres de stockage** ». L'ensemble des matériaux et déchets rentrants sur le site doit être **pesé et enregistré dans CLEAR selon les catégories qui y figurent**.

3.1.2. En ISDI :

L'acceptation des déchets est conditionnée à l'existence :

- d'un Protocole de sécurité pour les opérations de déchargement signé par le Responsable de l'entreprise de transport concernée (Cf. *MODOP « Gestion des protocoles de sécurité »*)
- d'un exemplaire de la FIP/CAP signé par l'Agence Stockage et par le Producteur de déchets.

3.2. CONTROLES VISUELS

L'Agent d'Accueil réalise un premier contrôle visuel du chargement dans la mesure du réalisable (petits apporteurs, existence d'une caméra de contrôle, ...).

Les Conducteurs d'Engins et le Gardien de quai (présent essentiellement en ISDND) effectuent un dernier contrôle visuel des déchets au déchargement.

3.3. DYSFONCTIONNEMENTS

3.3.1. FIP /CAP ne correspondant pas à la nature du chargement, inexistant ou non à jour

Tout apporteur ne disposant pas des documents d'acceptation (FIP/CAP) validés et à jour doit être refusé.

Avant de refuser le chargement, l'Agent d'accueil vérifie auprès du Service Commercial concerné, qu'aucune FIP/CAP n'a été signé pour le chargement en question.

Un rapport « en cas de déchets non conformes » est complété et faxé au Service Commercial et au client concerné.

En cas de traitement nécessitant l'intervention de l'Agence Stockage, une copie du rapport est transmise au Directeur d'Agence et à l'Ingénieur QSE. De même en cas de refus de camion.

En cas de refus complet d'un camion, le RdC informe par le biais d'un courrier type :

- le producteur du déchet
- la collectivité en charge de la collecte ou détenteur du déchet

- la Préfecture à laquelle est rattaché le site (copie IICPE).
- la Préfecture du département producteur du déchet

3.3.2. Présence de déchets non-autorisés

Dans tous les cas exposés ci-dessous, **un rapport « en cas de déchets non conformes » est transmis** au Service Commercial concerné.

Une photographie peut être prise.

En cas de refus de camion ou de traitement nécessitant l'intervention de l'Agence Stockage, le rapport est transmis au Directeur d'Agence et à l'Ingénieur QSE.

En cas de chargement entier non-conforme donc de **refus total** d'un véhicule (interprétation des exigences des Arrêtés Préfectoraux), **le rapport doit être transmis dans les 48h** :

- à la **Préfecture** du département du producteur du déchet
- à la Préfecture du département de l'ISD.

3.3.2.1. Déchets radioactifs

Suivre le **Mode opératoire "En cas de déclenchement du portique de détection de non-radioactivité"**.

3.3.2.2. Chargement non-autorisé détecté avant le déchargement

Le camion est refusé et en aucun cas la benne ne pourra être laissée en transit sur l'ISD.

3.3.2.3. Chargement (tout ou partie) non-autorisé détecté lors du vidage

Le déchargement est immédiatement interrompu.

La partie vidée sera récupérée et isolée dans une benne ou un bac dédié par le conducteur d'engins ou le gardien de quai muni de ses EPI spécifiques adéquats (gants lunettes masque). Si cela est possible, les déchets non-autorisés sont rechargés.

S'ils ne sont pas rechargés, le RdC s'assure de l'évacuation de ces déchets conformément au mode opératoire « gestion des déchets ».

Le service comptabilité ainsi que la Direction commerciale ont en charge la **facturation de cette prestation au client** quand il a été identifié.

3.3.2.4. Déchets non-autorisés repérés par les conducteurs d'engins sans que l'apporteur soit identifiable

Les déchets sont repris et isolés dans une benne ou un bac dédié par le personnel SITA muni de ses EPI spécifiques adéquats (gants, lunettes, masque).

Le RdC s'assure de l'évacuation de ces déchets conformément au mode opératoire « gestion des déchets ».

3.3.3. Camions en surcharge

Toute surcharge détectée (même quand elle est inférieure aux seuils détaillés ci-dessous) doit être signalée sur le bon de pesée. De plus,

CAMION MULTI-BENNES	<p>Au-dessus de 5% du PTAC, une fiche de rapport est immédiatement faxée à l'Agence et au Responsable de l'Entreprise de transport.</p> <p>Le Responsable de Centre est prévenu afin de prendre les mesures nécessaires au déchargement dans de bonnes conditions de sécurité (déchargement à plat obligatoire, dans une zone dégagée et béquilles déployées).</p>
CAMION PORTEUR DE COMPACTEURS et BENNES	<p>Au-dessus de 10% du PTAC, une fiche de rapport est immédiatement faxée à l'Agence et au Responsable de l'Entreprise de transport.</p> <p>Le Responsable de Centre est prévenu afin de prendre les mesures nécessaires au déchargement dans de bonnes conditions de sécurité. (déchargement à plat, dans zone dégagée).</p>
SEMI-REMORQUE	<p>Règle générale :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ PTR A = 44 tonnes pour une remorque 3 essieux. ▪ PTR A = 38 tonnes pour une remorque 2 essieux. <p>Au-dessus de 0.5 t au -dessus du PTR A du tracteur (attention au nombre d'essieux), une fiche de rapport est immédiatement faxée à l'Agence et au Responsable de l'Entreprise de transport.</p> <p>Le Responsable de Centre est prévenu afin de prendre les mesures nécessaires au déchargement dans de bonnes conditions de sécurité (déchargement sur quai dégagé).</p>

3.4. REGISTRE DES ADMISSIONS ET REGISTRE DES REFUS

Le logiciel CLEAR (ou système d'enregistrement informatique similaire) constitue le registre des admissions.

Le registre des refus est constitué du classeur des « rapports en cas de » et des fiches de suivi de déclenchement du portique de détection de radioactivité.

Les déchets non acceptables en ISDND ou ISDI sont systématiquement orientés vers des filières adaptées lors de la phase d'information préalable et ne sont donc pas identifiés en entrée de site.

4. IMPRIME, ENREGISTREMENTS ET DOCUMENTS SUPPORTS

Imprimés et enregistrement

- Fiche d'Information et d'Acceptation Préalable (FIP/CAP)
- Tableau de suivi des FIP/CAP
- Protocole de sécurité
- Rapports en cas de déchets non-conformes
- Rapports en cas de surcharge
- Lettre Préfet refus déchets ISDND
- Lettre Préfet refus déchets ISDI

Document support

- Règles d'admission des déchets en ISDND (standard SITA France)
- Stockage, Règles d'admission
- Paramétrages ISDND
- Affiche « déchets interdits »
- Consignes de déchargement K2
- Consignes de déchargement K3
- MODOP « CLEAR »
- MODOP « déclenchement du portique de détection radioactivité »
- MODOP « protocole de sécurité »



SITA ILE DE FRANCE

EXTENSION DE L'ISDND DE LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE,
HYDROGEOLOGIQUE, HYDROLOGIQUE ET
GEOTECHNIQUE

Ref. 2015/10/E49/V3

Octobre 2015

SOMMAIRE

1	PRESENTATION DE L'ETUDE.....	1
1.1	PRESENTATION DU PROJET.....	1
1.2	SITUATION.....	2
1.3	RAPPELS REGLEMENTAIRES.....	4
1.4	PROBLEMATIQUES ET FAISABILITE DU PROJET.....	5
1.5	MOYENS D'ETUDE DU SITE RETENU.....	6
1.5.1	<i>Contexte géologique et structural.....</i>	<i>6</i>
1.5.2	<i>Contexte hydrogéologique et hydrologique.....</i>	<i>6</i>
1.5.3	<i>Contexte hydrologique.....</i>	<i>6</i>
1.5.4	<i>Etudes géotechniques et études de projet.....</i>	<i>6</i>
2	ETUDE D'APTITUDE.....	7
2.1	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....	7
2.1.1	<i>Contexte géomorphologique.....</i>	<i>8</i>
2.1.2	<i>Contexte hydrologique.....</i>	<i>8</i>
2.1.2.1	Le bassin hydrographique de la Viosne.....	8
2.1.2.2	SDAGE et objectif qualité.....	9
2.1.3	<i>Espaces naturels sensibles inventoriés.....</i>	<i>10</i>
2.1.3.1	ZNIEFF.....	10
2.1.3.2	Autre milieux naturels sensibles.....	10
2.1.4	<i>Risques naturels.....</i>	<i>11</i>
2.1.4.1	Risque sismique.....	11
2.1.4.2	Glissements de terrain.....	11
2.1.4.3	Aléa retrait gonflement des argiles.....	11
2.1.4.4	Risque de fontis.....	12
2.1.4.5	Risque d'inondation.....	12
2.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL ET LOCAL.....	13
2.2.1	<i>Cadre géologique et structural régional.....</i>	<i>13</i>
2.2.2	<i>Cadre géologique et tectonique local.....</i>	<i>15</i>
2.2.3	<i>Histoire géologique régionale.....</i>	<i>18</i>
2.2.4	<i>Lithostratigraphie locale.....</i>	<i>19</i>
2.2.5	<i>Aptitude géologique régionale.....</i>	<i>22</i>
2.3	CADRE HYDROGEOLOGIQUE REGIONAL.....	23
2.3.1	<i>Données d'ordre général et aire d'étude hydrogéologique.....</i>	<i>23</i>
2.3.2	<i>Les aquifères et les nappes.....</i>	<i>25</i>
2.3.2.1	Aquifères et nappe du Bartonien.....	25
2.3.2.2	Aquifère et nappe de l'Eocène inférieur et moyen.....	25
2.3.3	<i>Vulnérabilité de la ressource en eau souterraine.....</i>	<i>27</i>
2.3.3.1	Vulnérabilité de la nappe de l'Eocène moyen.....	27
2.3.4	<i>Captage d'eau potable.....</i>	<i>28</i>
2.3.4.1	Inventaire.....	28
2.3.4.2	Captage AEP de Lavilletertre.....	28
2.3.5	<i>Aptitude hydrogéologique régionale.....</i>	<i>31</i>
2.4	JUSTIFICATION DU CHOIX REGIONAL ET LOCAL DU SITE.....	32
2.4.1	<i>Contraintes régionales et locales prises en compte.....</i>	<i>32</i>
2.4.2	<i>Critères positifs d'aptitude régionale et locale.....</i>	<i>33</i>
2.4.3	<i>Conclusion sur l'aptitude régionale.....</i>	<i>33</i>

3	QUALIFICATION DU SITE	34
3.1	DONNEES EXISTANTES	34
3.2	CONTEXTE STRUCTURAL	37
3.2.1	<i>Analyse locale par photo-interprétation</i>	37
3.2.2	<i>Analyse sur site par géophysique</i>	39
3.3	CONTEXTE GEOLOGIQUE	41
3.3.1	<i>Nouveaux sondages réalisés en 2013</i>	41
3.3.2	<i>Données lithologiques</i>	43
3.3.2.1	Les Limons quaternaires	43
3.3.2.2	Les formations sableuses Eocène (e2a2 à e2b2)	43
3.3.2.3	Les Marnes et Caillasses	45
3.3.2.4	Le Calcaire Grossier du Lutétien	45
3.3.3	<i>Illustrations : cartes et coupes géologiques du site</i>	49
3.3.3.1	Carte du toit du Lutétien	49
3.3.3.2	Esquisse du toit des Marnes et Caillasses	49
3.3.3.3	Carte d'épaisseur des horizons de couverture	49
3.3.3.4	Coupes géologiques du site	50
3.4	PERMEABILITE DE LA BARRIERE PASSIVE	55
3.4.1	<i>Objectif</i>	55
3.4.2	<i>Données antérieures</i>	55
3.4.3	<i>Nouveaux essais de perméabilité au droit de la zone d'extension</i>	55
3.4.3.1	Investigation menée	55
3.4.3.2	Résultat des essais de perméabilité	56
3.4.4	<i>Conclusion géologique</i>	59
3.5	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	60
3.5.1	<i>Ouvrages référencés dans l'aire d'étude hydrogéologique</i>	60
3.5.2	<i>Absence de venues latérales en provenance des sables de Beauchamps</i>	60
3.5.3	<i>Premier niveau sous le site : la nappe de L'Eocène moyen</i>	63
3.5.3.1	Données générales	63
3.5.3.2	Esquisse piézométrique et sens d'écoulement	63
3.5.3.3	Détermination des plus hautes eaux	66
3.5.3.4	Qualité des eaux de la nappe	68
3.5.3.5	Vulnérabilité	70
3.5.4	<i>Conclusion hydrogéologique</i>	70
3.6	CONTEXTE HYDROLOGIQUE LOCAL	71
3.7	DONNEES GEOTECHNIQUES	75
3.7.1	<i>Matériaux prélevés et testés</i>	75
3.7.2	<i>Résultat des analyses au laboratoire</i>	77
3.7.2.1	Essais Proctor normal	77
3.7.2.2	Essais de cisaillement	77
3.7.2.3	Perméabilité des limons après compactage	77
3.7.2.4	Traitement à la bentonite sur les Sables	78
4	PRECONISATIONS TECHNIQUES.....	79
4.1	QUALITE ET USAGE DES MATERIAUX	79
4.2	STRUCTURE DE LA BARRIERE PASSIVE DU SITE	81
4.2.1	<i>Rappel</i>	81
4.2.1.1	Cadre réglementaire : arrêté ministériel	81
4.2.1.2	Rappel sur le contexte géologique et hydrogéologique	81
4.2.1.3	Recommandations préalables	82
4.2.2	<i>Etude d'équivalence de la barrière passive</i>	85
4.2.2.1	Calculs d'équivalences en fond	85
4.2.2.2	Cas des flancs	86
4.2.3	<i>Structure recommandée</i>	87
4.2.3.1	Recommandation 1 : altitude de la base de la barrière passive reconstituée	87
4.2.3.2	Recommandation 2 : couche imperméable à $k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s en fond	87
4.2.3.3	Structure recommandée pour les flancs	88
4.2.3.4	Structure recommandée pour les flancs en appui sur LSP1	88
4.3	MESURES DE PROTECTION DE LA QUALITE DES EAUX	90
4.3.1	<i>Réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines pour la zone d'extension</i>	90
4.3.2	<i>Mesures de protection de la qualité des eaux de surface</i>	90

4.3.3	<i>Détournement des eaux extérieures au site</i>	90
4.3.4	<i>Gestion des eaux internes</i>	92
4.3.4.1	Fossés voirie.....	92
4.3.4.2	Bassin de gestion des eaux internes.....	92
4.3.4.3	Mode et point de rejet envisageables.....	93
4.4	ÉTUDE DE STABILITE.....	96
4.4.1	<i>Stabilité au décaissement</i>	97
4.4.2	<i>Etude de tassement et de glissement à l'interface LSP1/LSP3</i>	98
4.4.3	<i>Stabilité de la digue périmétrique</i>	99
5	CONCLUSION	100
5.1	ÉTUDE D'APTITUDE.....	100
5.2	ÉTUDE DE QUALIFICATION.....	102
5.2.1	<i>Qualification géologique du site</i>	102
5.2.2	<i>Qualification hydrogéologique du site</i>	103
5.3	PRECONISATIONS TECHNIQUES.....	104
5.4	JUSTIFICATION REGLEMENTAIRE.....	104

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE (VIAMICHELIN).....	2
FIGURE 2. CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE (EXTRAIT CARTE IGN A 1/25 000).....	3
FIGURE 3. RESEAU HYDROGRAPHIQUE REGIONAL (EXTRAIT CARTE AESN).....	9
FIGURE 4. STRUCTURE GEOLOGIQUE REGIONALE (BRGM 1/1 000 000).....	13
FIGURE 5. CONTEXTE STRUCTURAL DU NORD DU VEXIN.	14
FIGURE 6. CONTEXTE GEOLOGIQUE (BRGM 1/50 000).	16
FIGURE 7. COUPE GEOLOGIQUE LOCALE.	17
FIGURE 8. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE (1/100 000 BRGM).....	24
FIGURE 9. ESQUISSE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DE L'Eocene DANS LE VEXIN.	26
FIGURE 10. CAPTAGES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE.	29
FIGURE 11. LOCALISATION DES SONDAGES GEOLOGIQUES HISTORIQUES.....	36
FIGURE 12. ANALYSE STRUCTURALE PAR PHOTO-INTERPRETATION.	38
FIGURE 13. CARTE ELECTROMAGNETIQUE A L'EM 31 (0-6 m), CPGF, 1994).....	40
FIGURE 14. LOCALISATION DES NOUVEAUX SONDAGES.	42
FIGURE 15. LOG GEOLOGIQUE DU SONDAGE SC2 (ZONE OUEST).....	47
FIGURE 16. LOG GEOLOGIQUE DU SONDAGE SC1 (ZONE EST).....	48
FIGURE 17. CARTE DU TOIT DES CALCAIRES DU LUTETIEN.	51
FIGURE 18. CARTE DU TOIT DES MARNES ET CAILLASSES.	52
FIGURE 19. EPAISSEUR DES MATERIAUX DE COUVERTURE (M).	53
FIGURE 20. COUPES GEOLOGIQUES DU SITE.	54
FIGURE 21. CARTE DES POINTS D'EAU REFERENCES DANS L'AIRE D'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE.	62
FIGURE 22. ESQUISSE PIEZOMETRIQUE LOCALE.....	65
FIGURE 23. PLUS HAUTES EAUX DE LA NAPPE (ACG ENVIRONNEMENT).	67
FIGURE 24. BASSINS VERSANTS HYDROLOGIQUES.	72
FIGURE 25. HYDROLOGIE DU SITE.	73
FIGURE 26. PRINCIPES D'AMENAGEMENT DE LA BARRIERE PASSIVE (AFNOR BP X 30-438).	82
FIGURE 27. ALTITUDE MINIMALE RECOMMANDEE DU TOIT DE LA BARRIERE PASSIVE RECONSTITUEE.	84
FIGURE 28. RESULTATS DES CALCULS D'EQUIVALENCE EN FOND.....	87
FIGURE 29. STRUCTURE DE LA BARRIERE PASSIVE PRECONISEE EN FOND ET EN FLANC DE L'ISDND.	89
FIGURE 30. SCHEMA DE GESTION DES EAUX DU SITE.	95
FIGURE 31. PROFIL INITIAL PRELIMINAIRE AUX ETUDES DE STABILITE.	97
FIGURE 32. PROFIL DE STABILITE OPTIMISE (TECHNOSOL).....	98
FIGURE 33. PROFIL DE STABILITE DE LA DIGUE PERIMETRIQUE (TECHNOSOL).....	99

LISTE DES PLANCHES PHOTO

PLANCHE PHOTO 1. POINT DE REJET DES EAUX DE SURFACE.	74
---	----

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. PRINCIPAUX PARAMETRES DES OBJECTIFS-QUALITE POUR LES COURS D'EAU.....	9
TABLEAU 2. LITHOSTRATIGRAPHIE LOCALE.....	21
TABLEAU 3. SERIE STRATIGRAPHIQUE DES AQUIFERE DU VEXIN.....	23
TABLEAU 4. INVENTAIRE DES CAPTAGES AEP.....	30
TABLEAU 5. SONDAGES GEOLOGIQUES HISTORIQUES.....	35
TABLEAU 6. NOUVEAUX SONDAGES.....	41
TABLEAU 7. DONNEES LITHOLOGIQUES DES SONDAGES.....	46
TABLEAU 8. ESSAIS DE PERMEABILITE ANTERIEURS.....	57
TABLEAU 9. ESSAIS DE PERMEABILITE 2013.....	58
TABLEAU 10. VALEURS DE PERMEABILITES RETENUES.....	58
TABLEAU 11. POINTS D'EAU REFERENCES.....	61
TABLEAU 12. RELEVES PIEZOMETRIQUES.....	64
TABLEAU 13. DONNEES PIEZOMETRIQUES SUR L'ISDND DE 1999 A 2002.....	67
TABLEAU 14. QUALITE MOYENNE DES EAUX DE LA NAPPE.....	68
TABLEAU 15. RECAPITULATIF DES VALEURS DES ESSAIS EN LABORATOIRE (TECHNOSOL, 2013).....	76
TABLEAU 16. CARACTERISTIQUES GEOMECANIQUES SUR LES LIMONS ET LES MARNES (ETUDESOL, 1999).....	77
TABLEAU 17. PERMEABILITE DES LIMONS APRES COMPACTAGE (BRGM, 1994).....	78
TABLEAU 18. DEBIT MAXIMAL DES EAUX DE VOIRIE (PLUIE DECENNALE 15 MIN).....	92
TABLEAU 19. JUSTIFICATION REGLEMENTAIRE.....	105

LISTE DES GRAPHES

GRAPHE 1. CHRONIQUE PIEZOMETRIQUE SUR LES 15 DERNIERES ANNEES.....	66
GRAPHE 2. QUALITE DES EUX, DIAGRAMME PIPER-SCHOELLER.....	69

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1. Données bibliographiques sur l'aptitude régionale**
Contexte naturel, risques naturels, sondages géologiques référencés à la BSS
- Annexe 2. Données AEP**
Périmètres de protection des captages AEP (ARS de l'Oise)
- Annexe 3. Sondages géologiques antérieurs**
BRGM 1988, Pontignac 1999
- Annexe 4. Campagne de sondages et mesures en laboratoire réalisés en 2013**
Techmosol
- Annexe 5. Données sur les mesures de perméabilités antérieures**
Pontignac 1999
- Annexe 6. Données géotechniques antérieures**
Etudesol 1999
- Annexe 7. Note d'équivalence de la barrière passive**
ACG Environnement, 2015
- Annexe 8. Calculs de stabilité**
Techmosol, 2015
- Annexe 9. Calculs d'hydraulique**
ACG Environnement, 2015

1

Présentation de l'étude

1.1 Présentation du projet

SITA ILE DE FRANCE exploite une installation de stockage de déchets non dangereux [ISDND] sur les communes de Liancourt-Saint-Pierre et Lierville (60). Elle envisage l'extension de son activité sur les communes de Lierville et Lavilletterre (60).

Elle correspond à la deuxième extension après l'ouverture du site dans les années 70 (Liancourt 1) et une première extension (2001 à aujourd'hui, Liancourt 2).

S'agissant d'une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement [ICPE] soumise à autorisation, ce projet fait l'objet de plusieurs études techniques parmi lesquelles un volet géologique et hydrogéologique qui intégrera le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter [DDAE].

Ce volet technique est détaillé dans l'étude de qualification géologique, hydrogéologique et géotechnique, objet de présent dossier réalisé par ACG ENVIRONNEMENT.

L'extension géographique est localisée au Sud-est et en continuité de l'ISDND actuelle. Il totalise environ 10 hectares.

L'étude suit les recommandations du « *Guide de bonnes pratiques pour les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de sites d'installations de stockage de déchets* » de l'AFNOR (BP X30-438).

1.2 Situation

L'ISDND actuelle est localisée sur les communes de Liancourt-Saint-Pierre et Lierville (département de l'Oise, 60) à une dizaine de kilomètres au sud-est de Chaumont-en-Vexin et une quinzaine de kilomètres au nord-est de Magny-en-Vexin (Cf. Figure 1, extrait de la carte Michelin à 1/200 000). L'extension, pour sa part, est localisée sur les communes de Lierville et Lavilleterte.

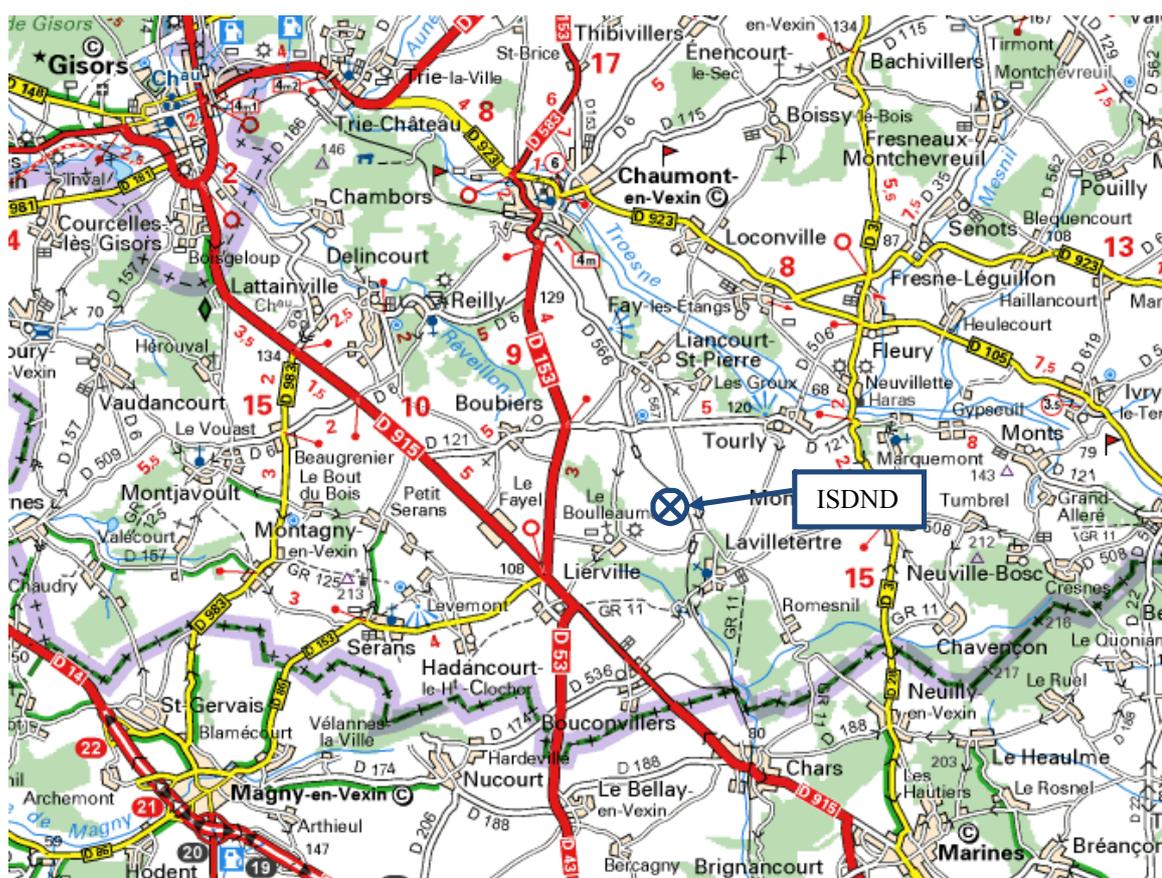


Figure 1. Localisation géographique (Viamichelin).

Le projet d'extension se trouve au Sud-est immédiat de l'ICPE, au nord du Bois du Bochet au lieu lieu-dit « sous le Bochet » (Cf. Figure 2 en page suivante).

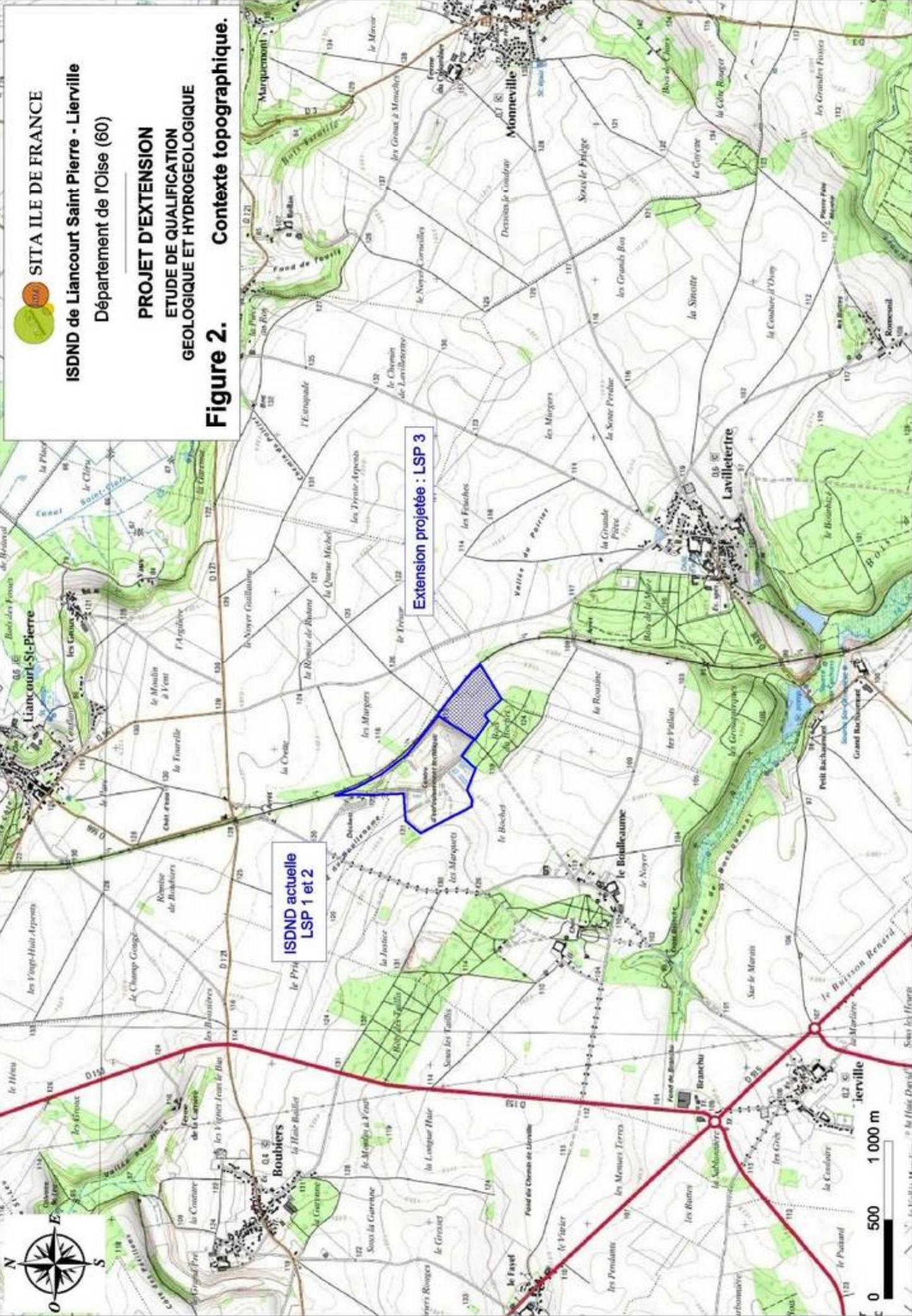
Le site étudié est en continuité orientale de l'ISDND actuelle.

Les coordonnées topographiques au centre du projet, rapportées au système géodésique français (NGF) sont :

$$X = 569\ 300$$

$$Y = 2\ 468\ 000$$

$$Z = 115\ \text{m NGF}$$



1.3 Rappels réglementaires

L'étude de qualification géologique et hydrogéologique est soumise à l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 modifié. Ce texte réglementaire définit notamment les valeurs des coefficients de perméabilité et les épaisseurs minimales des formations géologiques recevant les installations de stockage, critères sur lesquels reposent les fondements de la notion de sécurité passive.

Cet arrêté précise que : *« Le contexte géologique et hydrogéologique du site doit être favorable. En particulier, le sous-sol de la zone à exploiter doit constituer une barrière de sécurité passive qui ne doit pas être sollicitée pendant l'exploitation et qui doit permettre d'assurer à long terme la prévention de la pollution des sols, des eaux souterraines et de surface par les déchets et les lixiviats ».*

L'article 11 de cet arrêté stipule que : *« la barrière de sécurité passive est constituée du terrain naturel en l'état. Le fond de forme du site présente, de haut en bas, une perméabilité inférieure à $1 \cdot 10^{-9}$ m/s sur au moins 1 mètre et inférieure à $1 \cdot 10^{-6}$ m/s sur au moins 5 mètres. Les flancs sont constitués d'une couche minérale d'une perméabilité inférieure à $1 \cdot 10^{-9}$ m/s sur au moins 1 mètre ».*

Le second alinéa de cet article stipule que : *« Lorsque la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente. L'épaisseur de la barrière ainsi reconstituée ne doit pas être inférieure à 1 mètre pour le fond de forme et à 0,5 mètre pour les flancs jusqu'à une hauteur de deux mètres par rapport au fond. En tout état de cause, l'étude montrant que le niveau de protection sur la totalité du fond et des flancs de la barrière reconstituée est équivalent aux exigences fixées au premier alinéa, figure dans le dossier de demande d'autorisation ».*

Dans le cas où le milieu géologique ne satisfait pas naturellement aux règles stipulées par l'arrêté, la réglementation offre la possibilité de mesures compensatoires en introduisant la notion de *« niveau de protection équivalent »*. Selon le guide de recommandations pour l'évaluation de *« l'équivalence »* en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets, version 2 du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire (MEEDDAT) de février 2009 : *« Deux barrières d'étanchéité passives seront considérées comme « équivalentes » lorsqu'elles assurent un même niveau de protection en termes d'impact potentiel d'une installation de stockage sur une ressource en eau souterraine ».*

Enfin, la conception et le dimensionnement de l'installation de stockage doivent intégrer les spécificités géotechniques du site : *« les risques d'inondation, d'affaissement, de glissements de terrain ou d'avalanches sur le site doivent être pris en compte »* et que *« la hauteur de déchets dans un casier doit être déterminée de façon à ne pas dépasser la limite de stabilité des digues. »*

1.4 Problématiques et faisabilité du projet

Le projet est une poursuite d'exploitation en domaine hydrogéologique connu puisque qu'il s'agit du deuxième projet d'extension. Le site est localisé sur les plateaux calcaires du Vexin. La Viosne, rivière qui coule en aval, entaille profondément les couches géologiques. Ainsi, on retrouve :

- à l'affleurement, en tête de bassin versant, les Marnes et Caillasses du Lutétien formant le sommet des plateaux calcaires localement recouverts par les sables de Beauchamp (comme au droit du site) ;
- en flanc et en fond de vallée les calcaires et sables calcaires du Lutétien puis les sables de Cuise qui forment un aquifère multicouches contenant une nappe à usage AEP (nappe du Lutétien ou nappe du Cuise).

La faisabilité du projet fait appel à la notion de barrière passive **dont l'altitude et la structure** dépendent des caractéristiques géologiques et hydrogéologique du site. Le dimensionnement de la structure et de l'altitude de la barrière passive sont fonction, en particulier :

- **de l'altitude de la nappe du Lutétien/Cuise**, premier niveau aquifère sous le site. La barrière passive doit être située au-dessus des plus hautes eaux de la nappe du Cuise, à une hauteur minimale qui peut varier selon la sensibilité locale ; Les plus hautes eaux datent généralement de 2001 dans le secteur. L'étude permet de définir ces plus hautes eaux, indispensables au calcul d'équivalence de la barrière passive du projet ;
- **de la qualité des Marnes et Caillasses dont la base semble plus apte à former les 5 m à 10⁻⁶ m/s recommandés par l'AM**. Nous avons justifié de l'épaisseur nécessaire et suffisante au-dessus de l'aquifère du Lutétien portant la nappe AEP.

L'étude se conçoit à 3 échelles d'analyse (régionale, locale et site). Afin de justifier de la faisabilité du projet, il convient de répondre aux **2 problématiques** majeures suivantes liées à la présence d'eau :

1. **La ressource AEP en eau souterraine ne doit pas être vulnérable au site ;**
2. **La nappe du Cuise, premier niveau aquifère sous le site, contraint l'altitude de la barrière passive ainsi que sa structure en fond. La barrière passive doit être située au-dessus des plus hautes eaux de la nappe du Cuise, à une hauteur minimale qui peut varier selon la sensibilité locale.**

La première problématique (absence de vulnérabilité des captages AEP) se résout au niveau de l'aptitude régionale et au niveau de la qualification du site par la synthèse des données existantes. Dès lors que la ressource AEP captée n'est pas vulnérable, l'aptitude du site est attestée.

La problématique 2 (Nappe du Cuise) est identifiée dans le chapitre 3 (étude de qualification du site) et résolue dans le chapitre 4 (préconisations pour le projet).

Le projet envisage un décaissement d'un dizaine de mètre de profondeur. Il est donc nécessaire de justifier du profil de stabilité des flancs de l'ISDND (Cf. chapitre 4, préconisations pour le projet).

1.5 Moyens d'étude du site retenu

Pour chacun des contextes caractérisant le site, les moyens d'études sont les suivants :

1.5.1 Contexte géologique et structural

- Une synthèse bibliographique de toutes les données disponibles et notamment celles de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) validées par le BRGM et les données historiques de l'exploitation du site ;
- Une analyse de la succession des couches géologiques (lithostratigraphie), du contexte structural et tectonique ;
- Une campagne de sondages géologiques profonds sur site en complément des données existantes (sondage carotté, piézomètre et sondages destructifs pour essais de perméabilité in situ) ;
- Des mesures de diagraphie gamma-ray pour identifier les coupures lithologiques et proposer des corrélations entre sondages.

1.5.2 Contexte hydrogéologique et hydrologique

- Une synthèse des données bibliographiques pertinentes (ARS, BSS, atlas hydrogéologique) ;
- Une étude des points d'eau des différentes nappes et de leurs usages à proximité ;
- Synthèse des analyses physiques et chimiques complètes d'échantillons d'eau souterraine sur le site et aux environs selon les données disponibles ;
- L'esquisse piézométrique du Cuisien et la définition de ses plus hautes eaux.

1.5.3 Contexte hydrologique

- Synthèse des éléments bibliographiques, définition des sous-bassins hydrographiques et étude des talwegs aux environs du site ;
- Vulnérabilité des eaux de surface.

1.5.4 Etudes géotechniques et études de projet

- Classification GTR des matériaux par synthèse des données existantes (granulométrie, VBS, limites d'Atterberg...);
- Définition de l'usage des matériaux ;
- Définition de l'altitude et de la structure de la barrière passive ;
- Etude de stabilité des flancs naturels après décaissement de l'ISDND.

2

ETUDE D'APTITUDE

Conformément au guide AFNOR BP X 30-438 « *Guide de bonnes pratiques pour les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de sites d'installations de stockage de déchets* », l'étude d'aptitude, principalement à l'échelle régionale, a pour but d'expliquer la démarche de recherche de site, de replacer le projet dans son environnement et de justifier les raisons du choix du site en précisant les critères positifs et contraignants. En particulier, elle doit permettre de vérifier la non vulnérabilité de la ressource AEP vis-à-vis des activités du site.

La définition des contextes régionaux est issue de la synthèse bibliographique des données régionales et locales pertinentes pour l'appréciation du caractère favorable du contexte (synthèses et carte géologique du BRGM, données de la BSS, photos aériennes, publications...).

Cette analyse fait apparaître deux catégories de critères :

- les critères positifs qui permettent de confirmer l'aptitude du projet à accueillir un centre de stockage ;
- les critères contraignants pour lesquels des mesures compensatoires sont proposées, si ces dernières ne mettent pas en jeu l'innocuité du site à long terme.

2.1 Contexte environnemental

L'état initial environnemental aux environs du site est décrit afin de fixer les contraintes à prendre en compte, au préalable à tout projet, pouvant modifier le paysage, les milieux végétaux, les eaux de surface...

2.1.1 Contexte géomorphologique

Le projet est situé dans la région naturelle du Vexin, dans le département de l'Oise sur un plateau calcaire limité, au nord, par la vallée de la Troësne (2,5 km) et au sud, par celle de la Viosne (2 km, voir [Figure 1](#), page 2).

La morphologie actuelle a été conditionnée par le réseau hydrographique qui a érodé le plateau calcaire pour faire affleurer, en fond vallée, les horizons géologiques plus tendres (Sables de Cuise).

Ainsi, le relief est marqué par une dualité : la platitude des terrains sur assise calcaire (plateaux à cote supérieure à 100 m NGF) tranche avec les vallées abrupts qui mettent à l'affleurement les sables de Cuise en fond de talweg (inférieur à 75 m NGF).

Le contexte naturel comporte trois paysages distincts :

- Sur les plateaux calcaires, se développent de grandes parcelles de culture intensive (betterave à sucre, céréales, cultures fourragères) ;
- Les points hauts en tête de bassins sont recouverts de sables tertiaires (au-dessus des calcaires du Lutétien) et sont généralement boisés (bois du Bochet) ;
- Dans les vallées, qui ont entaillé l'assise calcaire, affleurent les sables de Cuise et sont le siège de sources des flancs qui donnent naissance à des rus, zones humides et d'étangs, liés à l'émergence de la nappe des Sables de Cuise sous les sols riches des formations alluviales.

2.1.2 Contexte hydrologique

Le contexte hydrologique est détaillé dans l'étude d'impact du DDAE. Les éléments développés ci-après sont destinés à replacer le contexte afin d'en tirer les éléments pertinents pour la bonne compréhension de l'étude hydrogéologique.

L'aire d'étude du contexte hydrologique couvre le réseau hydrographique situé entre le site et son exutoire principal dans un cours d'eau constitué (La Viosne).

2.1.2.1 Le bassin hydrographique de la Viosne

Le site s'inscrit dans le bassin hydrographique de la Viosne qui traverse du Nord-ouest au sud-est le Vexin pour se jeter dans l'Oise à hauteur de Pontoise (voir [figure 3](#) en page suivante). La Viosne est classée sous la masse d'eau n° HR229.

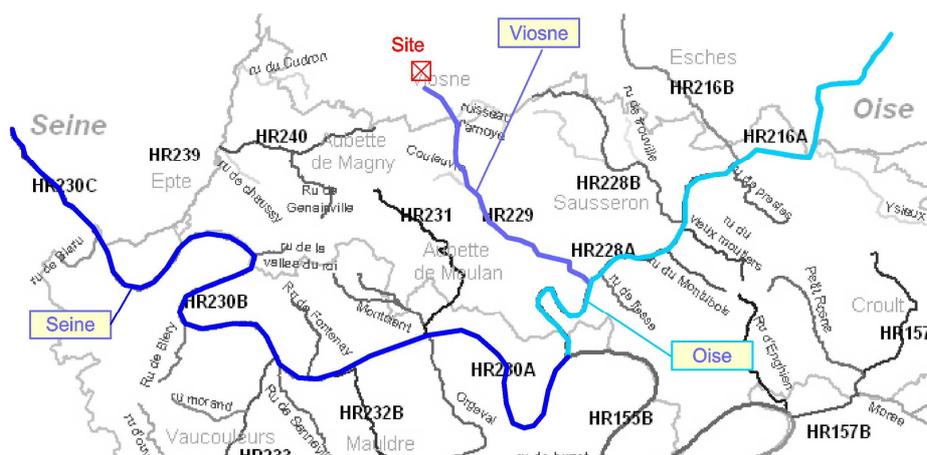


Figure 3. Réseau hydrographique régional (extrait carte AESN).

Le bassin versant est limité au nord et au Nord-ouest par le bassin versant de la Troësne et à l'ouest et au Sud-ouest par celui de l'Aubette.

Le cours d'eau fait 28,8 km de long et prend naissance dans le fond de Bachaumont sur la commune de Lavilletterre par l'intermédiaire de 3 sources émergeant en flanc de vallon en provenance de la nappe de l'Eocène. Des retenues d'eau ont été créées pour le loisir (étang de Lavilletterre) ou pour des besoins artisanaux de culture (jadis, le cresson) ou de prairies pour l'élevage. Des zones humides se développent en fond de vallées est renferme une richesse faunistique et floristique remarquable (classé en ZNIEFF).

La première station de suivi de la qualité des eaux du cours d'eau est situé à Chars (station n°03140325).

2.1.2.2 SDAGE et objectif qualité

Les objectifs de qualité ont été élaborés au cours des années 80 pour les différents types d'eau (consommation humaine, pisciculture, agriculture...). Ils définissent la qualité à atteindre pour les eaux superficielles et souterraines pour la préservation de la ressource.

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux [SDAGE] de l'Agence de l'Eau Seine Normandie [AESN] est en vigueur jusqu'à 2015. L'objectif qualité de la Viosne est **classé 1B**, pour lesquelles les valeurs des principaux paramètres sont présentées sur le Tableau 1.

	1A	1B	1C	2
Paramètre/objectif	Très bon	Bon	Passable	Médiocre
DBO5 (mg/l)	≤ 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25
DCO (mg/l)	≤ 20	20 à 25	25 à 40	40 à 80
Oxydabilité à froid (mg/l)	≤ 3	3 à 5	5 à 8	> 8
O2 dissous (mg/l)	≥ 7	5 à 7	3 à 5	< 3
Taux de saturation O2 (%)	≥ 90	70 à 90	50 à 70	< 50
NH4+ (mg/l)	≤ 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 0,2	2 à 8
IBGN	≥ 17	16 à 13	12 à 9	8 à 5

Tableau 1. Principaux paramètres des objectifs-qualité pour les cours d'eau.

2.1.3 Espaces naturels sensibles inventoriés

Se référer à l'annexe 1 pour l'illustration du contexte environnemental.

2.1.3.1 ZNIEFF

La Vallée de la Viosne à 2 km au Sud-est du site est classée en ZNIEFF de type I (n° national 22001802). Elle s'étend en fond et en flanc de vallée sur les communes de Bouconvillers, Chavençon, Lavilletterte et Lierville sur une superficie de 667 ha.

La diversité géologique des terrains (calcaires et sable) lié aux émergences de nappe (sources) induit la présence de milieux singuliers comme les pelouses calcicoles, les châsnaies et la végétation aquatique liée aux étangs.

Il n'y a pas d'effet du site sur la ZNIEFF dès lors que l'ISDND est exploitée dans les règles de l'art. Le seul risque serait lié à une infiltration d'effluents non conformes qui atteindraient la nappe et pourraient impacter le milieu par l'intermédiaire des sources qui émergent dans la vallée. Toutefois, les mesures de protection préconisées de ce présent dossier excluent ce risque (voir chapitre 4).

2.1.3.2 Autre milieux naturels sensibles

Aucune zone Natura 2000 n'est présente aux alentours du site. La zone Natura 2000 la plus proche est située à Chars et concerne les Sites de Chiroptères du Vexin français (FR102015) à près de 4,6 km au Sud.

De même, sur le plateau qui inclue le site, il n'y a pas de :

- Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) ;
- Zone de Protection Spéciale (ZPS) ;
- Réserves Naturelles Nationales (RNN), ni Réserves Naturelles Régionales (RNR) ;
- Appellation d'origine contrôlée ;
- Arrêté de Protection de Biotope (APB).

Le plateau calcaire qui inclue le site est en dehors d'espaces naturels sensibles (ZNIEFF, Natura 2000, etc...).

Une attention particulière devra être portée aux zones d'émergence de nappe dans la vallée de la Viosne qui peuvent renfermer une diversité biologique.

2.1.4 Risques naturels

Se référer à l'annexe 1 pour l'illustration des risques naturels.

2.1.4.1 Risque sismique

Le territoire français est découpé en 5 zones de sismicité croissante dont le zonage repose sur une analyse probabiliste de l'aléa sismique.

Le classement de l'aléa sismique va de la zone de sismicité 1 (très faible) ne nécessitant pas de prescriptions parasismiques, à la zone de sismicité 5 (forte) nécessitant l'application de règles de construction parasismique.

Les communes sont classées suivant l'une des 5 zones de sismicité en application du décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

Sur la carte du nouveau zonage sismique de la France en vigueur, toutes les communes de l'Aisne sont classées en zone 1 de sismicité très faible.

Le risque de séisme sur les communes de Liancourt-Saint-Pierre et Lierville est classé comme très faible (zone 1) : il n'y a pas de risque prévisible sur la commune et sur le secteur étudié.

2.1.4.2 Glissements de terrain

Selon l'inventaire du BRGM, il n'y a pas de risque de glissements de terrains prévisibles sur le plateau calcaire.

Le risque existe cependant sur les communes concernées : elles ont en effet subies des inondations et coulées de boue du 25 au 29 décembre en 1999 (dans les vallées).

La zone excavée pour les besoins de création du vide de fouille (extraction de matériaux sableux) ne présente pas de risque de glissement (*les pentes des talus sont maîtrisées et la stabilité est assurée à long terme*).

Il n'y a pas de risque de glissement de terrain sur le site.

2.1.4.3 Aléa retrait gonflement des argiles

L'aléa est faible au droit du site et sur tout le plateau calcaire.

L'aléa retrait-gonflement est lié à l'affleurement de formations argileuses. L'aléa est lié au fait que de fortes variations de teneur en eau de ces argiles (si elles sont sèches en été et trop humides en hiver) peuvent créer des instabilités.

Aucun phénomène de ce type n'a jamais été observé dans le secteur.

2.1.4.4 Risque de fontis

Dans la région autour du site, les rares cavités recensées sont des ouvrages humains et non naturels (anciennes carrières).

La cavité recensée la plus proche du projet se situe à 2 km au sud (Cf. [annexe 1](#)).

La karstification qui peut affecter les formations calcaires comme celle du Lutétien, n'est pas très développée en domaine de plateau ou les calcaires sont certes fissurés mais n'ont pas de fractures ouvertes propices au développement de karst. Ces zones se concentrent dans les vallées qui soulignent le réseau de fracturation (Cf. paragraphe 2.2.2 p. 20).

Aucune excavation ni entonnoir ne sont identifiés à proximité du site : il n'y a pas de risque de fontis envisagé.

2.1.4.5 Risque d'inondation

Selon la modélisation du BRGM, le site n'est pas soumis au risque d'inondation par remontée de nappe. Les zones concernées sont la vallée de la Viosne.

Le fond de forme du site est à une altitude voisine de + 105 m NGF. La nappe du Lutétien, premier niveau d'eau sous le site est à une cote inférieure à 90 m NGF en plus hautes eaux (Cf. partie hydrogéologie), il n'y a pas de risque d'inondation par remontée de nappe.

Il n'y a pas de risque d'inondation par le débordement des cours d'eau prévisibles sur site.

Il n'y a pas de risque naturel prévisible au droit du site.

2.2 Contexte géologique régional et local

2.2.1 Cadre géologique et structural régional

La zone d'études appartient à la structure géologique du Bassin Parisien et plus particulièrement au Vexin Français tel qu'illustré dans la [figure 4](#) ci-dessous.

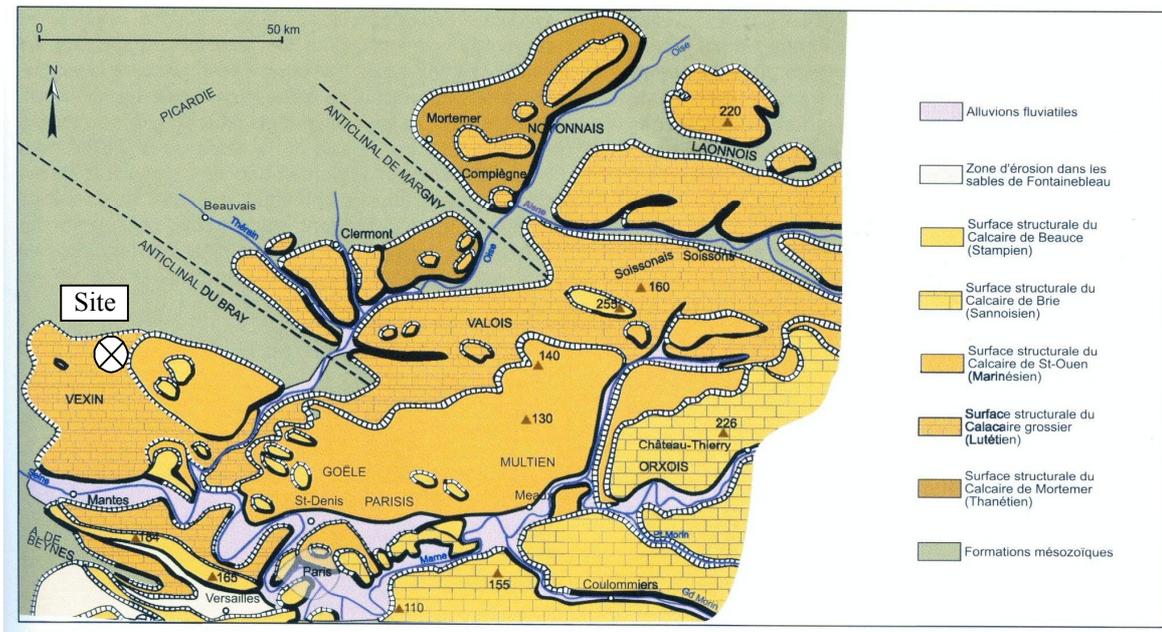


Figure 4. Structure géologique régionale (BRGM 1/1 000 000).

Le Vexin est caractérisé par un plateau calcaire datant du Tertiaire (Lutétien, surface structurale du Calcaire Grossier, en orangé sur la figure).

La zone d'études est localisée en terminaison septentrionale du Vexin. Plus au Nord, la Craie secondaire (en vert), plus ancienne, affleure à la faveur de la structure majeure qu'est l'anticlinal de Bray qui a remonté toute la série sédimentaire.

Le nord du Vexin est positionné dans l'axe d'une structure synclinale d'axe parallèle à l'anticlinal de Bray (voir [figure 5](#) en page suivante) : le synclinal de la Viosne. Ainsi, la Craie qui affleure au droit de l'anticlinal de Bray, se trouve à près de 100 m de profondeur dans l'axe du synclinal.

Le site est localisé en terminaison septentrionale du pays géologique du Vexin dans l'axe du synclinal de la Viosne.

La surface structurale du Vexin est représentée par les calcaires du Lutétien (e5).

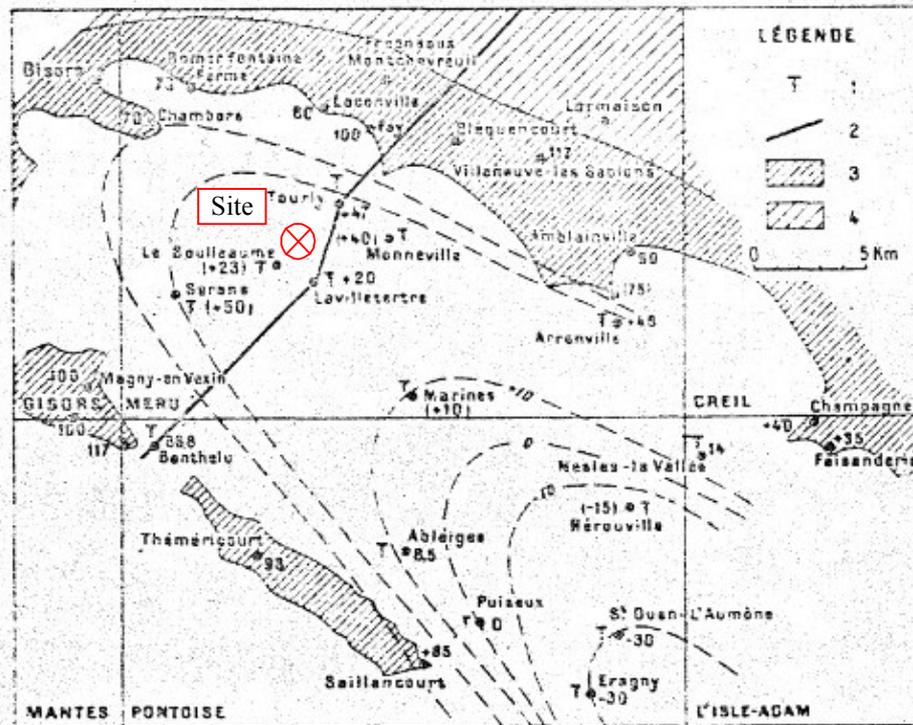
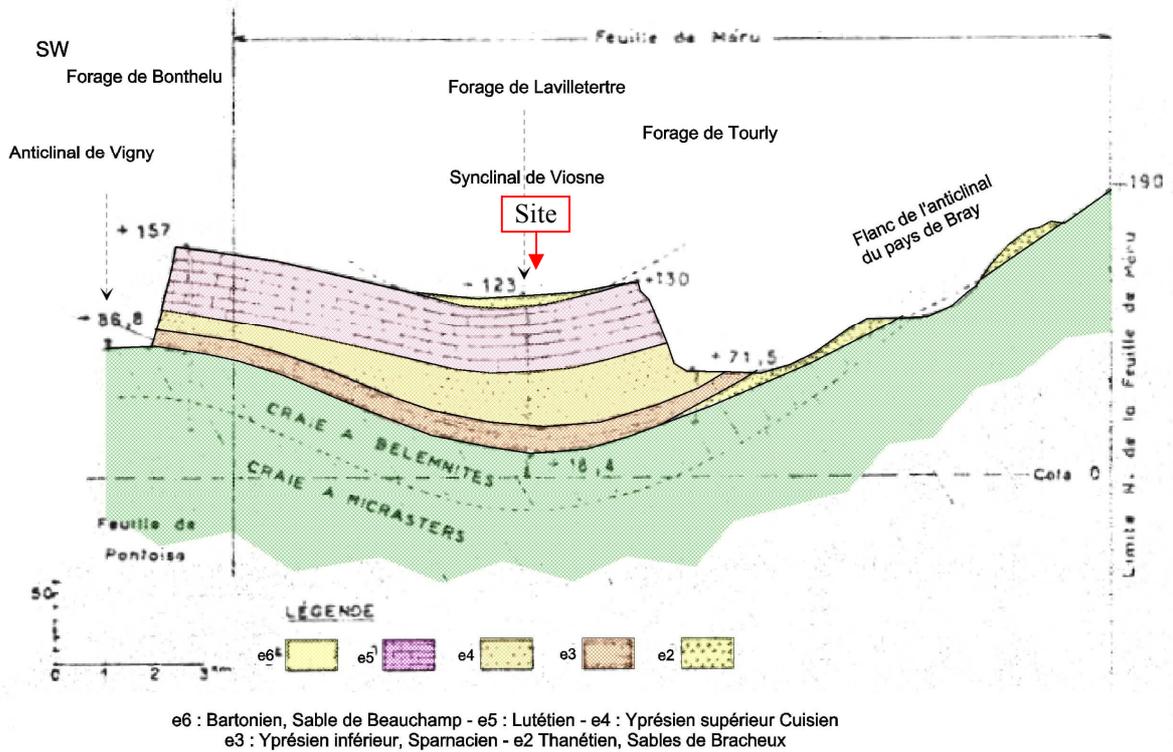


Fig. 11. — Carte structurale du sommet de la crase.

1. Sondage. 2. Coupe citée dans le texte (tectonique). 3. Craie à Belemnites. 4. Craie à Micraster. Les cotes entre parenthèses sont extrapolées à partir du Sparnacien.



e6 : Bartonien, Sable de Beauchamp - e5 : Lutétien - e4 : Yprésien supérieur Cuisien
e3 : Yprésien inférieur, Sparnacien - e2 : Thanétien, Sables de Bracheux

Figure 5. Contexte structural du nord du Vexin.

2.2.2 Cadre géologique et tectonique local

Le contexte géologique et tectonique local est illustré :

- par l'extrait de la carte géologique BRGM n° 126 à 1/50 000 de Méru (**figure 6**) ;
- par la coupe géologique réalisée par SAFEGE en 1999 dans le cadre du précédent dossier (**figure 7**).

L'extrait de la carte géologique en page suivante (**Figure 6**), montre un plateau recouvert de limons (LP) largement découpé au sud et au nord par le réseau hydrographique (respectivement par la Viosne et par la Troësne).

Les vallées mettent à jour les formations lithologiques, dont la plus visible (en jaune orangé), correspond aux calcaires du Lutétien (e5b) et aux marnes et Caillasses (e5c) qui arment ce plateau.

En fond de la vallée de la Viosne, on peut remarquer l'affleurement des sables de Cuise (e4) qui se développent sous les calcaires du Lutétien. La Troësne coule pour sa part sur les argiles du Sparnacien (e3) voire localement sur les sables de Bracheux (e2).

La coupe géologique fait apparaître les éléments suivants :

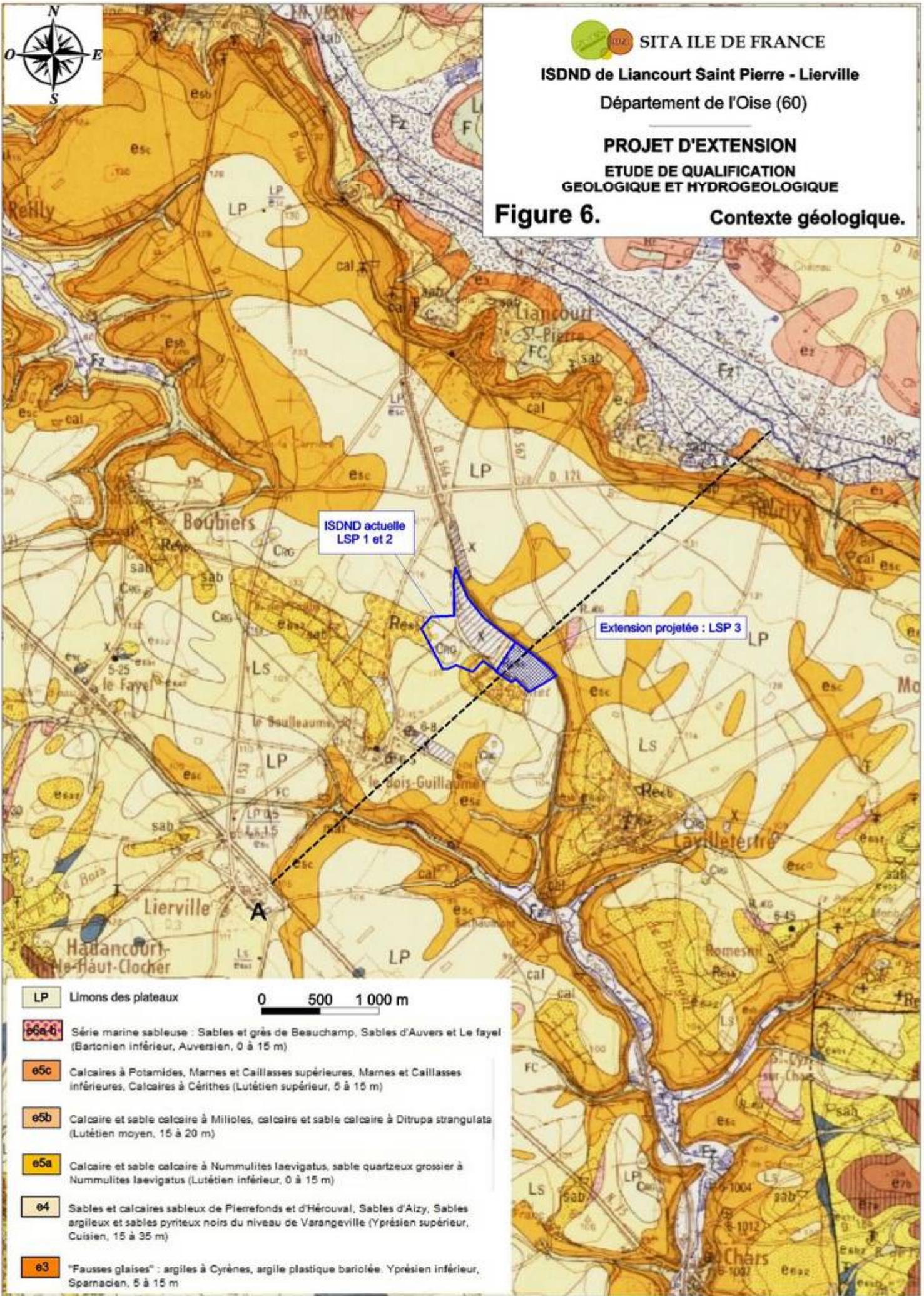
- Les buttes au sommet du plateau sont formées par les sables bartoniens (sables de Beauchamp, e6) ;
- Sous un plaquage de limons quaternaires (LP), le substratum géologique local est formé par 8 à 12 m de Marnes et Caillasses (e5c) ;
- L'assise structurale est constituée du Calcaire Grossier du Lutétien (e5b) qui se développe sous les Marnes et Caillasses (10 à 15 m) ;
- En flanc de vallée, affleurent les sables calcaires du Lutétien (e5a) puis les Sables de Cuise (e4). *Les sables de Cuise sont à environ 70 m NGF sous le site soit une profondeur de plus de 40 m ;*
- Sous ces formations sableuses, on retrouve les argiles du Sparnacien (e3) qui forment un écran imperméable continu.

La carte géologique met également en évidence deux directions principales d'accidents cassants qui se traduisent dans la morphologie actuelle du fait de leurs rejeux successifs :

- une direction NW/SE avec un abaissement de 10 m environ du compartiment sud. Cette direction est similaire à celle de l'anticlinal du Bray, visible niveau de Trouly au nord-est (faille notée) ;
- une direction N/S avec un effondrement du bloc Est d'une dizaine de mètres également (notamment à l'Est de Lavilletterte).

L'Age de la déformation principale correspond à celle du dépôt des sables bartoniens en comblement de dépressions au toit du Lutétien.

Un léger pendage général vers le sud en direction de l'axe du synclinal affecte les couches géologiques.



SITA ILE DE FRANCE

ISDND de Liancourt Saint Pierre - Lierville
 Département de l'Oise (60)

PROJET D'EXTENSION
ETUDE DE QUALIFICATION
GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Figure 6. Contexte géologique.

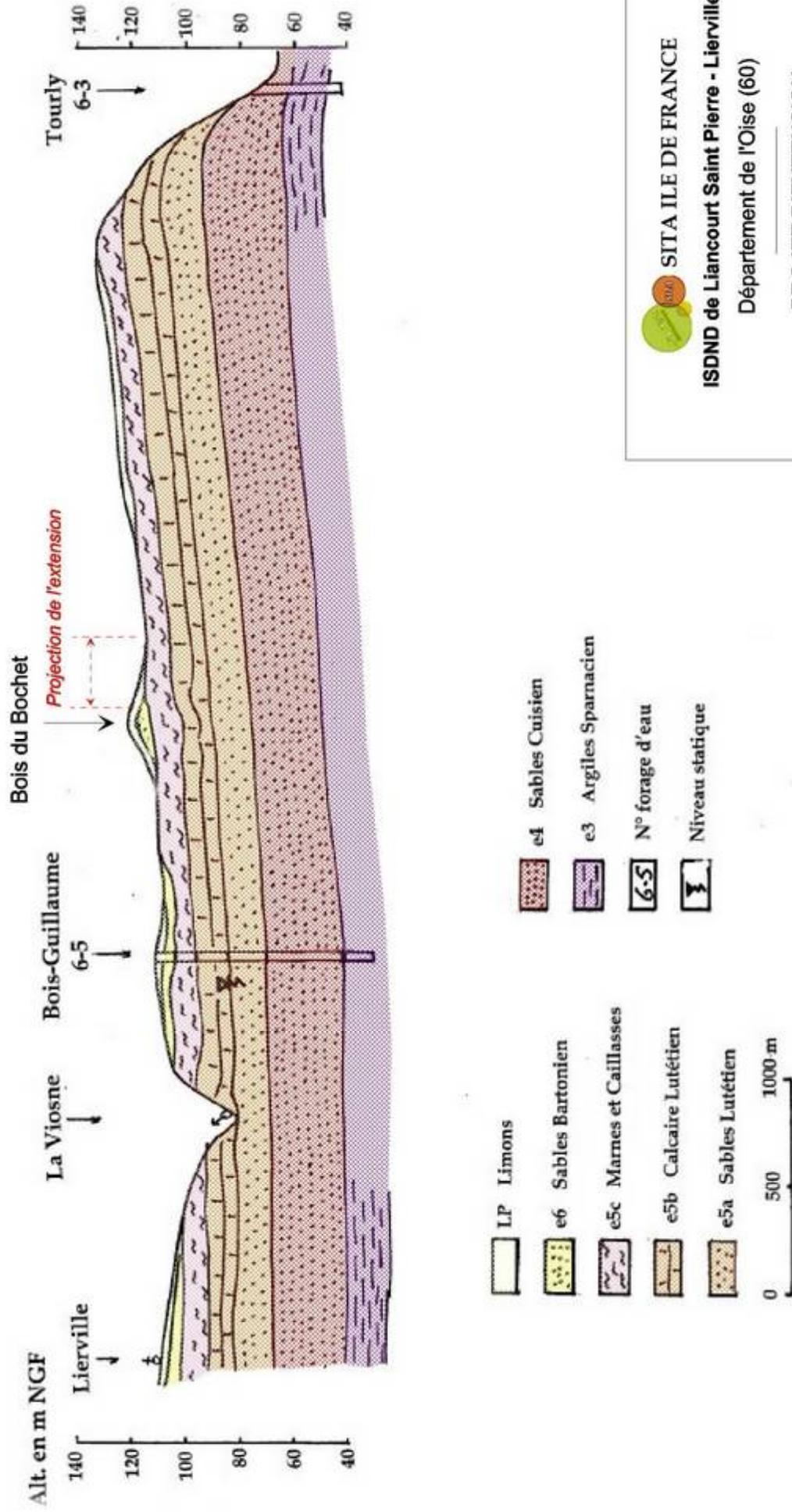
ISDND actuelle
LSP 1 et 2

Extension projetée : LSP 3

- | | | |
|--------------|--|---------------------|
| LP | Limons des plateaux | 0 500 1000 m |
| e6a-b | Série marine sableuse : Sables et grès de Beauchamp, Sables d'Auvers et Le fayel (Bartonien inférieur, Auversien, 0 à 15 m) | |
| e5c | Calcaires à Potamides, Marnes et Caillasses supérieures, Marnes et Caillasses inférieures, Calcaires à Cérithes (Lutétien supérieur, 5 à 15 m) | |
| e5b | Calcaire et sable calcaire à Miliolites, calcaire et sable calcaire à Ditrupa stragulata (Lutétien moyen, 15 à 20 m) | |
| e5a | Calcaire et sable calcaire à Nummulites laevigatus, sable quartzeux grossier à Nummulites laevigatus (Lutétien inférieur, 0 à 15 m) | |
| e4 | Sables et calcaires sableux de Pierrefonds et d'Hérouval, Sables d'Alzy, Sables argileux et sables pyriteux noirs du niveau de Varangeville (Yprésien supérieur, Cuisien, 15 à 35 m) | |
| e3 | "Fausse glaises" : argiles à Cyrènes, argile plastique bariolée, Yprésien inférieur, Sparnacien, 5 à 15 m | |

Sud-ouest

Nord-est



 SITA ILE DE FRANCE
ISDND de Liancourt Saint Pierre - Lierville
Département de l'Oise (60)

PROJET D'EXTENSION
ETUDE DE QUALIFICATION
GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Figure 7. Coupe géologique locale.

Coupe géologique réalisée par SAFEGE en 1999 (colorisée par ACG Environnement)

2.2.3 Histoire géologique régionale

Nous commençons l'histoire géologique du secteur au Sparnacien par le dépôt des argiles du Sparnacien qui forment le mur imperméable de la série tertiaire sus-jacente :

- A l'Yprésien inférieur (e3), l'ensemble du Bassin de Paris est noyé dans un système de lagunes où domine une sédimentation argileuse (Argile plastique), dont les matériaux proviennent essentiellement des produits d'altération de la Craie sur les marges du bassin. Un rejeu possible de l'anticlinal du Bray pourrait se situer à la fin du Sparnacien.
- Après l'épisode laguno-marin des Fausses glaises, la mer cuisienne, à sédimentation sableuse, s'avance vers l'Est depuis la Manche ; longeant la bordure sud du Bray (Cuisien e4). A la fin du Cuisien, la région émerge ; une phase tectonique affecte les anticlinaux du Bray (au nord) et de la Chapelle-en-Vexin-Vigny au Sud-Ouest.
- Au lutétien Moyen (e5b), une transgression marine envahit la région et ouvre un épisode de sédimentation carbonatée avec le dépôt des sables calcaires riches en foraminifères et en mollusques (lamelibranches et gastéropodes) témoignant d'un milieu littoral.
- Au Lutétien supérieur, le bassin se confine mais la sédimentation carbonatée persiste, cette fois de type laguno-marin (Marnes et Caillasses, e5a).
- Après une émergence accompagnée d'un nouveau soulèvement du Bray, l'Auversien (e6a1) débute par une sédimentation marine à l'Est et laguno-lacustre à l'Ouest. La régression s'accompagne d'une émergence et de l'installation de sols de type podzol, aujourd'hui grésifiés (Grès de Beauchamp), accompagnés de quelques petites étendues d'eau douce à sédimentation calcaire. *Sur notre zone d'études, la sédimentation est laguno-lacustre.*
- Au début du Marinésien (Bartonien moyen, e2a2) s'établit une sédimentation lagunaire et laguno-lacustre (argiles de Tumbrel). La mer des Sables de Cresnes envahit alors le Vexin ; cette transgression est aussitôt suivie d'une importante phase tectonique provoquant le soulèvement de la région (Pays de Bray et Pays de Thelle). Ce basculement, accompagné de failles synsédimentaires, provoque un recul de la mer vers le Sud (mise en place du cordon des Cailloutis de Lavillettertre) et l'érosion d'une grande quantité de matériaux dans la zone soulevée.
- Les dépôts quaternaires, datant de la glaciation du Würm, correspondent aux remaniements de formations à silex par solifluxion et colluvionnement, ainsi qu'aux limons des plateaux issus de la transformation des loess d'origine éolienne.
- Depuis 40 millions d'années, la région est émergée, soumise à l'altération et l'érosion encore active de nos jours suite à l'approfondissement moyen des nappes.

2.2.4 Lithostratigraphie locale

La succession lithostratigraphique est illustrée **Tableau 2 (p. 21)**. La succession des couches géologiques rencontrées dans le secteur étudié, est celle reprise :

- de la notice de la carte géologique de MERU (BRGM) ;
- des sondages référencés à la BSS sur le secteur, avec en particulier (voir **annexe 2**) :
 - le log du sondage 1265X0025/S27 pour la série de l'Auversien ;
 - le log du sondage 1266X001/S des Sables de Cuise aux Marnes et Caillasses ;
 - le log du sondage 1266X007/PC de la Craie au Cuise.

Les formations décrite ci-après vont des limons en surface jusqu'aux sables de Cuise en profondeur. En effet, les formations sous-jacentes ne sont pas concernées par le projet car situées sous les argiles sparnaciennes qui forment un mur imperméable. On retrouve ainsi, de bas en haut, 4 grands ensembles sédimentaires :

- Le cycle de l'Yprésien qui passe d'un domaine lagunaire argilo-sableux à un domaine marin (sable fin) de par l'avancée de la mer en provenance de la Manche puis d'une émergence (niveau de Pierrefonds) ;
- Le cycle du Lutétien inférieur et moyen qui marque une nouvelle intrusion marine avec des dépôts carbonatés (sables et calcaires sableux) ;
- Le cycle du Lutétien supérieur qui annonce progressivement une fermeture du débouché marin à l'Ouest. Le cycle démarre par des dépôts calcaires marins évoluant vers des marnes et argiles lagunaires, organisés en plusieurs petites séquences ;
- Le cycle du Bartonien formé de dépôts lacustres de faible énergie, argilo-calcaire à la base. Il se termine par des dépôts d'émergence et d'érosion des reliefs avoisinants.

Les formations sont reprises ci-dessous et décrites succinctement en partant de la surface :

Ere Quaternaire

- Limons des Plateaux (LP) : on distingue les limons bruns clairs calcaireux et les limons loessiques brun rouges argileux ou argilo-sableux.

Ere Tertiaire :

- Ensemble sablo-argileux Bartonien (e6a2 à e6b2) :

L'ensemble est majoritairement une série sableuse marine mais peut être divisée en 3 sous-ensembles :

- Un sommet argileux (argiles de Tumbrel) ;
- Un cœur sableux (Cailloutis de Lavillettertre, Sables de Cresnes, Sables Auvers-Beauchamp) ;
- Une base calcaire : Falun à Meretrix et Calcaire de Montagny-en-Vexin.

L'épaisseur totale selon les données consultées peut atteindre près de 30 m en pleine puissance. Sur la zone d'études, elle a été érodée et varie de 2 à 12 m.

○ Les Marnes et Caillasses du Lutétien (e5c) :

La formation est constituée de calcaires très durs, cristallins, alternant avec des marnes blanchâtres d'une épaisseur variant de 5 à 15 m selon la littérature. Les calcaires peuvent être silicifiés ou dolomitiques. Le terme Marnes et Caillasses regroupe 4 faciès principaux (de haut en bas) :

- Le Calcaire à Potamides : il s'agit de calcaires blanchâtres à brunâtres laguno-marins voire laguno-lacustres ;
- Les Marnes et Caillasses stricto sensu marines au sommet et laguno-marines à la base ;
- Le Calcaire marin à Cérithes ;
- Le Banc vert : calcaires argileux en plaquettes et des marnes de couleur verte (Banc vert), épais de un à deux mètres. Ce niveau contient des Miliolites, des Orbitolites complanatus et des Mollusques plus ou moins saumâtres.

○ Lutétien moyen et inférieur (e5a-b) : il se développe sous le Banc vert et a deux principaux faciès :

- Calcaire et sables calcaires (15 à 20 m) : sable calcaire ou calcaire tendre à grain fin, à Miliolites ;
- Sable quartzeux grossier à Nummulites (2 à 12 m).

○ Sables de Cuise (e4a) de l'Eocène inférieur (Cuisien, 53 à 50 M.a) : il s'agit de sables fins peu argileux (horizon d'Aizy) passant à des sables argileux verdâtres et pyriteux à la base. A noter que le sommet peut être formé par des passées plus calcaires (niveau de Pierrefonds).

○ Argiles plastiques du Vexin et fausses glaises du Sparnacien (e3) : Son épaisseur varie de 8 à 18 m (généralement de 10 à 15 m selon la notice). Cet horizon est exclusivement argileux.

	ETAGE	SYMBOLE	NOM USUEL	EPAISSEUR
IV	Würm	LP	Limon des Plateaux et limons sableux	1 à 2 m
EOCENE	Bartonien supérieur (Auversien)	e _{6b2}	Sables fins quartzeux de Cresnes Cailloutis de la Villeterte Argiles brun-vert-de Tumbrel	12 à 15 m
	Bartonien inférieur (Auversien)	e _{6a1-2}	Sable de Beauchamp Falun à Meretrix Calcaire de Montagny-en-Vexin	0 à 15 m
	Lutétien supérieur	e _{5c}	« Marnes et Caillasses » Calcaire à Potamides et Marnes Marnes et Caillasses supérieures lagunaires Calcaire marin à Cérithes Banc Vert argileux et Marneux	15 à 20 m
	Lutétien moyen	e _{5b}	Calcaires et sables calcaires marins littoraux à foraminifères	15 à 20 m
	Lutétien inférieur	e _{5a}	Sable quartzeux à Nummulites et sable calcaire à Nummulites	2 à 12 m
	Cuisien	e ₄	« Sable de Cuise » Niveau de Pierrefonds, Sable argileux et Sables d'Aizy	15 à 35 m
	Sparnacien	e ₃	Argile plastique bariolée du Vexin, Fausses Glaises	8 à 18 m
	Thanétien supérieur	e ₂	Sable de Bracheux	0 à 15 m
CRETACE	Campanien	C ₄₋₆	Craie blanche	> 200 m

NB : les formations grisées sont celles concernées par l'étude.

Tableau 2. Lithostratigraphie locale.

2.2.5 Aptitude géologique régionale

Les données géologiques et structurales qui sont acquises aux échelles régionales et locales sont les suivantes :

- Le projet est localisé en terminaison septentrionale du Vexin caractérisé par une région de plateaux calcaires entaillés par les cours d'eau. Les formations tertiaires qui forment le Vexin sont majoritairement sableuses à la base (sable de Cuise), marno-calcaires en son cœur (calcaires du Lutétien et Marnes et Caillasses) et sableuses au sommet (sables de Beauchamp) ;
- Le site est en domaine de plateau et situé à plus de 2 km de la vallée de la Viosne, rivière qui entaille le plateau calcaire. Au droit du site, sous les sables de Beauchamp, on retrouve les Marnes et Caillasses, formations les plus aptes à former la barrière de sécurité passive en place ou, en tout état de cause, les moins contraignantes (comparées au Calcaire du Lutétien) ;
- La présence, en profondeur, des argiles du Sparnacien, épaisses de 10 à 15 m environ, forment le mur imperméable des formations sus-jacentes ;
- Le secteur est affecté de structures cassantes qui ont jouées au Bartonien avec deux directions principales (N/S et NW/SE) empruntées par le réseau hydrographique. Les zones de plateaux ne sont généralement pas affectées par les structures faillées.

Compte tenu de ces éléments, le contexte géologique local est jugé contraignant car la présence d'une barrière passive au sens de l'arrêté ministériel n'est pas attestée (5 m à perméabilité inférieure à 1.10^{-6} m/s).

Cependant, dans le Vexin, les zones de plateau sont les plus aptes à accueillir une ISDND (zones les moins fracturées, substratum formé par les Marnes et Caillasses). Il est à prévoir la reconstitution de la barrière passive telle que prévue par la réglementation (mesure compensatoire).

L'aire d'étude géologique est définie :

- Spatialement par le plateau calcaire ;
- En profondeur par le toit des argiles sparnaciennes.

2.3 Cadre hydrogéologique régional

2.3.1 Données d'ordre général et aire d'étude hydrogéologique

Le tableau ci-dessous, tiré de l'atlas « Aquifère et eaux souterraines en France » (BRGM), reprend les différentes formations géologiques du Vexin en distinguant les horizons aquifères, des aquitards.

Etage	Formation	Epaisseur
Aquitainien	Limons des plateaux	0,5 à 5 m
Stampien	Meulière de Beauce	blocs isolés
Sannoisien	Sables de Fontainebleau	50 m maximum
Ludien	Calcaire de Sannois, Marnes vertes	6 à 7 m maximum
	Marnes de Pantin et d'Argenteuil	6 à 10 m
	Masses et marnes du Gypse, Marnes à Ph. ludensis	15 à 20 m
Marinésien	Sables de Monceau	5 à 10 m
	Marno-Calcaire de St-Ouen	7 à 10 m
Auversien	Sables de Beauchamp et d'Auvers	15 à 20 m
Lutétien supérieur	Marnes et Caillasses	épaisseur moyenne 30 - 35 m
Lutétien moyen	Calcaire grossier	
Lutétien inférieur	Calcaire à N. laevigatus	
Yprésien supérieur : Cuisien	Sables de Cuise	20 à 40 m
Yprésien inférieur : Sparnacien	Argile plastique et sables, Fausses Glaises	10 à 15 m

Tableau 3. Série stratigraphique des aquifère du Vexin.

Le secteur concerné par le projet (Vexin Nord), repose majoritairement sur les Marnes et Caillasses, avec un recouvrement partiel par les sables de Beauchamp (Bartonien) comme spécifié sur la carte hydrogéologique du BRGM en page suivante (figure 8, atlas des nappes aquifères de la région parisienne).

Ainsi, nous sommes en présence de 2 niveaux aquifères d'importance inégale :

- L'aquifère des sables de Beauchamp qui peut être le siège, éventuellement, de venues d'eau latérales temporaires de faible ressource et sans usage ;
- L'aquifère du Lutétien inférieur et moyen (sable de Cuise et calcaire du Lutétien) qui se développe sous les Marnes et Caillasses et renferme une nappe d'importance régionale captée pour l'AEP.

Les niveaux aquifères sous-jacents (sables de Bracheux, e2, et Craie du secondaire, c4-6) ne sont pas concernées car situées à très fortes profondeurs (plus de 100 m) et protégées par les argiles du Sparnacien (10 à 15 m d'épaisseur) qui forment un écran imperméable et les confinent.

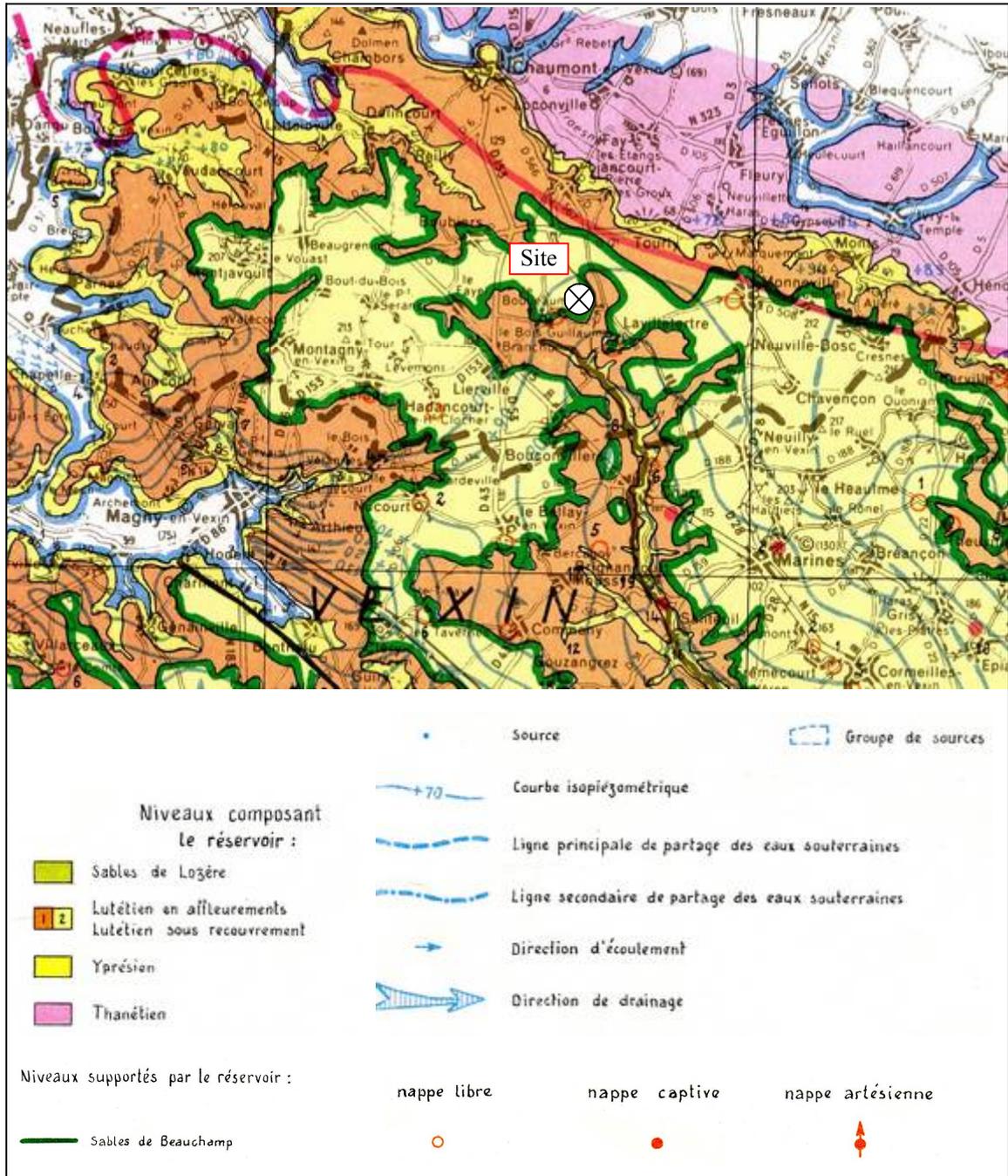


Figure 8. Contexte hydrogéologique (1/100 000 BRGM).

2.3.2 Les aquifères et les nappes

2.3.2.1 Aquifères et nappe du Bartonien

L'aquifère du Bartonien n'est pas répertorié dans les données hydrogéologiques de la carte à 1/50 000 du BRGM du fait de son faible intérêt régional et de sa très faible étendue.

L'aquifère est soutenu par les argiles de Tumbrel quand elles sont présentes et par les faciès marneux des Marnes et Caillasses.

La position du site fait qu'il n'y a pas de zones d'alimentation pour les horizons sableux (absence d'amont, voir contexte hydrogéologique local, chapitre 3.4, et contexte hydrologique, chapitre 3.5), ainsi, il faut plus concevoir les eaux d'infiltration présentes ponctuellement dans le Bartonien comme des venues latérales temporaires possibles par temps de fortes pluies.

2.3.2.2 Aquifère et nappe de l'Eocène inférieur et moyen

2.3.2.2.1 L'aquifère

Sous le terme de nappe de l'Eocène inférieur et moyen, on regroupe deux nappes généralement confondues : la nappe du Lutétien et la nappe de l'Yprésien supérieur. Le sommet des Sables de Cuise est en principe argileux (argile de Laon) et devrait constituer un niveau imperméable entre les calcaires plus ou moins sableux lutétiens et les Sables de Cuise. Cependant, dans le secteur, les argiles de Laon sont absentes et les deux niveaux de nappe n'en forme qu'un ; on parle alors de la nappe de l'Eocène inférieur et moyen contenue dans un aquifère multi-couches constitué des Sables de Cuise et des Calcaires et sables calcaires du Lutétien.

L'aquifère se définit comme suit :

- Il est constitué par les sables fins du Cuisien à perméabilité d'interstices tout comme les faciès sableux du Lutétien alors que les calcaires ont une perméabilité de fissures (voir ponctuellement de micro-karst à proximité des vallées formant les axes de drainage) ;
- Le mur est formé par les argiles sparnaciennes ;
- le toit est constitué des Marnes et Caillasses.

2.3.2.2.2 La nappe

Une esquisse générale de la nappe de l'Eocène a été réalisée par Cl. Mégrien en 1976. Elle est reprise dans la [figure 9](#) en page suivante tirée de l'atlas « Aquifère et eaux souterraines en France » (BRGM).

La nappe est drainée par le réseau hydrographique. Elle s'écoule donc grossièrement selon les pentes topographiques. L'écoulement est dominé par l'existence du drainage important au niveau de la Viosne qui prend naissance à la base du Calcaire Grossier et s'écoule dans les Sables de Cuise jusqu'à Pontoise. Elle suit le plongement général des assises en position synclinale (synclinal de la Viosne).

La nappe est libre en tête du bassin versant. Elle est captive sur sa partie aval et se trouve alors légèrement en charge sous le Lutétien. Dans la partie nord du Vexin, le Lutétien est en grande partie dénoyé.

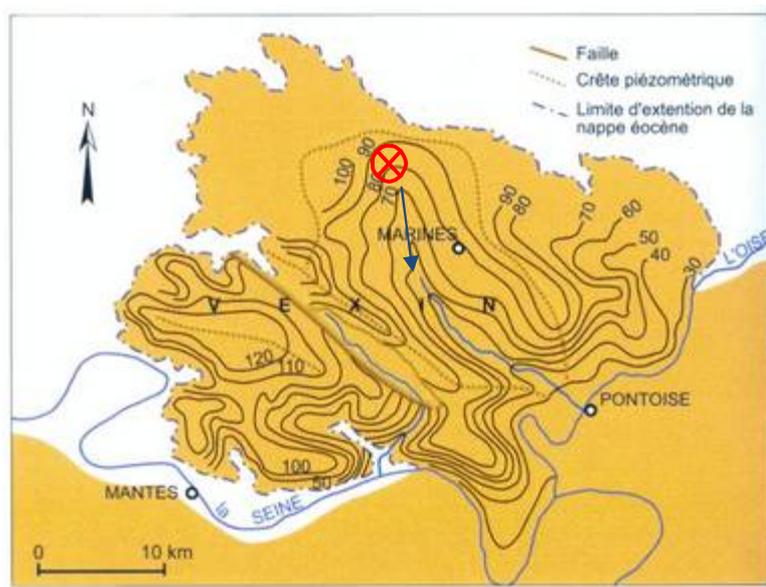


Figure 9. Esquisse piézométrique de la nappe de l'Eocène dans le Vexin.

Le site est localisé en tête du bassin versant de la Viosne. La cote piézométrique moyenne attendue serait comprise entre 85 et 90 m NGF soit une profondeur de 25 à 30 m de profondeur sous le plateau.

Le premier niveau d'eau sous le site est formé par la nappe de l'Eocène moyen contenue dans un aquifère multi-couches constitué des calcaires et sables du Lutétien et des sables de Cuise.

La nappe, d'extension régionale, est drainée par le réseau hydrographique : elle s'écoule donc en concordance avec le modelé topographique et suit également la structure géologique régionale (synclinal de la Viosne).

L'aire d'étude hydrogéologique est définie comme suit :

- **En profondeur, elle se limite aux argiles du Sparnacien qui forment un écran imperméable confinant les nappes sous-jacentes ;**
- **Spatialement, elle se limite en amont à la crête topographique et en aval par la Viosne, exutoire des eaux de la nappe.**

Le niveau piézométrique moyen, déduit des cartes de référence, serait à forte profondeur aux alentours de 85 à 90 m NGF (25 à 30 m de profondeur).

2.3.3 Vulnérabilité de la ressource en eau souterraine

La vulnérabilité de la ressource en eau souterraine se définit au sein du bassin hydrogéologique de la nappe :

- par les caractéristiques de l'aquifère qui la contient ;
- par l'exposition aux pollutions des eaux de surface ;
- par l'exposition aux pollutions souterraines, notamment par les trajets suivis par d'éventuels polluants liquides qui pourraient provenir de l'ISDND.

Si une activité de pollution diffuse est située en dehors du bassin, il n'y a pas de risque sur cette ressource.

2.3.3.1 Vulnérabilité de la nappe de l'Eocène moyen

La vulnérabilité naturelle de l'aquifère dépend de l'existence ou non de ses protections par des couches peu perméables :

- En domaine de plateau, la vulnérabilité de l'aquifère est faible, car les Marnes et Caillasses assurent une protection de la nappe ;

Cependant, les Marnes et Caillasses, de par leur nature marno-calcaire, ne forment qu'une protection relative et permet tout de même l'infiltration des eaux de surface : une vulnérabilité existe donc même si elle est pondérée par la profondeur de la nappe et par l'épaisse couche de Marnes et Caillasses ;

- Dans les vallées, l'aquifère est vulnérable, car il est à l'affleurement.

La protection de la qualité de la nappe nécessite l'application des mesures réglementaires, notamment celles qui concernent :

- les barrières de sécurité passive et active en fond et en flanc de site ;
- La gestion des eaux du site avec une collecte, un stockage et un traitement selon la nature des effluents avant rejet dans le milieu naturel. Comme les rejets des eaux du site seront maîtrisés par des dispositifs de collecte et de rétention des eaux, il n'y a pas de vulnérabilité indirecte de l'aquifère des sables du Cuisien.

En domaine de plateau, la nappe de l'Eocène est à forte profondeur (> 25 m) et est partiellement protégée par la présence des Marnes et Caillasses qui recouvrent l'aquifère productif.

Cependant, la nature des Marnes et Caillasses et la proximité de l'affleurement de nappe dans la vallée de la Viosne, créent une vulnérabilité potentielle aux pollutions diffuses du sol. Des mesures compensatoires devront être prises afin de ne pas impacter la nappe.

2.3.4 Captage d'eau potable

2.3.4.1 Inventaire

Les captages destinés à l'Alimentation en Eau Potable (AEP) ainsi que les périmètres de protections réglementaires ont été communiqués par l'Agence Régionale de la Santé (ARS, [annexe 2](#)). Les données sur les périmètres des captages AEP dans l'aire d'études sont présentées ([Figure 10](#) et [Tableau 4](#)).

La protection contre les pollutions accidentelles ponctuelles est délimitée par des périmètres immédiats et rapprochés autour des ouvrages de captage pour l'eau potable. La protection contre les pollutions diffuses est délimitée par le périmètre de protection éloigné, couvrant autant que possible le Bassin d'Alimentation du Captage (BAC).

Dès lors qu'une activité est implantée en dehors du périmètre éloigné, il n'y a pas de risque lié à une pollution accidentelle (de type « déversement »). Les périmètres et les prescriptions définies par l'hydrogéologue agréé pour être applicables doivent faire l'objet d'une Déclaration d'Utilité Publique.

Il existe 4 captages AEP dans un périmètre de 5 km du site :

- Le captage de Liancourt-Saint-Pierre (BSS 1262X0009), au Nord, est sans relation avec le site puisque situé dans le bassin versant hydrogéologique de la Troësne alors que le site est dans celui de la Viosne ;
- Les captages de Hadancourt-Le-Haut-Clocher, à l'Ouest, sont sans relation avec le site puisque situés dans le bassin versant hydrologique et hydrogéologique de l'Aubette ;
- Les captages de Chavençon, à l'Est, sont sans relation avec le site puisque situés en position latérale (site hors BAC) ;
- Seul le captage AEP de Lavilletertre est en aval du site. Il capte la nappe du Cuise dans la vallée de la Viosne par un puits de 5,2 m de profondeur. Le périmètre de protection est à plus de 1,2 km en aval de la zone d'extension et s'étend de part et d'autre de la vallée de la Viosne. L'ouvrage n'est plus en service aujourd'hui, Lavilletertre ayant été rattaché au réseau de Liancourt-Saint-Pierre.

2.3.4.2 Captage AEP de Lavilletertre

Le captage ne sert plus aujourd'hui à la ressource en eau de la commune. En effet, Lavilletertre est alimenté en eau potable principalement à partir d'un puits situé à Fresnes Léguillon et d'un puits à Liancourt-Saint-Pierre.

Seulement, la DUP est toujours effective et la protection de la ressource doit être assurée.

Le site étant en dehors du périmètre de protection éloigné, le captage est donc non vulnérable aux pollutions accidentelles et diffuses en provenance du site.

Cependant, compte tenu de l'esquisse piézométrique de la nappe de l'Eocène, le projet d'extension est inclus dans le bassin d'alimentation du captage aussi bien pour les eaux superficielles que pour les eaux souterraines. **Des mesures compensatoires devront être prises afin de ne pas impacter la nappe notamment par la mise en place des barrières de sécurité passive et active réglementaires et par une gestion rigoureuse des eaux du site.**

N°	Communes	Indice BRGM	Profondeur de l'ouvrage (m)	Nappe captée et cote de niveau statique	DUP	Distance du périmètre au site	Vulnérabilité au projet
1	Liancourt-Saint-Pierre	1266X0026	14,6 m	Nappe du Cuisien 81,5 m NGF	17/10/1985	2,1 km au nord	Non vulnérable <i>Bassin versant hydrogéologique différent (Troësne)</i>
2	Chavençon	1267X1029	0 m	Source, Sable de Fontainebleau	07/04/1986	5,6 km à l'est	Non vulnérable <i>(hors bassin d'alimentation du captage)</i>
		1265X0033	85 m	Nappe du Lutétien/Cuisien 92 m NGF	21/07/2011	5,6 km à l'est	Non vulnérable <i>(hors bassin d'alimentation du captage)</i>
3	Hadancourt	1265X0005	63,72 m	Nappe du Lutétien/Cuisien 89,8 m NGF	05/05/1985	4,7 km au sud-ouest	Non vulnérable <i>Bassin versant hydrogéologique différent (Aubette)</i>
		1265X0009	14,6 m	Nappe du Lutétien/Cuisien 89,8 m NGF	05/08/1985	4,7 km au sud-ouest	Non vulnérable <i>Bassin versant hydrogéologique différent (Aubette)</i>
4	Lavillettertre	1266X0026	5,2 m	Nappe du Cuisien 68,8 m NGF	02/03/1988 Ouvrage non utilisé	1,2 km au sud en aval hydrogéologique et hydrologique	Vulnérabilité potentielle Site hors périmètre mais dans le bassin d'alimentation du captage Ouvrage n'est plus utilisé comme ressource en eau de la commune

Tableau 4. Inventaire des captages AEP.

2.3.5 Aptitude hydrogéologique régionale

Les données hydrogéologiques qui sont acquises aux échelles régionales et locales sont les suivantes :

- Le premier niveau d'eau sous le site est formé par la nappe de l'Eocène moyen contenue dans un aquifère multi-couches constitué des calcaires et sables du Lutétien et des sables de Cuise.
- La nappe, d'extension régionale, est drainée par le réseau hydrographique : elle s'écoule donc en concordance avec le modelé topographique et suit également la structure géologique régionale (synclinal de la Viosne) ;
- La position du site, en tête de bassin versant sur le plateau calcaire, est la position la moins contraignante d'un point de vue hydrogéologique puisque la nappe se trouve à forte profondeur et partiellement protégée par les Marnes et Caillasses. Le niveau piézométrique moyen, déduit des cartes de référence, est à forte profondeur aux alentours de 85 à 90 m NGF (25 à 30 m de profondeur) ;
- La ressource AEP captée en service n'est pas vulnérable au projet :
 - Le forage d'eau potable de Lavilletterte en aval hydrogéologique du site (périmètre à 1,2 km au sud), n'est plus utilisé pour la ressource en eau de la ville qui a été rattachée au réseau de Liancourt ;
 - Tous les autres ouvrages aux environs du site sont dans des bassins versants différents de celui qui concerne le projet.

Compte tenu de ces éléments, le contexte hydrogéologique local est jugé comme peu contraignant car la nappe, bien qu'à usage sensible à l'échelle régionale, est située à forte profondeur et n'est plus captée pour l'AEP en aval du site.

Cependant, l'aptitude hydrogéologique est conditionné par la mise en place des barrières de sécurité passive et active ainsi qu'à une gestion rigoureuse des eaux du site afin de s'assurer d'une bonne protection de la nappe de l'Eocène telles que prévues par la réglementation (mesure compensatoire).

L'aire d'étude hydrogéologique est définie comme suit :

- **En profondeur, elle se limite aux argiles du Sparnacien qui forment un écran imperméable confinant les nappes sous-jacentes.**
- **Spatialement, elle se limite en amont à la crête topographique et en aval par la Viosne, exutoire des eaux de la nappe.**

2.4 Justification du choix régional et local du site

2.4.1 Contraintes régionales et locales prises en compte

- **Contraintes géologiques**

Pour être géologiquement favorable, un site doit être formé par des matériaux en place sur une épaisseur de 5 m à caractère semi-perméable (défini par le coefficient de perméabilité $k < 1.10^{-6}$ m/s).

L'extension prévoit un décaissement d'une dizaine de mètres au maximum et reposera sur les Marnes et Caillasses ; les calcaires du Lutétien participeront également, pour partie, aux 5 m en place. Ces formations n'apportent pas toutes les garanties en termes d'imperméabilité. Le contexte géologique est donc a priori contraignant. Des mesures compensatoires devront être proposées pour mettre en œuvre une structure de barrière passive recevable, eu égard à la réglementation, validée par un calcul d'équivalence.

Cependant, la position du site, en domaine de plateau, fait partie des zones les moins contraignantes à l'échelle régionale puisque l'aquifère est recouvert par les Marnes et Caillasses et n'est donc pas à l'affleurement.

- **Contraintes structurales**

Les formations sont affectées de déformations non cassantes en ondulations synclinales et anticlinales ; le site se trouvant d'ailleurs dans l'axe du synclinal de la Viosne.

Un double réseau de fractures existe (NW/SE et N/S) et est souligné par la morphologie du paysage ainsi que par le réseau hydrographique.

Le contexte structural régional est donc sensible mais, au droit du site, il est jugé peu contraignant (projet en domaine de plateau, hors des couloirs de fracturation préférentielle).

- **Contraintes hydrogéologiques**

Le mètre supérieur de la barrière passive reconstituée (1 m à $k < 1.10^{-9}$ m/s) ne doit pas être sollicité par des remontées de nappe. Ainsi, le guide d'équivalence de la barrière passive fixe une altitude minimale de la base de la barrière passive reconstituée en fonction des plus hautes eaux de la nappe : il doit toujours y avoir au moins 2 m dessaturés. Sur le plateau, la nappe est à forte profondeur (> 30 m) et sera à plus de 20 m du fond de forme du projet.

Le contexte hydrogéologique est donc favorable sur cet aspect.

- **Protection des captages AEP et de la ressource en eau**

Le site est en dehors de tout périmètre de protection de captage AEP et le captage de Lavilletterte, bien que situé à moins de 2 km en aval du site, n'est plus exploité pour les besoins en eau de la commune qui a été rattachée à Liancourt-Saint-Pierre. Le contexte lié à la ressource AEP captée est donc favorable.

Cependant, le contexte reste sensible puisque la nappe de l'Eocène du Vexin, premier niveau d'eau sous le site, est à usage d'AEP.

2.4.2 Critères positifs d'aptitude régionale et locale

Les critères positifs pour le choix du site à l'échelle régionale sont les suivants :

1. En faveur de son aptitude géologique :
 - La localisation en zone de plateau, recouvert par les Marnes et Caillasses ;
 - L'absence de discontinuités structurales signalées en zone de plateau.
2. En faveur de son aptitude hydrogéologique :
 - L'absence d'effets potentiels sur les captages d'eau potable en service ;
 - La forte profondeur de la nappe de l'Eocène.

2.4.3 Conclusion sur l'aptitude régionale

L'étude d'aptitude aux échelles régionales et locales de ce site a été réalisée à partir de sources bibliographiques et documentaires. Le site répond aux critères d'aptitude tels que définis par la Guide de Bonnes Pratiques de l'AFNOR (*BP X 30-438*), paru en décembre 2009, pour la reconnaissance de sites d'installation de stockage de déchets.

Les critères d'aptitude géologique, hydrogéologique et hydrologique aux échelles régionales et locales **restent globalement favorables (peu contraignants) à une poursuite d'exploitation de l'ISDND, sous réserve de la mise en place de mesures compensatoires** comme la reconstitution et le renforcement de la barrière passive réglementaire.

3

QUALIFICATION DU SITE

La qualification géologique du site s'appuie sur plusieurs outils géologiques, chacun d'eux fournissant des observations et des mesures nouvelles, dont la synthèse permet de comprendre et d'expliquer l'état initial du site.

Les résultats de chaque technique sont exposés pour chacun des contextes géologique, hydrogéologique et hydrologique.

La zone d'extension est localisée au Sud-est de l'actuelle ISDND. Elle implique un décaissement sur une dizaine de mètres au maximum afin de créer le vide de fouille nécessaire.

Le contexte est bien connu pour avoir fait l'objet de nombreuses campagnes de sondages géologiques profonds au gré des différentes phases d'extension et de qualification de site.

3.1 Données existantes

3 phases de terrains se sont succédé sur la zone avant la réalisation des nouveaux sondages pour le présent projet d'extension ([annexe 3](#)) :

- En 1988, le BRGM a réalisé une étude préliminaire autour de Liancourt 1 (au droit de Liancourt 2 et de Liancourt 3, rapport PIC 88/39 de juin 1988). Elle a consisté en : 1 sondage carotté F1 à 35 m ; 1 piézomètre PZ à 42 m (rebouché) ; 62 sondages à la tarière à 6 m.
- En 1994, CPGF Horizon a réalisé une campagne de mesures géophysiques sur les zones de Liancourt 2 et de Liancourt 3 (sondages électriques et couverture électromagnétique à l'EM 31) ;
- En 2000, SAFEGE a réalisé un dossier de qualification complet pour Liancourt 2 et pour partie sur Liancourt 3 (moitié ouest de la zone actuellement projetée), avec de nouveaux sondages géologiques :
 - 7 sondages carottés avec essais de perméabilité in situ (Pontignac, SC1 à SC7) ;
 - 7 piézomètres (PZI à PZVII, Pontignac).

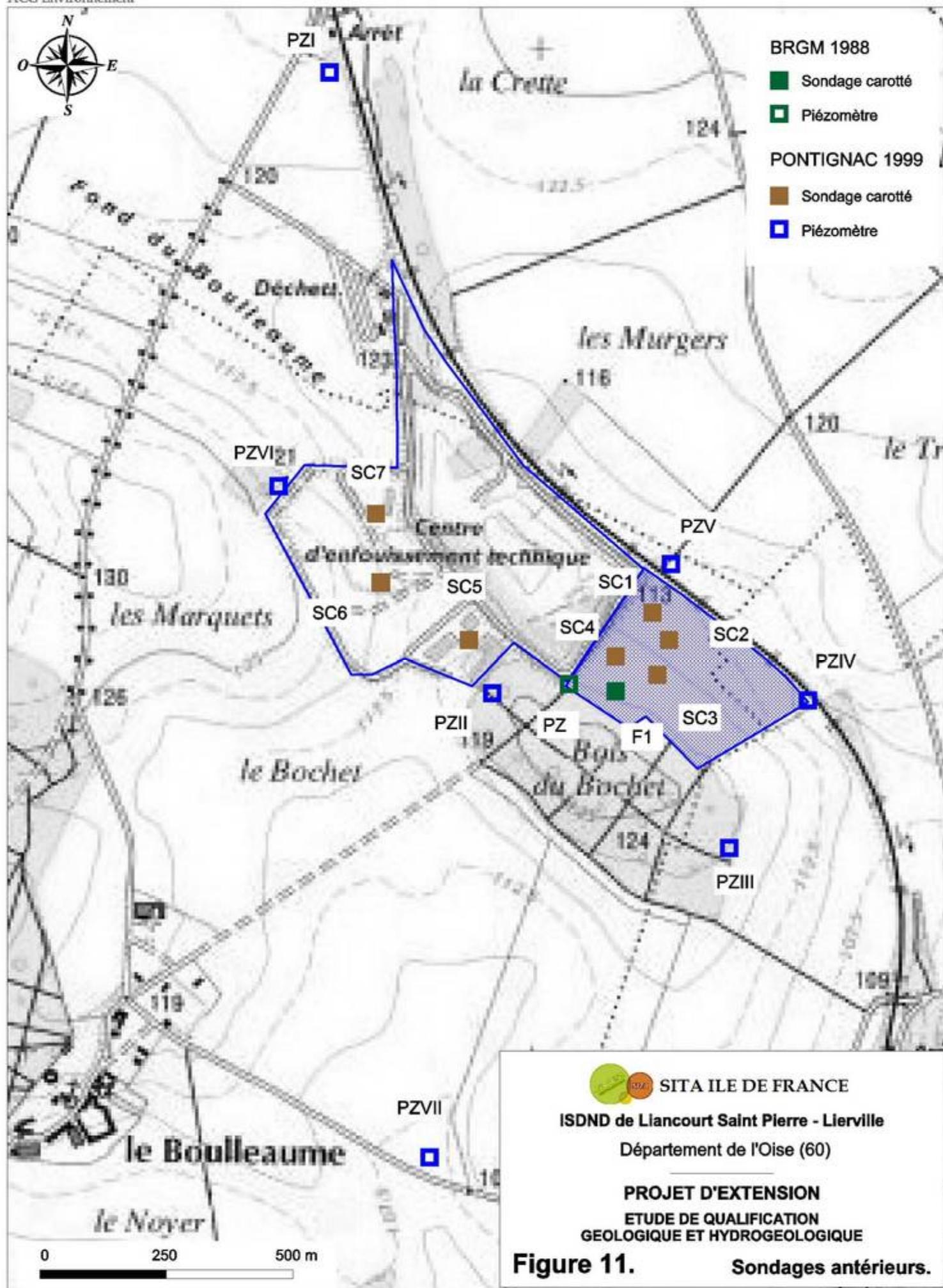
Ces sondages sont localisés sur la figure 13 et sur le tableau 5.

Nom	N° BSS	Nature ouvrage	Date	Entreprise de forage	Cote TN (m NGF)	Prof. (m)	Aquifère / nappe	Indication eau			Etat
								prof. (m)	cote (m NGF)	Date	
PZ	1266X0048	Piézomètre	1988 ?	BRGM	122	42	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	34,17	87,83	déc-88	rebouché
F1	nd	Sondage carotté	1988	BRGM	120,5	35	Calcaire du Lutétien	/	/	/	rebouché
SC1	nd	Sondage carotté	1999	Pontignac	113,88	15	Calcaire du Lutétien	/	/	/	rebouché
SC2	nd	Sondage carotté	1999	Pontignac	114,62	15	Calcaire du Lutétien	/	/	/	rebouché
SC3	nd	Sondage carotté	1999	Pontignac	118,15	16	Calcaire du Lutétien	/	/	/	rebouché
SC4	nd	Sondage carotté	1999	Pontignac	116,95	16,25	Calcaire du Lutétien	/	/	/	rebouché
SC5	nd	Sondage carotté	1999	Pontignac	115,07	17,25	Calcaire du Lutétien	/	/	/	rebouché
SC6	nd	Sondage carotté	1999	Pontignac	116,53	19,5	Calcaire du Lutétien	/	/	/	rebouché
SC7	nd	Sondage carotté	1999	Pontignac	115,96	18	Calcaire du Lutétien	/	/	/	rebouché
PZI	nd	Piézomètre	1999	Pontignac	122,48	41,5	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	32,9	89,58	mars-99	équipé
PZII	nd	Piézomètre	1991	Pontignac	121,66	51,8	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	37,23	84,43	oct-13	équipé
PZIII	nd	Piézomètre	1999	Pontignac	117,53	45	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	34,77	82,76	avr-99	équipé
PZIV	nd	Piézomètre	1999	Pontignac	110,12	33	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	23,7	86,42	avr-99	équipé
PZV	nd	Piézomètre	1999	Pontignac	112,46	35	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	24,9	87,56	avr-99	équipé
PZVI	1266X0053/PZ6	Piézomètre	2001	Pontignac	120	45	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	31,8	88,2	mai-01	équipé
PZVII	1266X0054/PZ7	Piézomètre	2001	Pontignac	108	38	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	23,6	84,4	mai-01	équipé

Tableau 5. Sondages géologiques historiques.

Ainsi, sur la zone dédiée pour la future extension objet du présent dossier, nous avons déjà :

- 4 sondages carottés (Pontignac 1999, SC1 à SC4) avec essais de perméabilité in situ sur la moitié ouest de l'extension ;
- Une campagne de mesures électromagnétique à l'EM31 sur toute la zone ;
- 13 sondages à la tarière à 6 m réalisés par le BRGM en 1988 ;
- Des sondages électriques (inexploitables car non calés).



3.2 Contexte structural

3.2.1 Analyse locale par photo-interprétation

En 2000, SAFEGER a réalisé une analyse structurale par photo-interprétation. Elle est reprise en [figure 12](#) en page suivante.

On a fait figurer sur la carte toutes les structures linéaires remarquables qui peuvent trouver une origine structurale ou hydrologique (érosion naturelle).

Les structures faillées sont généralement très nettement visibles : le paysage est abrupt avec de fortes variations de la pente topographique (de l'ordre de 15 % comme pour les flancs de la vallée de la Viosne qui passe de 100 m à 75 m NGF en moins de 180 m).

Les flexures (ondulations non cassantes) sont plus douces dans le paysage avec de faibles pentes topographiques.

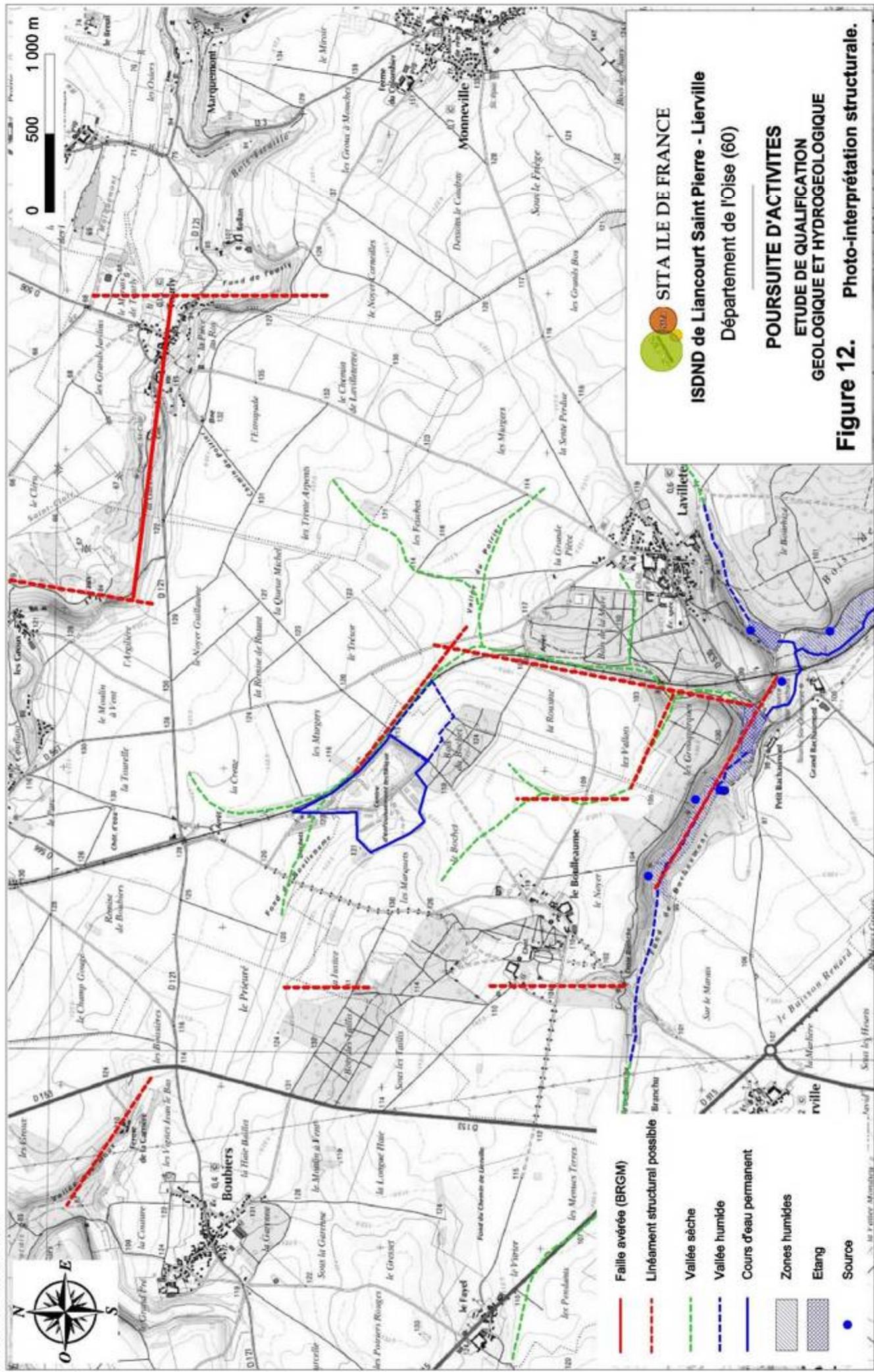
Sont reportés sur la figure des éléments avérés :

- Les failles avérées mises en évidence par le BRGM (en trait rouge continu) comme la faille au niveau de Trouly au nord ;
- Le chevelu hydrographique (en vert : les vallées sèches, en bleu : les vallées humides).

Ont été rajoutés, en pointillés rouges, les linéaments qui pourraient avoir une origine tectonique. On retrouve ainsi les directions structurales régionales :

- Une direction N/S bien marquée par le talweg emprunté par la voie ferrée à l'Est du site qui est probablement une zone fracturée telle que décrite par SAFEGER en 2000 ;
- Une direction NW/SE emprunté par le réseau hydrographique comme la Viosne au sud.

Un de ces linéaments de moindre importance, car très peu visible en photo-interprétation (très faible variation du modelé topographique avec des pentes très douces), passe en limite septentrionale du projet d'extension. Il s'agit d'une légère flexure du substratum calcaire comme souligné sur les cartes de synthèse du site (voir [Figure 17. Carte du toit des Calcaires du Lutétien](#), p. 51). Cette ondulation du substratum est cohérente avec la structure géologique régionale.



3.2.2 Analyse sur site par géophysique

Une campagne de mesures a été réalisée en 1994 par HORIZONS (rapport 4378c). Cet outil géologique a pour but de permettre une reconnaissance indirecte (non destructrice) du substratum en vue de déterminer l'homogénéité du sous-sol en réalisant une radiographie du terrain.

La technique utilisée (EM31) permet de reconnaître les terrains sur une profondeur de 6 m en champs vertical. Le secteur a été couvert par 240 points de mesures à maille 25 m x 25 m. Bien que la maille soit relativement lâche pour ce type d'investigation (généralement 10 m x 10 m), elle permet tout de même de bien quadriller le terrain et donne une image fidèle de la structure du proche-sous-sol.

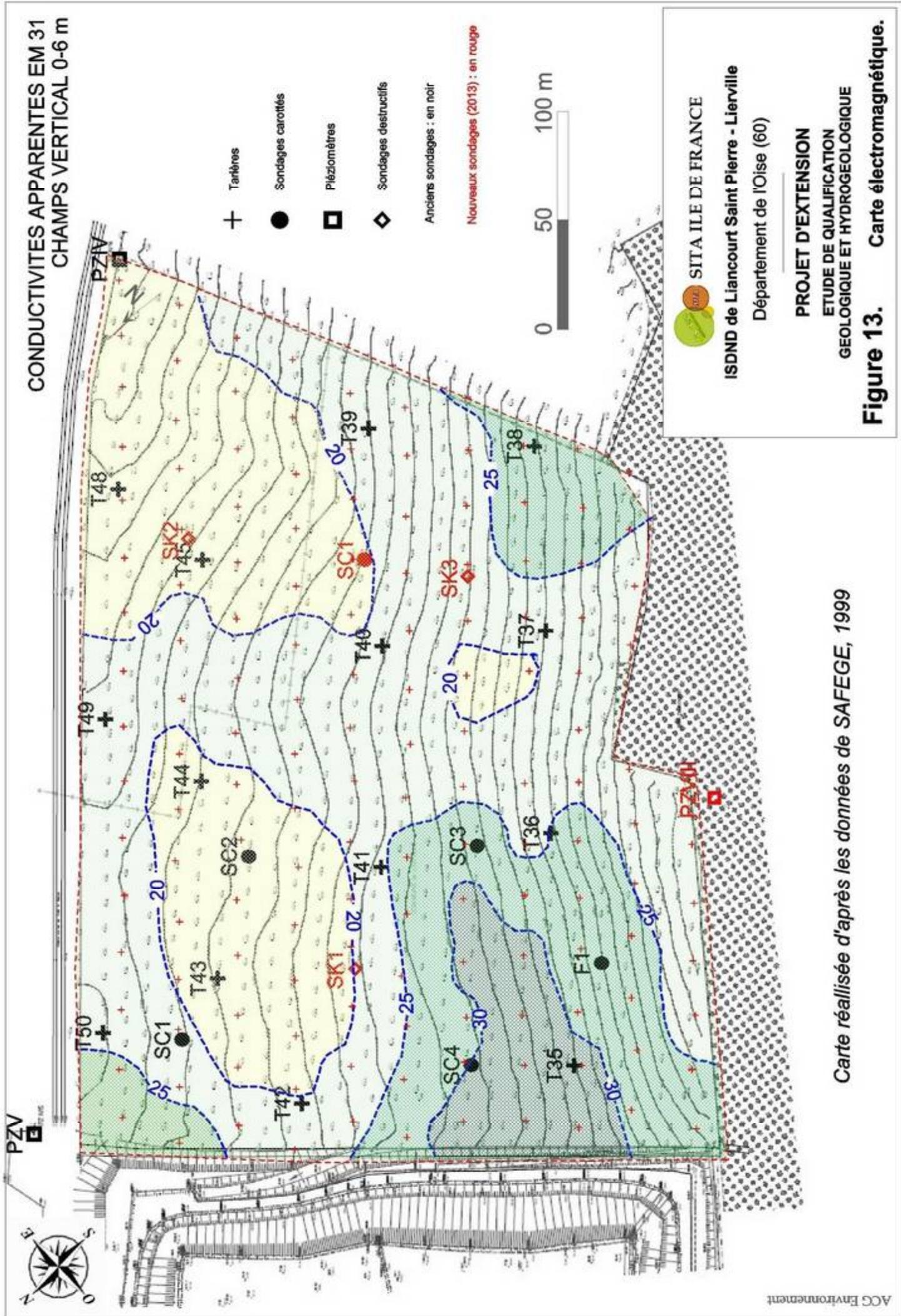
Les terrains calcaires sont très peu conducteurs (< 10 mS/m). Les terrains argileux sont, en revanche très conducteurs (> 50 mS/m). Les horizons marneux ont une conductivité intermédiaire, comme pour celle des sables selon leur teneur en argile.

La carte présentée en [figure 13](#) est reprise de la carte de l'époque (elle a été remise sur le fond de plan actuel et colorée pour une meilleure lisibilité). Les nouveaux sondages réalisés en 2013 ont été ajoutés en rouge (voir paragraphe 3.3.1 en pages suivantes).

Les valeurs s'échelonnent de 9 mS/m à l'extrême Est du site (PZIV) à 38 mS/m à l'ouest pour une moyenne entre 20 et 25 mS/m sur les $\frac{3}{4}$ du site : ces valeurs ont une faible étendue et restent faibles dans l'ensemble. Ils témoignent d'une faible teneur en argile sur la tranche investiguée.

L'interprétation est la suivante :

- La conductivité moyenne enregistrée (20 à 25 mS/m) correspond à un recouvrement limoneux et sableux de 2 à 4 m sur les Marnes et Caillasses ;
- La zone légèrement plus conductrice à l'ouest (en vert foncé, > 30 mS/m) correspond à la présence, en surface, de sable argileux au sommet (SC4, F1) ; cette zone est d'ailleurs difficilement praticable par temps de pluie (glissante et retient l'eau) ;
- Les 2 zones les plus résistantes (en jaune) correspondent, pour la partie nord, au sub-affleurement de marnes à faciès calcaire (SC2), et, pour la partie Est, à une forte épaisseur de sable bartonien (SK2, SC1) ;
- La carte ne met en évidence d'accident cassant de type faille ou de variations rapide de conductivités révélatrices de zones d'hétérogénéité.



Carte réalisée d'après les données de SAFEGE, 1999

3.3 Contexte géologique

3.3.1 Nouveaux sondages réalisés en 2013

5 nouveaux sondages (Cf. [figure 14](#) et [tableau 6](#) ci-dessous) ont été réalisés au droit de la future zone d'extension par Technosol en octobre 2013 (et voir détail en [annexe 4](#)) :

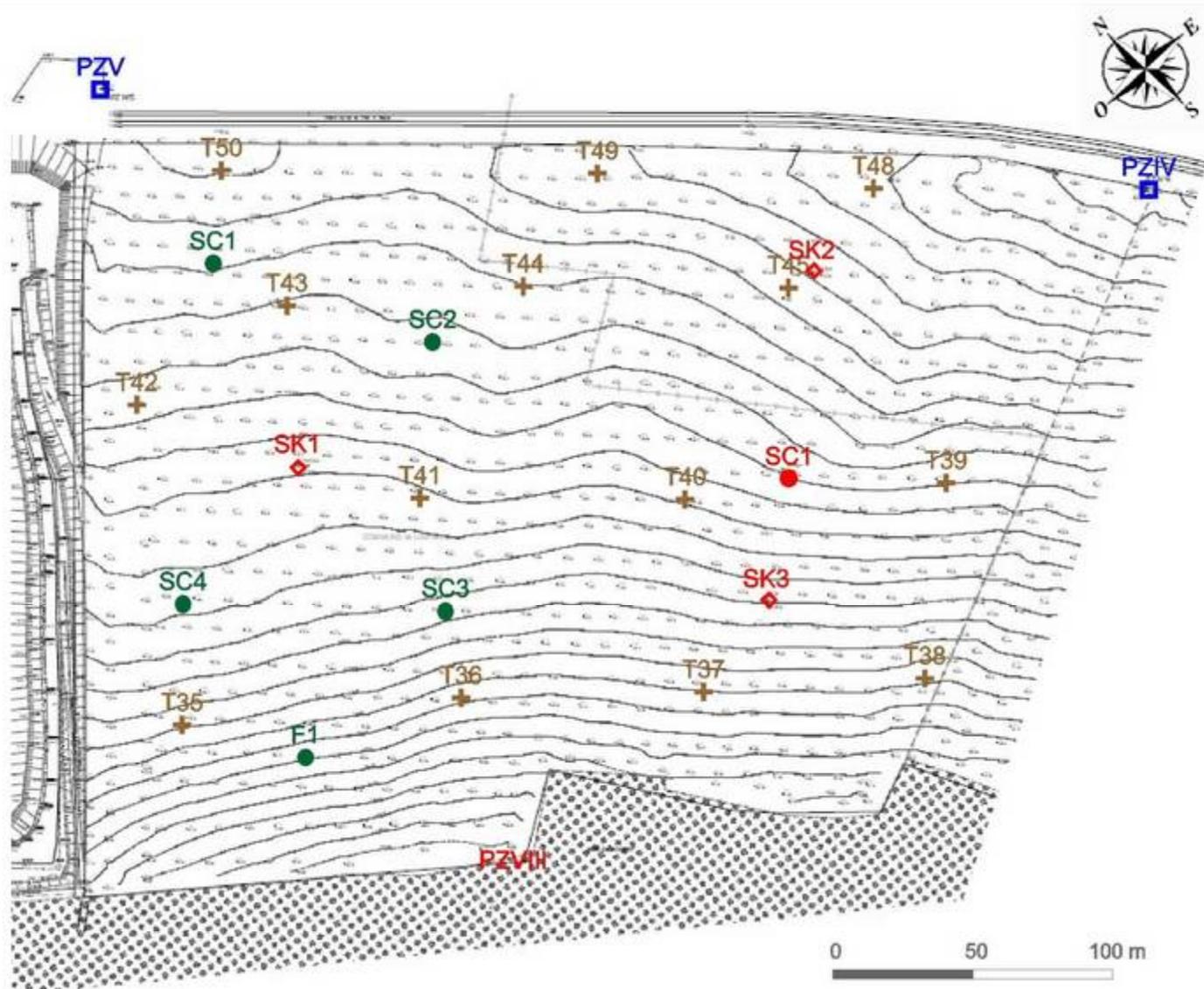
- SK1 a été implanté au centre de la zone investiguée en 1999 correspondant à la moitié Ouest de l'extension projetée. L'objectif est de caler les données antérieures, notamment la gamme de perméabilité des formations par la réalisation de nouveaux essais selon les normes actuelles ;
- SC1 est centré sur la moitié Est de la zone d'extension afin de définir la géologie précise dans cette zone moins bien connue ;
- SK2 et SK3 ont été implantés sur la zone Est afin d'affiner la connaissance géologique et d'acquérir la perméabilité des matériaux en place sur cette zone ;
- PZVIII a été réalisé entre PZII et PZ III afin de compléter le réseau de contrôle piézométrique.

Nom	N° BSS	Nature ouvrage	Coordonnées (Lambert I)			Prof. (m)	Niveau atteint	Indication eau			Etat
			X	Y	Z (m NGF)			prof. (m)	cote (m NGF)	Date	
SC1	attente n°	Carotté	569372,4	167695,3	114,96	20	Calcaire du Lutétien	pas de venues d'eau			rebouché
PZVIII	attente n°	Piézomètre	569191,1	167622,9	125,21	45	Sable Cuisien	39,55	85,66	oct-13	En service
SK1	attente n°	Destructif pour essais K	569277,2	167809,1	115,85	16	Calcaire du Lutétien	pas de venues d'eau			rebouché
SK2	attente n°	Destructif pour essais K	569427	167749,1	112,4	12	Calcaire du Lutétien	pas de venues d'eau			rebouché
SK3	attente n°	Destructif pour essais K	569337,1	167659,2	117,45	15	Calcaire du Lutétien	pas de venues d'eau			rebouché

Tableau 6. Nouveaux sondages.

Les 5 nouveaux sondages ont été diagraphiés. La diagraphie gamma-ray détecte et enregistre la radioactivité naturelle (rayonnement gamma) des roches en place. Les te structural corrélables à des interfaces lithologiques. Les argiles présentent, en effet, un rayonnement beaucoup plus élevé que celui des calcaires ou des sables.

Avec les sondages hérités des précédentes investigations, nous avons un ratio de 1,2 sondages par ha au droit de la zone d'extension (7 anciens sondages + 5 nouveaux sondages pour 20 ha). Si l'on prend uniquement les sondages pour essais de perméabilité in situ, nous avons un ratio de 0,7 sondages par hectares.



SONDAGES EXISTANTS

- + Sondages à la tarière (BRGM, 2000)
- Piézomètres
- Sondages carottés (Pontignac, 2000)
avec essais *K in situ* (NF P 94-132)

NOUVEAUX SONDAGES

- Sondage carotté (Technosol, 2013)
- Piézomètre (Technosol, 2013)
- ◆ Sondages destructifs (Technosol, 2013)
avec essais *K in situ* (NF X 30-423)



SITA ILE DE FRANCE

ISDND de Liancourt Saint Pierre - Lierville

Département de l'Oise (60)

PROJET D'EXTENSION

ETUDE DE QUALIFICATION
GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Figure 14. Sondages géologiques.

3.3.2 Données lithologiques

L'analyse du contexte régional ([chapitre 2.2, page 19](#) et suivantes) a permis de définir les grands ensembles lithologiques :

- Les points hauts sont recouverts par les sables de Beauchamp (Bartoniens) ;
- Sur les plateaux, on retrouve les Marnes et Caillasses du Lutétien, formation Marno-calcaire non aquifère qui confine les horizons aquifères inférieurs ;
- Sous les Marnes, les calcaires et sables Calcaires du Lutétiens puis les Sables de Cuise qui contiennent la nappe de l'Eocène.

Sur la zone d'extension projetée, on distingue 2 zones :

- La partie Nord, Ouest et Sud (3/4) où les Marnes et Caillasses sont à faible profondeur (sondages carottés SC1, SC2, SC4 de 1999 et F1, voir [figure 15](#) log du sondage SC2) ;
- Le quart Est où les marnes ont été partiellement érodées au profit d'un paléochenal et remplacées par les Sables du Bartoniens (SC3, 1999 et SC1, 2013 voir [figure 16](#) log du sondage SC1).

Les sondages carottés de 1999 (SC1 à SC4) ont de nouveau été levés et recalés, pour les horizons sableux de surface, en fonction des données nouvelles acquises sur les sables bartoniens (SC1 2013). La description des faciès a été réalisée par 2 géologues : Boris BRETAUDEAU, d'ACG Environnement et de Bernard MOUTHIER, Géologue consultants à la retraite, qui a une connaissance approfondie des faciès lithologiques de la région parisienne.

Le passage des Sables de Beauchamp aux Marnes et Caillasses est très net (sables à marnes).

Le passage des Marnes et Caillasses aux calcaires du Lutétien se fait par l'intermédiaire d'un niveau repère : le Banc Vert (argile ou marnes vertes remarquables).

Les sondages de 2013 ont été diagraphiés par diagraphies gamma-ray afin de réaliser des corrélations entre les sondages destructifs (SK1 à SK3 et PZVIII) avec le sondage carotté SC1.

Les données sont détaillées dans les annexes 3 et 4. Les données pertinentes sont reprises dans le [tableau 7](#) en [page 52](#).

3.3.2.1 Les Limons quaternaires

L'épaisseur des limons est métrique. On la retrouve sur l'ensemble des sondages. Dans le sondage carotté SC1 (2013), les limons sont sableux marron à graviers, dont la base est indurée (1,0 à 0,8 m). La terre cultivée sur 0,45 m est limoneuse et sableuse à petits graviers.

3.3.2.2 Les formations sableuses Eocène (e2a2 à e2b2)

On regroupe dans les formations sableuses, tous les horizons au-dessus des Marnes et Caillasses.

Sous les limons, Sur SC1, elles ont une puissance de 11,6 m et s'organisent en 4 séquences de dépôts.

Au-delà de la description lithologique nous avons essayé de dater les différentes séquences en se basant sur la notice de la carte géologique.

3.3.2.2.1 Les sables Marinésiens (e2b2)

Sur SC1 (2013), au sommet des sables de Beauchamp, dans l'unité sableuse de subsurface, on observe la présence de galets, de blocs et de graviers de grès versicolores (à 3,1 m). Sur la carte géologique, le Bois Bochet, au sud immédiat du site, présente un dépôt récent de galets remaniés (Re6b). *On est en droit de penser que ces galets interstratifiés dans ces sables, appartiennent aux cailloutis de La Villetertre (voir notice, p.23). Dans ce cas, la dernière unité sableuse, la plus récente, formée de sable rouge fin à moyen (3,1 et 1,0 m) correspond aux sables de Cresnes du Marinésien supérieur (e6b2).*

Au-dessus de ce niveau de galets, on retrouve un sable rouge (1 à 3,1 m sur SC1), sable qui prend un caractère légèrement argileux sur SC3 (1 à 3,55 m).

3.3.2.2.2 Les sables Bartoniens (e2a2, Sables de Beauchamp)

Ils ont été recoupés sur près de 9,5 m sur SC1 (2013).

Cet étage géologique est représenté par une épaisse formation sableuse (3,1 à 12,6 m) : les Sables d'Auvers et les Sables de Beauchamp appartenant à la série marine sableuse (e6a2) de l'Auversien.

L'unité sommitale de 2,7 m d'épaisseur (3,1 à 5,8 m) est un sable fin quartzueux roux et blanc apparemment homogène sur toute son épaisseur, correspondant à « un milieu de dépôt calme », selon la notice géologique, p.20.

L'unité centrale de 3,4 m d'épaisseur est également sableuse (6,2 à 9,6 m), représentée par un sable fin quartzueux ocre, homogène, rubané plus ou moins ferrugineux, avec en interstratifications (à 8,5 et 8,8 m) deux petits bancs de grès marron. Le sommet est représenté par une argile brun-clair de 10 cm d'épaisseur.

L'unité de base de 3 m d'épaisseur (9,6 à 12,6 m) est constituée de sables fins quartzueux ocre-jaune avec des lits minces centimétriques interstratifiés d'argile versicolore et de calcaire blanc induré poreux (silicifiés ?) riches en microsphérules. Le sommet de cette unité est une autre zone de transition observée sur 0,4 m (de 9,6 m à 10 m), d'argiles plastiques marron surmontant une couche hétérogène sablo-argileuse vert sombre riche en graviers blancs, faisant penser à un paléosol.

La description de ces 3 unités, comparée aux données du puits de Hadancourt-Le-Haut-Clocher (notice p. 20), permet d'attribuer l'unité sommitale à celle des Sables de Beauchamp et celle centrale à celle des Sables d'Auvers : « sables quartzueux jaunâtres, irrégulièrement consolidés en grès grossiers (grès de plage) ». L'unité de base pourrait correspondre à l'horizon à Meretrix, « souvent à l'état de falun sableux », épais de 2 m dans le puits d'Hadancourt. Selon la notice (p.19) : « Ce niveau marin, qui existe à la base de l'Auversien sur l'ensemble de la carte, appartient à la base transgressive des sables d'Auvers ».

3.3.2.3 Les Marnes et Caillasses

Elles ont été décrites en 1999 sur les sondages carottés SC1 à SC4. Elles se divisent en 2 parties.

La moitié supérieure de cette formation est représentée par une alternance de bancs décimétriques développés sur une épaisseur moyenne de 6 m (3,2 à 7,85 m), constitués :

- D'argiles blanc crème ou de marnes ;
- De calcaire blanc fin, très dur, massif, sublithographique en plaquettes ou petits bancs, à microfossiles ;
- De calcaire marneux et gréseux grossier vacuolaire en petits niveaux centimétriques.

Au sommet de SC1 (1999), un gros banc calcaire fossilifère qui peut correspondre au calcaire à Potamides, traduit un retour au faciès marin.

Le sommet du Lutétien présente fréquemment une silicification des bancs de calcaire.

La moitié inférieure de la série des Marnes et Caillasses est une série marine argilo-marno-calcaire de 6 m d'épaisseur environ, organisée en plusieurs séquences de 1 à 2 m d'épaisseur, composées chacune de 3 ou 4 termes, de haut en bas :

- Argiles blanches, parfois grises ou vertes ;
- Marne massive, blanc, crème, jaune, passant progressivement à des calcaires marneux massifs, parois bioturbés ;
- Calcaire lité sublithographique à microfossiles ;
- Calcaire sableux moyen à grossier parfois fossilifère, à coquilles de gastéropodes (cérithes) ou de lammellibranches.

Globalement, la série se présente comme une alternance de niveaux argilo-marneux lagunaires continus et de bancs de calcaire lité ou fossilifère de dépôts franchement marins.

3.3.2.4 Le Calcaire Grossier du Lutétien

Il a été touché sur 2,4 à 7,4 m sur les 5 sondages carottés (SC1 à SC4 de 1999 et SC1 de 2013).

Le calcaire grossier du Lutétien moyen est une formation calcaire à grain plus ou moins grossier blanc-crème, légèrement sableux (5 %) correspondant à des dépôts marins coquilliers littoraux. Il est riche en petits débris de coquilles et en Miliolites. Il se développe en bancs durs de plusieurs décimètres d'épaisseur, passant progressivement à des calcaires de plus en plus sableux au sommet de la formation (SC1 2013 de 19,1 m à 13,8 m).

Ce calcaire, généralement massif (SC3) peut parfois être poreux (SC1 1999, SC2) selon les conditions de diagenèse et d'altérations postérieures qui peuvent avoir dissous une partie des éléments de ce calcaire.

Le calcaire du Lutétien moyen est également caractérisé par la présence d'une coquille de Lucine (lammellibranche de grande taille) observé dans un interlit sableux (SC1 2013, 18,6 m).

Au-dessus de ce joint (16,7 à 18,3 m), le calcaire sableux présente une coloration diffuse de couleur rouille, correspondant à des imprégnations ferrugineuses en liaison avec l'altération des derniers mètres du calcaire (13,8 à 16,7 m) qui se traduit par une texture pulvérulente.

Le sommet des calcaires sur SC1 est une zone de transition (12,6 à 13,8 m) très hétérogène, comprenant plusieurs faciès détritiques d'épaisseur décimétrique : sable argileux marron, argile plastique vert et marron (quelques centimètres), sable calcaire blanc, bloc de calcaire silicifié, graviers de silex noirs. La diversité de ces faciès, son hétérogénéité et la présence de graviers pourrait faire penser à un paléosol au toit du calcaire altéré.

Un banc de 0,4 m d'épaisseur (12,6 à 13 m), est un calcaire en plaquettes tendre, poreux, riche en microsphérules disséminées dans une matrice homogène (oogones de chara). Ce calcaire pourrait correspondre au calcaire à Charophytes de Montagny-en-Vexin inférieur, unique représentant de la série laguno-lacustre calcaire (e6a1) de l'Auverisien (voir notice géologique, carte de Méru, p.19).

Le toit de la formation varie de 106,3 à 100,5 m NGF du SW au NNE (respectivement sur PZVIII et PZ V) soit un pendage léger de 1,8 %. La cote moyenne du toit est à 104 m NGF.

Sondage	TN	TV/Limons Epaisseur (m)	Sables Bartonien		Marnes et Caillasses			Calcaire lutétien	
			cote du toit (m NGF)	Epaisseur (m)	prof du toit (m)	cote du toit (m NGF)	Epaisseur (m)	prof du toit (m)	cote du toit (m NGF)
SC1	113,88	1,2	absents	0,0	1,2	112,7	10,2	11,4	102,5
SC2	114,62	1,3	absents	0,0	1,3	113,3	10,1	11,4	103,3
SC3	118,15	0,8	117,4	7,0	7,8	110,4	5,8	13,6	104,6
SC4	116,95	0,8	116,2	1,2	2,0	115,0	9,9	11,9	105,1
F1	120,5	0,6	119,9	1,7	2,3	118,2	12,4	14,7	105,8
PZIV	110,12	2,3	absents	0,0	2,3	107,8	5,1	7,4	102,7
PZV	112,46	2,1	absents	0,0	2,1	110,4	9,9	12,0	100,5
SK1	115,85	1	absents	0,0	1,0	114,9	10,8	11,8	104,1
SK2	112,4	1	111,4	4,9	5,9	106,5	3,8	9,7	102,7
SK3	117,45	1,2	116,3	3,6	4,8	112,7	9,0	13,8	103,7
PZVIII	125,21	1,2	124,0	7,5	8,7	116,6	10,3	18,9	106,3
SC1	114,96	1	114,0	11,6	absentes		0,0	12,6	102,4

Tableau 7. Données lithologiques des sondages.



152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tel : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

LIANCOURT-SAINTE-PIERRE (60)
Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"
FRANCE DECHETS
Extension du Centre d'Enfouissement Technique

Annexe 1

SC2

30/09/99

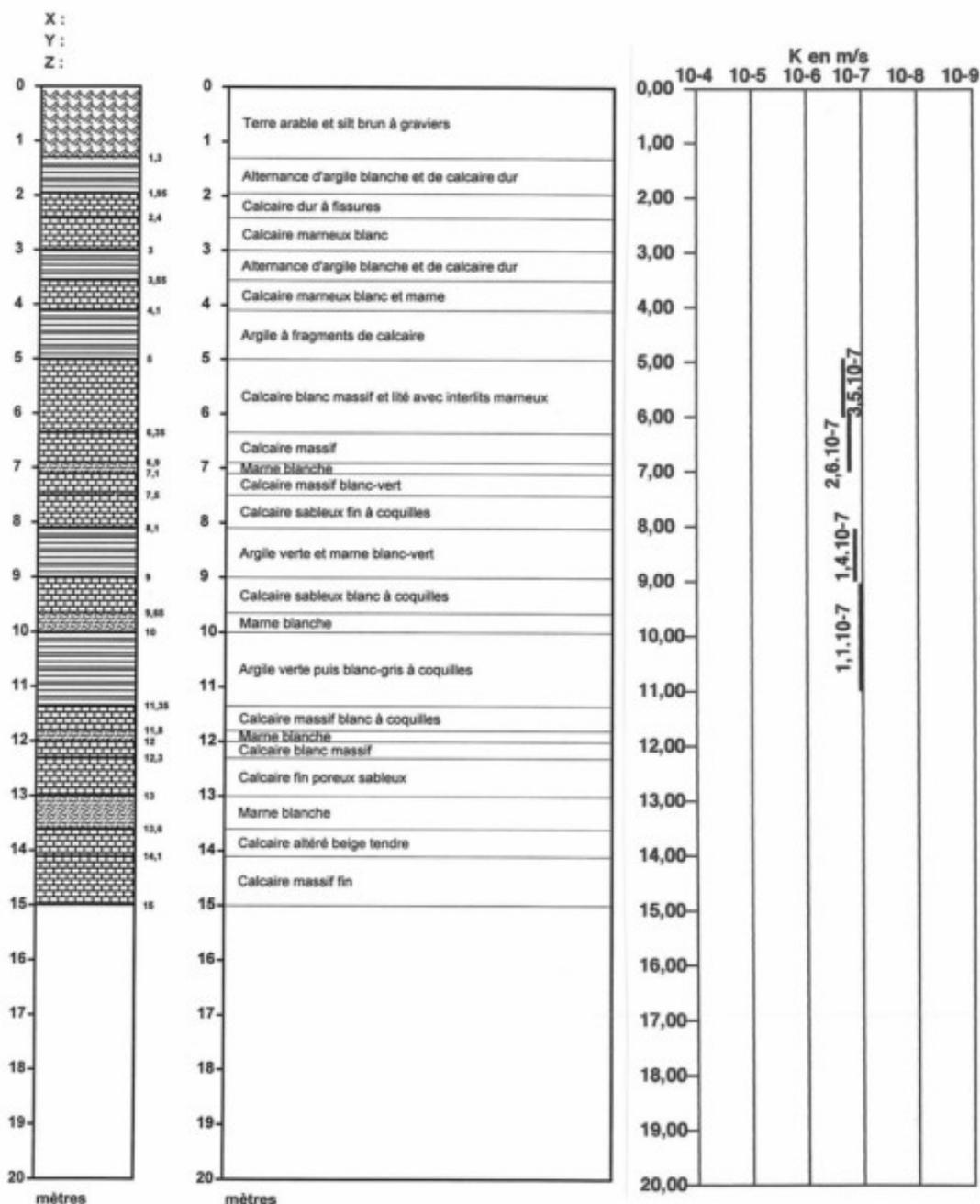
SONDAGE GEOLOGIQUE SC2

Figure 15. Log géologique du sondage SC2 (zone Ouest).

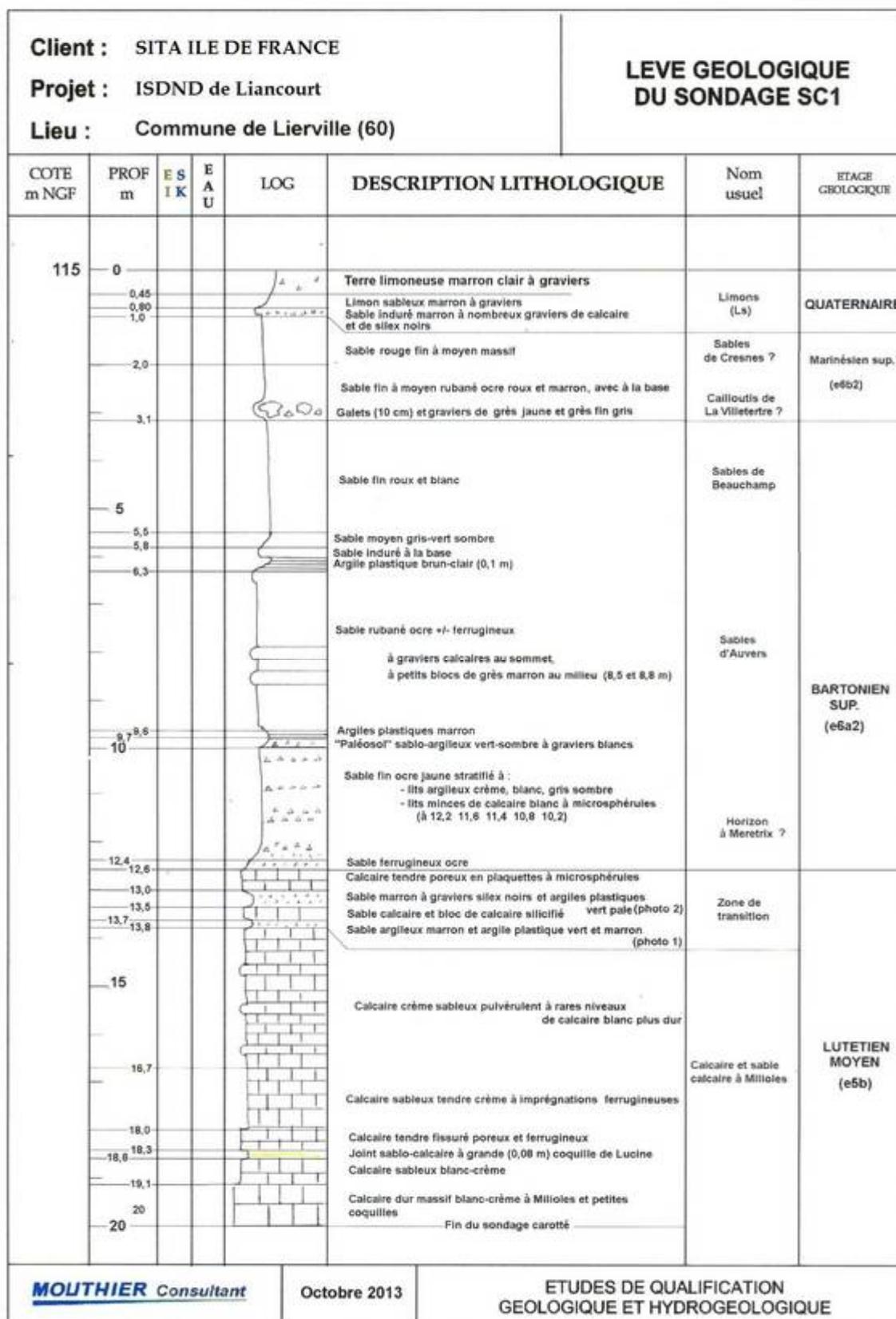


Figure 16. Log géologique du sondage SC1 (Zone Est).

3.3.3 Illustrations : cartes et coupes géologiques du site

La synthèse des investigations géologiques (description des carottes, corrélations diagraphiques et analyse séquentielle) a permis de réaliser des figures illustrant le contexte du site en plan et en coupe :

- La carte géologique du toit des calcaires du Lutétien qui sert de base à la définition de la barrière passive du projet (figure 17) ;
- La carte du toit des Marnes et Caillasses qui permet de mettre en évidence le paléo-chenal bartonien (figure 18) ;
- La carte des épaisseurs des horizons de couverture au-dessus des Marnes et Caillasses (figure 19) ;
- 3 coupes géologiques (longitudinale et transversales au projet, figure 20).

3.3.3.1 Carte du toit du Lutétien

La carte du toit des Calcaires du Lutétien met en évidence un très léger pendage vers le nord de moins de 1,8 % (quasiment plat, passant de 107 m NGF à 101 m NGF).

Ce pendage est opposé au pendage général des couches selon l'analyse régionale puisque les formations plongent normalement vers le Sud en direction de l'axe du synclinal de la Viosne.

Localement, le calcaire est donc penté en direction de l'axe d'une flexure qui passe au centre du vallon au Nord immédiat du site (au droit de la voie ferrée, voir carte Figure 12, page 38) : il existe donc une petite ondulation du toit du Lutétien dans ce secteur.

La légère invagination de l'isohypse 103 m NGF révèle l'érosion du toit de la formation par le paléo-chenal bartonien (voir plus loin).

Cette carte représente le toit de l'aquifère de l'Eocène moyen qui porte la nappe d'eau souterraine. La cote moyenne peut être prise à 104 m NGF.

3.3.3.2 Esquisse du toit des Marnes et Caillasses

L'esquisse du toit des Marnes et Caillasses montre un axe d'érosion orienté d'Ouest vers l'Est : il s'agit d'une paléo-vallée bartonienne qui occupe le ¼ Est du projet d'extension.

L'axe de la dépression est penté de 3,8 % et les flancs les plus abrupts sont à 4,7 %. Ces pentes restent relativement faibles. La dépression n'est pas, a priori, d'origine tectonique mais est en relation avec la flexure qui s'est créée au nord et a donc favorisé l'érosion du Lutétien par la mer bartonienne.

En dehors de cet axe, le toit des Marnes et Caillasses est penté de 3 % vers le nord en concordance avec l'esquisse du toit des Calcaires du Lutétien.

3.3.3.3 Carte d'épaisseur des horizons de couverture

Cette esquisse grossière est à prendre comme ordre de grandeur car il n'y a pas assez de points de mesures pour représenter l'allure exacte des épaisseurs de couverture au-

dessus des Marnes (elle ne prend pas en compte les variations de l'altitude du terrain naturel en dehors des points de sondage).

Les sables du Bartonien ont une épaisseur importante dans l'axe de la paléo-vallée bartonienne où les sables l'ont comblée. Elle est supérieure à 7 m sur SC3 et atteint plus de 12 m sur SC1). En dehors, l'épaisseur de la couverture reste faible (4 m en tête du site, moins de 2 m en aval).

3.3.3.4 Coupes géologiques du site

3 coupes géologiques (1 longitudinale et 2 transversales au projet) ont été tracées afin d'illustrer, dans un plan, les différentes interfaces lithologiques. L'échelle des hauteurs a été exagérée pour plus de lisibilité.

Les coupes présentent 4 ensembles principaux (de bas en haut) :

- A la base, le Calcaire du Lutétien qui forme le toit de l'aquifère éocène ;
- Au cœur, les Marnes et Caillasses ;
- Au sommet les formations sableuses bartoniennes.

Malgré l'exagération verticale, on voit très nettement la platitude du toit des Calcaires du Lutétien et l'absence de discontinuité structurale (faille) ayant affecté le substratum calcaire.

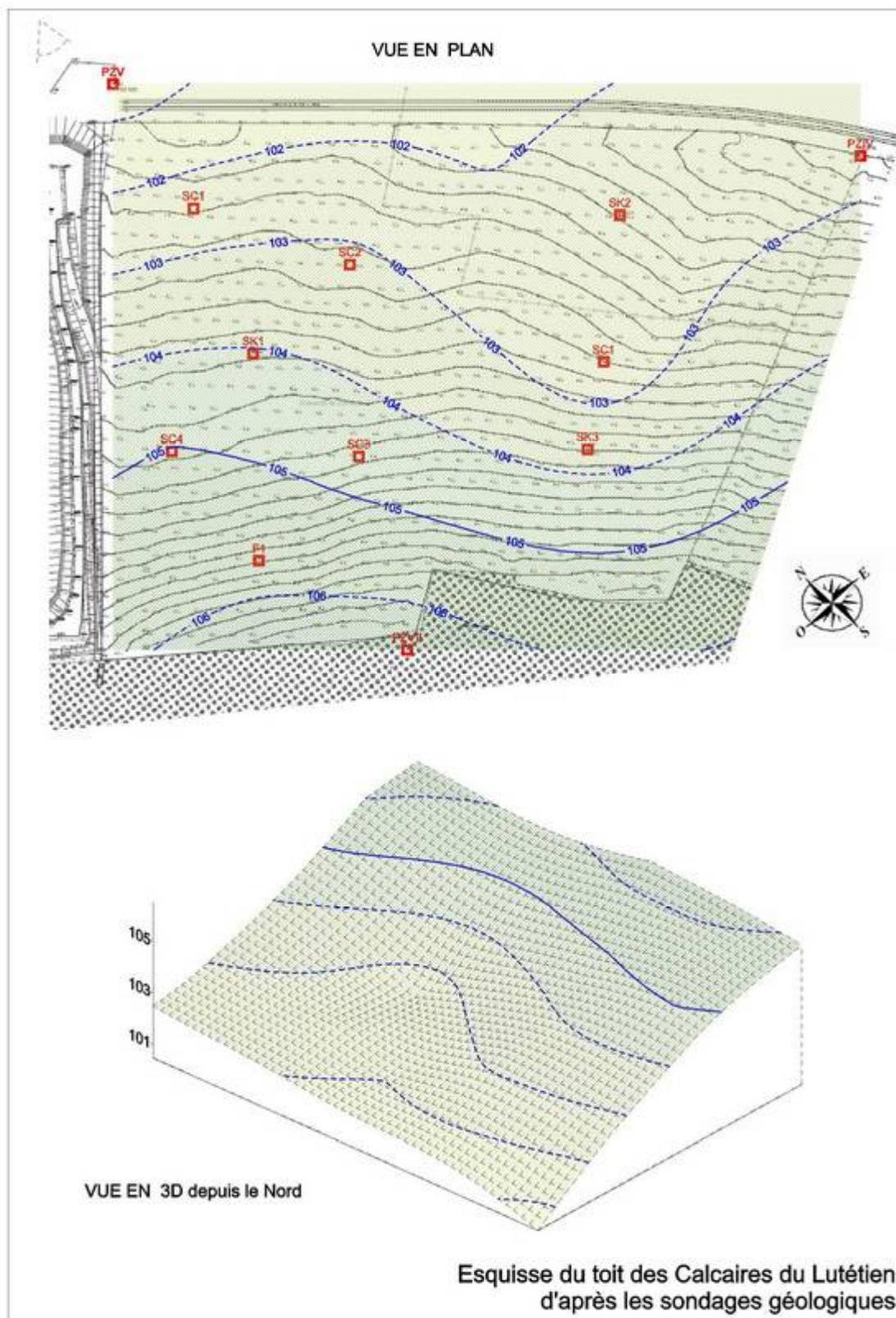


Figure 17. Carte du toit des Calcaires du Lutétien.

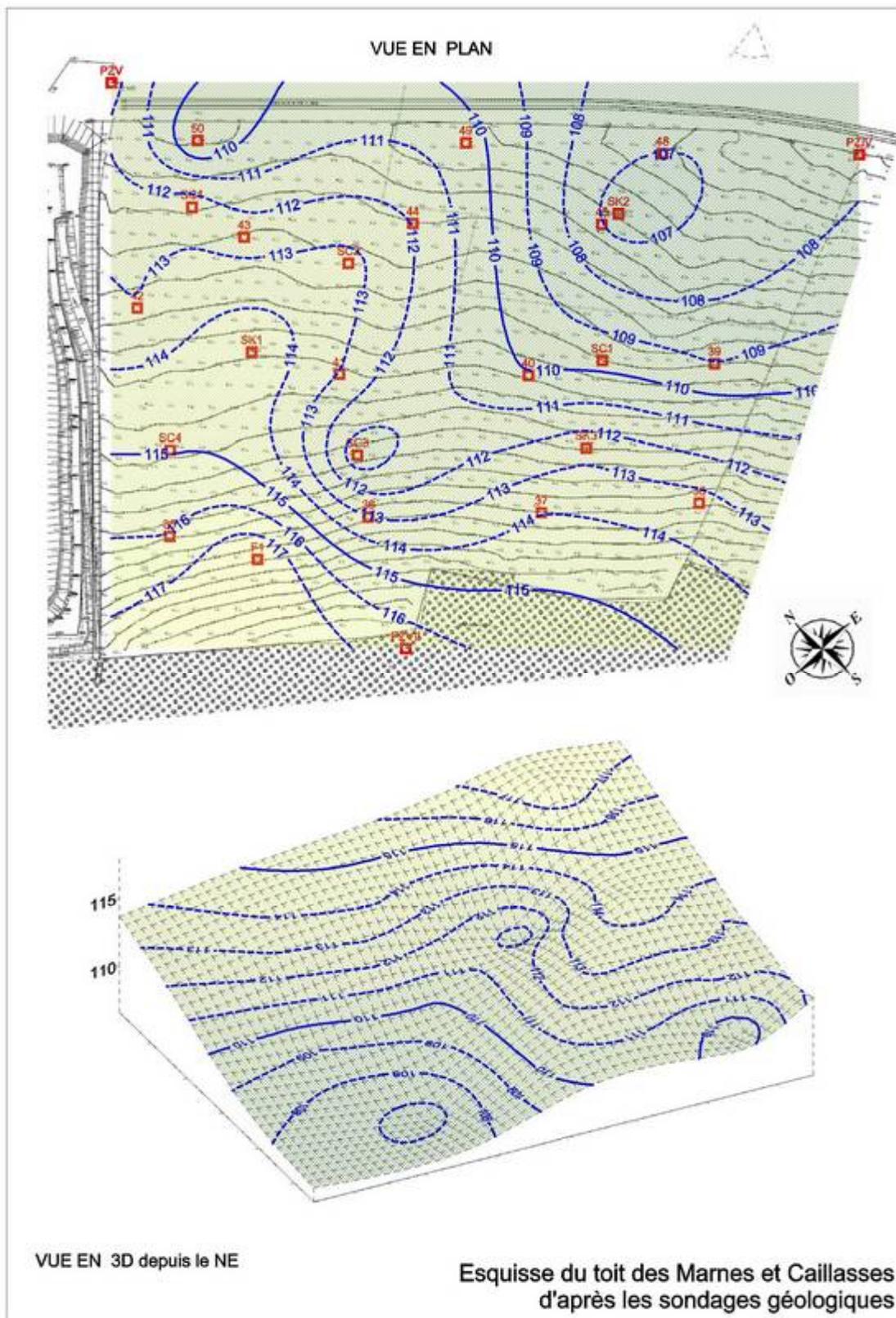


Figure 18. Carte du toit des Marnes et Caillasses.

Epaisseur des matériaux de couverture (au dessus du Lutétien)

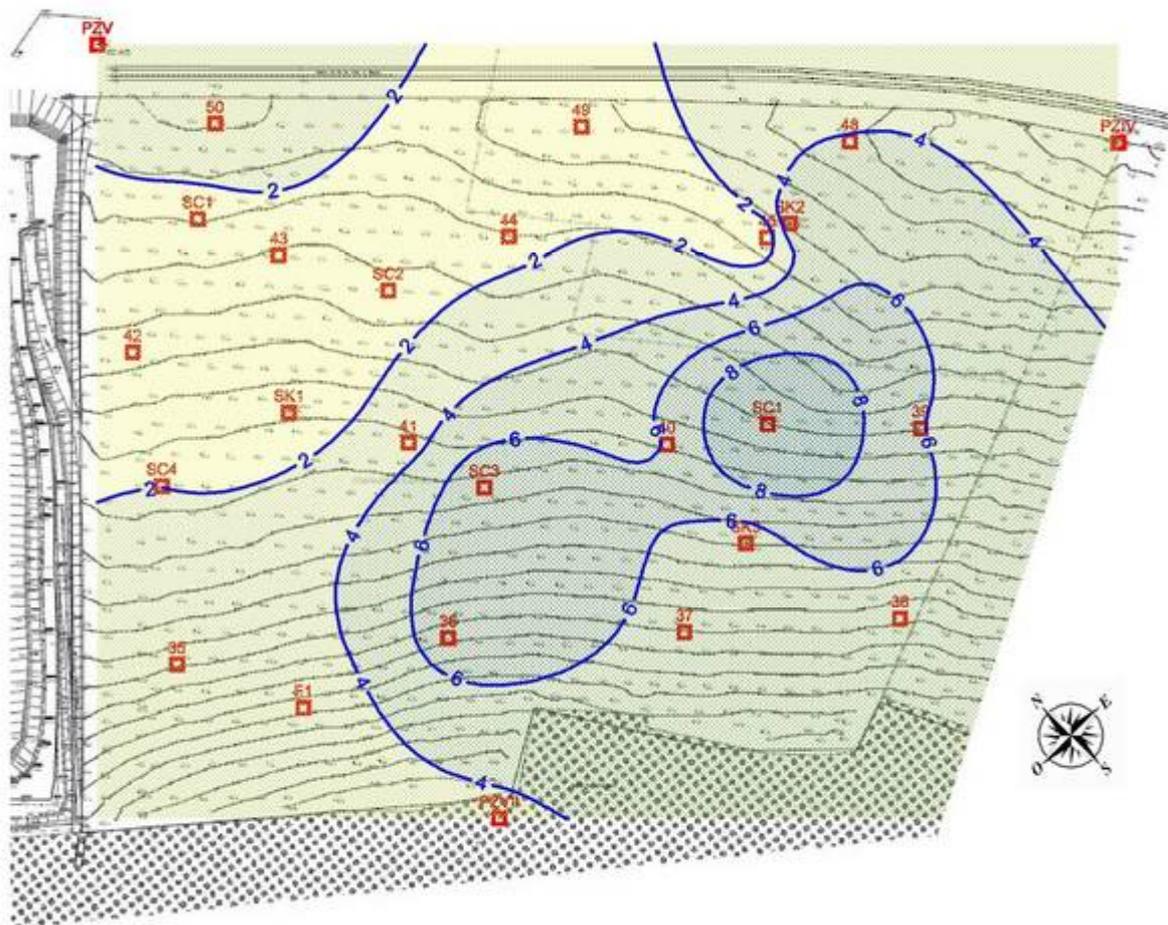
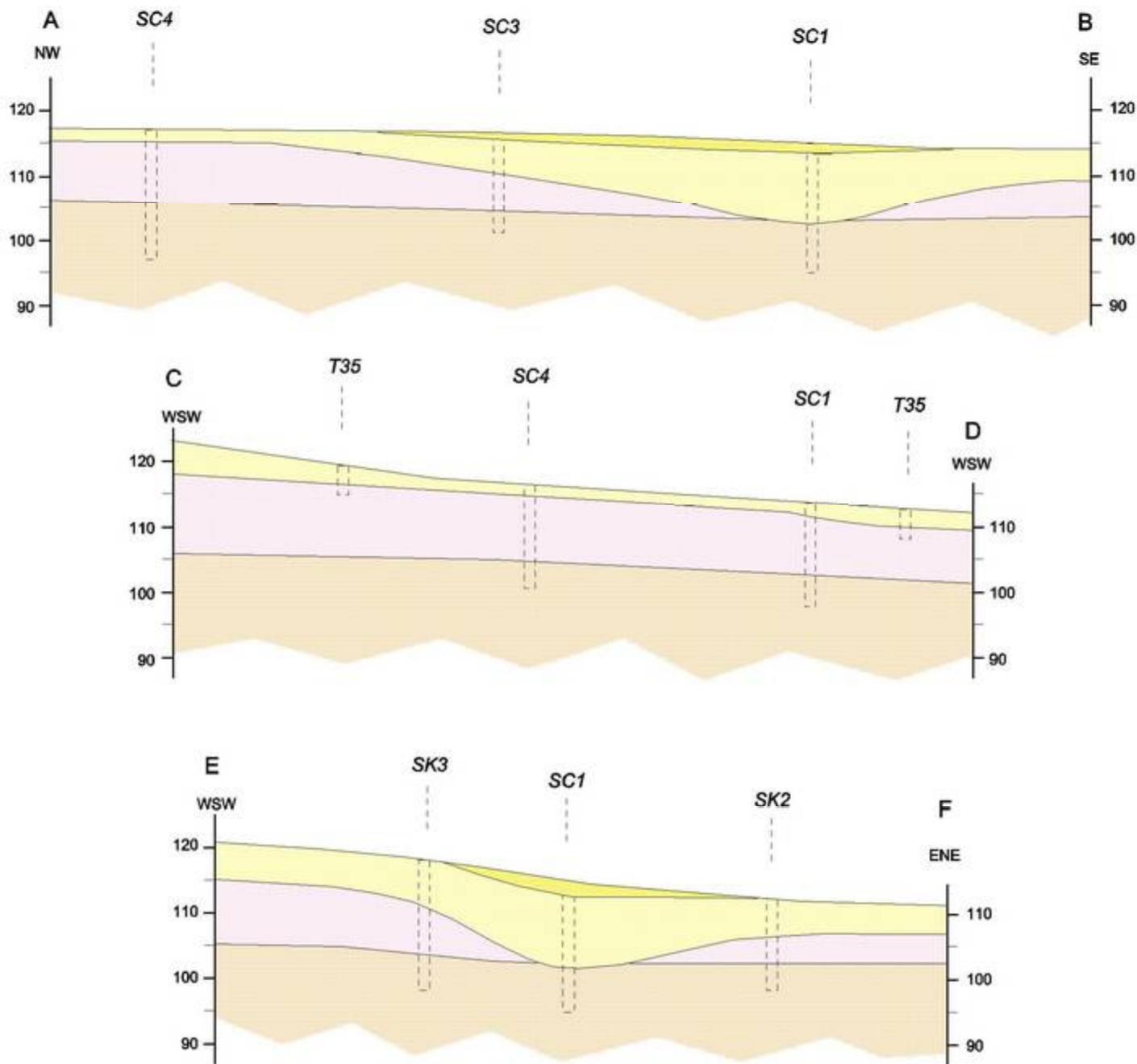
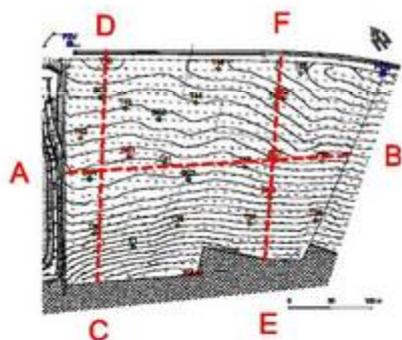
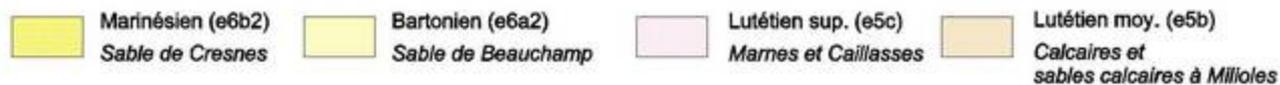


Figure 19. Epaisseur des matériaux de couverture (m).



0 50 100 m




SITA ILE DE FRANCE
ISDND de Liancourt Saint Pierre - Lierville
 Département de l'Oise (60)
PROJET D'EXTENSION
ETUDE DE QUALIFICATION
GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE
Figure 20. Coupes géologiques du site.

3.4 Perméabilité de la barrière passive

3.4.1 Objectif

L'objectif des essais de perméabilité en sondage dans les couches participant à la barrière dite de « sécurité passive », vise à satisfaire la prescription réglementaire définie par l'article 10 de l'arrêté ministériel modifié (5 m à $k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s et 1 m à $k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s).

Les normes d'essais ont évoluées récemment et les « anciens » essais ne sont généralement plus recevables en termes de quantification du degré d'imperméabilité s'il est inférieur à 10^{-6} m/s.

En effet, compte-tenu des faibles perméabilités qui caractérisent les matériaux peu à très peu perméables comme les argiles ou les sables fins argileux ($k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s), seuls les essais in situ adaptés aux gammes de mesures inférieures à $1 \cdot 10^{-6}$ m/s qui suivent les normes de l'AFNOR NF X 30-423 ou NF X 30-424 de mise en œuvre, doivent être pris en compte pour la quantification du degré d'imperméabilité.

Les essais de type Lefranc ou Nasberg (NF P 94-132) qui étaient utilisés jadis, sont recevables aujourd'hui pour des perméabilités comprises entre 10^{-4} et 10^{-6} m/s. Ils ne s'appliquent plus aux formations peu perméables dont les coefficients sont inférieurs à 10^{-6} m/s.

3.4.2 Données antérieures

2 campagnes de mesures ont été réalisées lors des précédents dossiers :

- En 1994, le BRGM a réalisé 7 essais de perméabilité au double anneau sur les matériaux de surface (sables et limons) sur sol en place et sur sol compacté afin de déterminer l'usage possible des horizons de couverture (étude PIC 89/23, norme NF X 30-418) ;
- En 1999, Pontignac a réalisé 42 essais de perméabilité en forage selon la norme NF P 94-132 (essais Lefranc) et Etudesol a réalisé 7 essais au laboratoire sur échantillon intact ;

3.4.3 Nouveaux essais de perméabilité au droit de la zone d'extension

3.4.3.1 Investigation menée

En octobre 2013, Technosol a réalisé :

- 15 essais de perméabilité répartis dans 3 sondages pour essais de perméabilité in situ au droit de la zone d'extension pour les cotes de la barrière passive selon la norme NFX 30-423 (voir localisation [figure 14](#), page 48) :
 - SK1 au centre la moitié ouest du site investigué en 1999 ;
 - SK2 et SK3 sur la moitié Est du site non investigué en 1999.

- 2 essais Lefranc en profondeur dans PZ VIII au-dessus de la nappe afin d'appréhender les perméabilités en dessous de la barrière passive du site (selon la norme NF P 94-132) ;
- Des essais de perméabilité au laboratoire sur échantillon intact et sur sables foisonnés traités à la bentonite afin de connaître les caractéristiques optimales avec ajout de bentonite en vue d'une éventuelle réutilisation en fond de site (reconstitution de la barrière passive).

Les essais ont été réalisés dans la règle de l'art (temps de saturations suffisants, diamètres d'équipements conformes et temps de mesure adapté). Les essais sont détaillés en [annexe 4](#).

3.4.3.2 Résultat des essais de perméabilité

L'ensemble des résultats est consigné :

- dans le [tableau 8](#) pour les essais historiques ;
- dans le [tableau 9](#) pour les essais réalisés en 2013 selon les normes actuelles ;
- dans le [tableau 10](#) en synthèse de la globalité.

Les essais Lefranc (norme NF P 94-132), ne sont recevables que pour une perméabilité supérieure à 1.10^{-6} m/s. Les valeurs inférieures sont notées pour mémoire dans les différents tableaux.

Pour les essais réalisés en 2013 selon la norme NF X 30-423, 4 essais n'ont pu être interprétés car le niveau ne se stabilisait pas et la perte de charge était trop rapide pour mesurer avec précision la vitesse de décroissance de l'eau dans la cellule de mesure.

Pour la seule zone d'extension et pour les essais réalisés en 2013 (norme actuelle) :

- la perméabilité des Marnes et Caillasses varie de 5.10^{-5} m/s à $3,9.10^{-8}$ m/s ;
- la perméabilité des Calcaires varie de $4,2.10^{-6}$ à $2,9.10^{-9}$ m/s.

Les perméabilités sont donc très étendues et témoignent de la grande variabilité de la perméabilité en fonction des horizons testés (faciès argileux par passées, calcaire sain, ou zones fissurées...).

La perméabilité en petit des Marnes et Caillasses et des calcaires a été testée au laboratoire (Etudeosl 1999) : les 7 échantillons prélevés et analysés ont des valeurs inférieures à 1.10^{-6} m/s.

Le point important est de noter qu'aucune formation n'a une perméabilité en grand inférieure au seuil réglementaire à 1.10^{-6} m/s aussi bien pour les Marnes et Caillasses que pour le toit des calcaires du Lutétien même si les formations ont une perméabilité ponctuellement plus faible :

- **il faudra renforcer la barrière de sécurité passive du site pour compenser l'absence partielle de la couche à 1.10^{-6} m/s (absente en terme de perméabilité) ;**

- il faudra reconstituer la couche à 1.10^{-9} m/s.

Pour le calcul d'équivalence, c'est la valeur la plus pénalisante qu'il faut prendre en compte afin de se placer en conditions sécuritaires. Ainsi :

- Pour les Marnes et Caillasses, il faut prendre $6.3.10^{-5}$ m/s ;
- Pour les Calcaires, il faut prendre 6.10^{-5} m/s.

		Etage	Norme	Zone	prof		cote		K sol non compacté
					toit	base	toit	base	
BRGM 1994	Kv1	Limons IV	NF X 30-418	Zone projet					<1E-6 m/s
	Kv2	Limons IV	NF X 30-418						9,00E-07
	Kv3	Limons IV	NF X 30-418						7,00E-07
	Kv4	Limons IV	NF X 30-418	Hors site (secteur ouest)					2,00E-06
	Kv5	Limons IV	NF X 30-418						4,00E-07
	Kv6	Limons IV	NF X 30-418						4,30E-07
	Kv7	Limons IV	NF X 30-418						3,50E-07
Pontignac 1999	SC1	Marnes et Caillasses	NF P 94-132	Zone projet	6	7	107,88	106,88	3,40E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		7,5	8,5	106,38	105,38	7,30E-08
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	104,88	103,88	7,30E-08
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10,2	11,2	103,68	102,68	1,80E-07
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		10,8	11,8	103,08	102,08	1,70E-07
	SC2	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		5	6	109,62	108,62	3,50E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		6	7	108,62	107,62	6,00E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		8	9	106,62	105,62	1,40E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	105,62	104,62	1,10E-07
	SC3	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	104,62	103,62	1,10E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		7,5	8,5	110,65	109,65	8,70E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	109,15	108,15	7,30E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	108,15	107,15	2,00E-08
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		11	12	107,15	106,15	3,50E-08
	SC4	Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		14	15	104,15	103,15	1,00E-06
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		8	9	108,95	107,95	6,80E-08
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	106,95	105,95	1,70E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		11	12	105,95	104,95	6,50E-07
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		12,5	13,5	104,45	103,45	3,60E-07
	SC5	Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		13,5	14,5	103,45	102,45	2,10E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	106,07	105,07	1,70E-06
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	105,07	104,07	3,00E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		11	12	104,07	103,07	3,00E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		13	14	102,07	101,07	6,00E-05
	SC6	Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		15	16	100,07	99,07	6,00E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	107,53	106,53	3,00E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	106,53	105,53	6,30E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		11	12	105,53	104,53	2,10E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		12	13	104,53	103,53	1,19E-06
	SC7	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		13	14	103,53	102,53	4,80E-10
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9,5	10,5	106,46	105,46	3,70E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10,5	11,5	105,46	104,46	1,70E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		13,5	14,5	102,46	101,46	1,00E-06
Marnes et Caillasses		NF P 94-132	14,5	15,5	101,46	100,46	1,90E-05		
Etudesol 1999 labo	SC1	Marnes et Caillasses	NF X 30-442	Zone projet	15,5	16,5	100,46	99,46	2,80E-07
		Marnes et Caillasses	NF X 30-442		8,6	8,8	105,28	105,08	1,20E-08
	Marnes et Caillasses	NF X 30-442	11		11,35	102,88	102,53	2,50E-08	
	Marnes et Caillasses	NF X 30-442	10,8		11,2	103,82	103,42	6,50E-08	
	Calcaire du Lutétien	NF X 30-442	11,8		11,85	102,82	102,77	3,10E-07	
SC3	Marnes et Caillasses	NF X 30-442	8,2	8,78	109,95	109,37	1,30E-10		
SC4	Marnes et Caillasses	NF X 30-442	2,2	2,45	114,75	114,5	2,00E-07		
SC7	Marnes et Caillasses	NF X 30-442	Hors site (90 % OPN)	4,25	5,4	111,71	110,56	3,30E-10	

Tableau 8. Essais de perméabilité antérieurs.

Technosol 2013	PZVIII	Calcaire du Lutétien	NF P 94-132	Zone projet	18	19	106,5	105,5	4,20E-06
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		30	31	94,5	93,5	1,60E-06
	SK1	Marnes et Caillasses	NFX 30-423		10	11	105,85	104,85	3,90E-08
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		11	12	104,85	103,85	1,90E-06
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		12	13	103,85	102,85	2,90E-09
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		13	14	102,85	101,85	1,20E-07
	SK2	Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		14	15	101,85	100,85	3,30E-08
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		7	8	105,4	104,4	8,80E-06
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		8	9	104,4	103,4	3,00E-07
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		9	10	103,4	102,4	1E-5*
	SK3	Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		10	11	102,4	101,4	5,20E-07
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		11	12	101,4	100,4	9,80E-09
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		6	8	111,45	109,45	5,00E-05
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		8	10	109,45	107,45	1E-5*
	SK3	Marnes et Caillasses	NFX 30-423		11,5	12,5	105,95	104,95	1E-5*
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		12,5	13,5	104,95	103,95	1,80E-07
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		13,5	14,5	103,95	102,95	1E-5*
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423						

Tableau 9. Essais de perméabilité 2013.

		1999	2013	Total
Limon	Max	2,00E-06	/	2,00E-06
	Min	3,50E-07	/	3,50E-07
	Moy	7,97E-07	/	7,97E-07
	Médiane	5,65E-07	/	5,65E-07
Marnes et Caillasses	Max	6,30E-05	5,00E-05	6,30E-05
	Min	1,30E-10	3,90E-08	4,80E-10
	Moy	9,03E-06	1,02E-05	1,05E-05
	Médiane	3,40E-07	1,10E-06	3,50E-07
Calcaire	Max	6,00E-05	4,20E-06	6,00E-05
	Min	1,70E-07	2,90E-09	2,90E-09
	Moy	1,23E-05	9,27E-07	5,69E-06
	Médiane	3,10E-07	1,20E-07	2,85E-07

Tableau 10. Valeurs de perméabilités retenues.

3.4.4 Conclusion géologique

Les caractéristiques des formations géologiques constituant le substratum du site sont clairement identifiées par les nombreux forages effectués, sondages carottés, sondages à la tarière, diagraphies dans les forages destructifs, campagne de mesures géophysiques.

Les données pertinentes sont les suivantes (de la base vers le sommet) :

- Le calcaire du Lutétien est légèrement penté vers le nord (< 1,8 %) en direction d'une flexure qui passe grossièrement au niveau de la voie ferrée au nord immédiat du site. La cote du toit varie de 107 à 101 m NGF pour une cote moyenne à 104 m NGF, soit une profondeur de l'ordre de 9 m ;
- Les Marnes et Caillasses ont partiellement été érodées au droit d'une paléo-vallée bartonienne d'axe Ouest-Est qui affecte le ¼ Est du site. L'épaisseur des Marnes, hors paléo-vallée, varie de 8 à 12 m. On les retrouve directement sous limons sur le tiers nord du site ;
- Les sables bartoniens sus-jacents ont une épaisseur moyenne de 3 à 4 m sur la moitié sud-ouest du site. Ils sont absents au nord. Dans l'axe de la paléo-vallée qu'ils ont comblée, l'épaisseur peut atteindre près de 12 m.

Ainsi, le projet qui implique un décaissement pour les besoins de la création du vide de fouille, ne devra pas atteindre les calcaires du Lutétien qui est une formation aquifère.

Il conviendra de conserver, a minima, 2 m de matériau au-dessus du toit de la formation (voir plus loin).

Il est prévu de s'ancrer dans les Marnes et Caillasses, formation la moins contraignante et la plus apte à former la barrière de sécurité passive du site. Sa nature argilo-marno-calcaire ne garantit pas, a priori, toutes les garanties nécessaires en terme de perméabilité et en terme de continuité (elles ont, en effet, totalement été érodées ponctuellement dans l'axe de la paléo-vallée au droit de SC1).

De même la perméabilité des Marnes et Caillasses ainsi que celle du toit des Calcaires du Lutétien testée selon les normes actuelles (NF X 30-423) n'est pas inférieure au seuil réglementaire (1.10^{-6} m/s). Les nouvelles données confirment les études menées en 1999.

Des mesures compensatoires devront être mise en place pour répondre aux exigences réglementaires, avec en particulier :

- **La reconstitution du mètre supérieur de la barrière passive à $k < 1.10^{-9}$ m/s ;**
- **Le renforcement de la barrière passive du fait de l'absence partielle des 5 m à $k < 1.10^{-6}$ m/s (épaisseur acquise mais perméabilité supérieure).**

La structure proposée devra faire l'objet d'une étude de dimensionnement (calcul d'équivalence de la barrière passive, voir paragraphe 4.2 page 80 et suivantes).

3.5 Contexte hydrogéologique

D'après les éléments détaillés dans l'étude d'aptitude régionale, il existe une seule nappe concernée par le projet : la nappe de l'Eocène moyen qui est contenue dans un aquifère multicouches formé par les sables de Cuise, à la base, et par les Calcaires du Lutétien, au sommet.

3.5.1 Ouvrages référencés dans l'aire d'étude hydrogéologique

La carte [figure 21](#) et le [tableau 11](#), en pages suivantes, reprennent les points d'eau référencés dans le secteur. Sont également reportés sur la carte, les bassins versants hydrologiques (en fond colorés) qui incluent l'ISDND et le projet d'extension.

On remarque, que les sources de la nappe sont localisées que dans les seules humides :

- de la Viosne (points 6 à 9, 11 13 et 14) où la nappe émerge à une cote variant de 80 à 75 m d'amont en aval ;
- du ru qui passe en contre-bas de Lavilletertre (points 14 et 15).

En dehors des piézomètres réalisés dans le cadre de l'ISDND (piézomètres PZI à PZVIII), il n'y a aucun ouvrage dans le bassin versant hydrographique incluant les activités de SITA ILE DE EFRANCE. En effet :

- les seuls forages BSS répertoriés (notés A et B) dans le bassin versant du fond du Boulleaume (en jaune) sont des forages géologiques et non des points d'eau ;
- le point n° 5 dans le bassin versant adjacent, incluant pour partie l'extension actuelle, a été rebouché (ancien forage de la distillerie).

Les ouvrages d'eau existants sont localisés dans le bassin versant de la Viosne (points 1 à 4 ; 10 ; 12) ou dans celui du ru de Villetertre (point 16).

3.5.2 Absence de venues latérales en provenance des sables de Beauchamps

Les sables du Bartonien sont potentiellement un niveau aquifère. Cependant, aucune venue d'eau n'a jamais été identifiée dans les sables lors des investigations réalisées (sondages) ou lors des travaux d'aménagements de l'actuelle ISDND.

Le fait que les sables ne soient pas l'objet de venues d'eau s'explique par différents arguments :

- Ils sont de faible étendue et de faible puissance ;
- Il n'y a pas d'aire d'alimentation puisque les sables sont en tête de bassin versant et l'ISDND voisine empêche toute eau de s'infiltrer au nord : ainsi, ils ne peuvent pas être saturés et se comportent comme une zone vadose permanente (où l'eau ne fait que circuler verticalement sans créer d'horizons saturés) ;
- Nous avons estimé les débits possibles en provenance des sables qu'il faudrait intercepter en prenant l'ensemble de la zone amont au site définie par le bassin

versant hydrographique (à savoir en superficie, la moitié du Bois du Bochet estimée à 4 ha) :

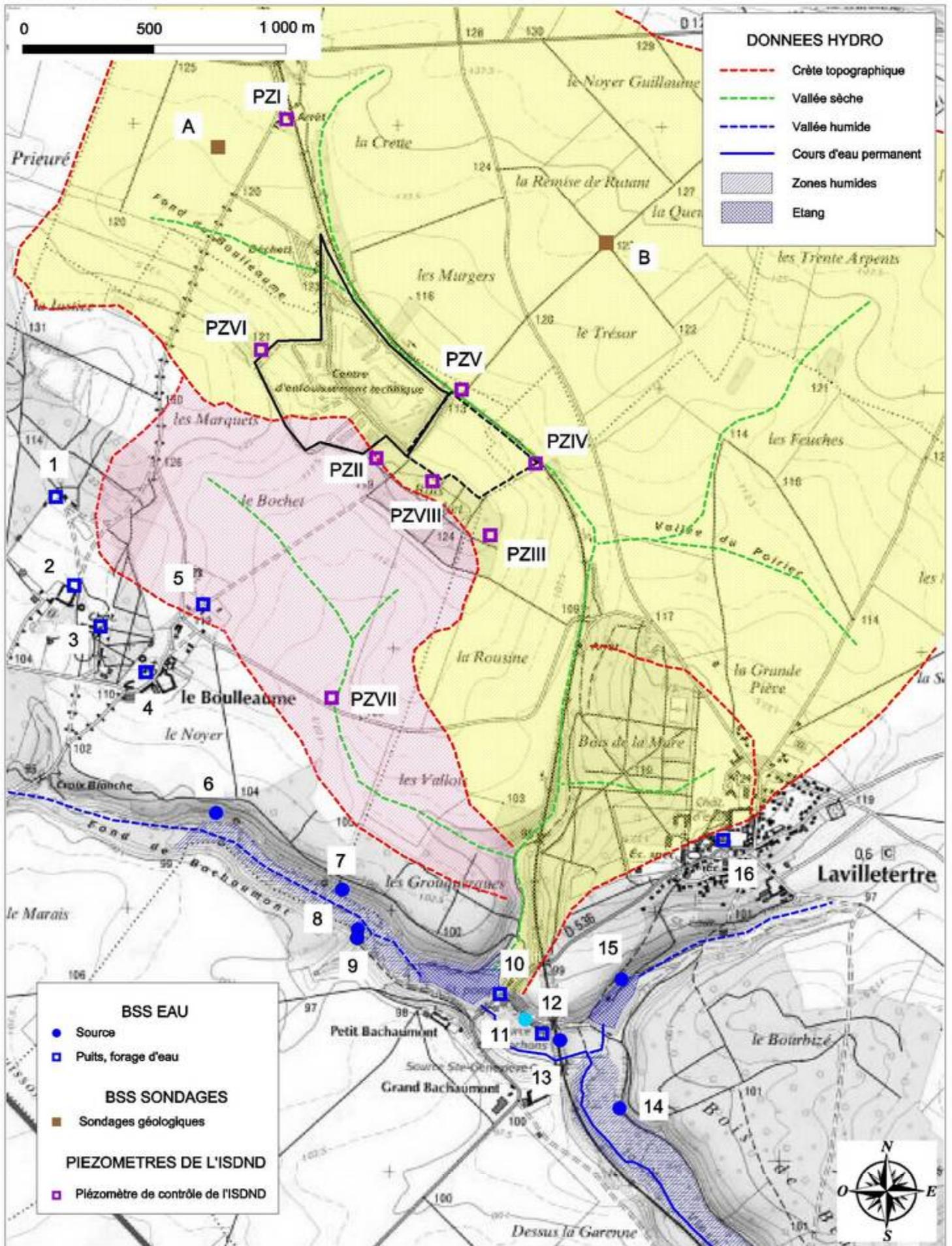
- Le débit moyen pour une pluie efficace annuelle (de 150 mm) serait de moins de 2 litres par heure pour la totalité de la zone amont ;
- Le débit de pointe serait de l'ordre 36 l/h (selon la loi de Darcy en prenant une lame d'eau saturée de 5 cm en continue sur les 400 ml du site et pour une perméabilité des sables de 1.10^{-5} m/s).

Ces débits théoriques maximisés sont insignifiants. Il n'est donc pas à prévoir de dispositif de gestion des venues latérales compte tenu de l'absence de venues d'eau latérales.

Cependant, il n'est pas à exclure qu'en phase de travaux, il existe une possibilité de purge d'une éventuelle poche d'eau en cas de présence ponctuelle d'argile de Tumbrel à la base des sables de Cresnes. Les venues d'eau seraient vite résorbées et sans effet sur le projet et sur la stabilité de l'ensemble.

N° carte	N° BSS	Date création	Cote TN (m NGF)	Prof. (m)	Aquifère / nappe	Indication eau			Remarques
						prof. (m)	cote (m NGF)	Date	
1	1266X0011/P	1970	120	30,96	Bartonien à Lutétien	27,74	92,26	mai-70	Maison du Garde du domaine de Bouleau
2	1266X0010/P	1970	111	22,3	Bartonien à Lutétien	14,19	96,81	mai-70	Ferme du domaine de Bouleau
3	1266X0004/P	1965	112	10,2	Bartonien sup.	nd			Chateau du domaine de Bouleau
4	1266X0005/F	1884	114	85	Cuisien	27,86	86,14		Domaine de Bouleau
5	1266X0008/PF	1893	117	87,18	Cuisien	nd			ancien puits distillerie, bouché
6	1266X0009/HY		80	0	Cuisien	0	80		Source de Morillon
7	1266X0023/HY		79	0	Alluvions/Cuisien	0	79		Source Chaudière
8	1266X0021/HY		76	0	Cuisien	0	76		Source de l'Etang
9	1266X0022/HY		76	0	Cuisien	0	76		Source de l'Etang
10	1266X0026	1962	74	5,2	Alluvions sur Cuisien	2,4	71,6		Forage AEP
11	1266X0025/HY		75	0	Alluvions sur Cuisien	0	75		Source aux Cochons
12	1266X0039/JA-ST	1970	74	?					Station de jaugeage des sources
13	1266X0028/HY		75		Alluvions sur Cuisien	0	75		Source Sainte-Genève
14	1266X0029/HY		75		Alluvions sur Cuisien	0	75		Source Marie Saloppe
15	1266X0007/HY		125	125	Craie	nd			Forage à la Craie
PZI	nd	1999	122,48	41,5	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	32,9	89,58	mars-99	Piézomètre ISDND
PZII	nd	1991	121,66	51,8	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien				Piézomètre ISDND
PZIII	nd	1999	117,53	45	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	34,77	82,76	avr-99	Piézomètre ISDND
PZIV	nd	1999	110,12	33	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	23,7	86,42	avr-99	Piézomètre ISDND
PZV	nd	1999	112,46	35	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	24,9	87,56	avr-99	Piézomètre ISDND
PZVI	1266X0053/PZ6	2001	120	45	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	31,8	88,2	mai-01	Piézomètre ISDND
PZVII	1266X0054/PZ7	2001	108	38	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	23,6	84,4	mai-01	Piézomètre ISDND
PZVIII	attente n°	2013	125,21	45	Calcaire du Lutétien/Sable Cuisien	39,55	85,66	oct-13	Piézomètre ISDND

Tableau 11. Points d'eau référencés.



3.5.3 Premier niveau sous le site : la nappe de L'Eocène moyen

3.5.3.1 Données générales

La nappe est contenue dans le Calcaire grossier du Lutétien et dans les Sables de Cuise. C'est une nappe libre rencontrée à une profondeur de plus de 25 m sous le site (85 à 90 m NGF). Le mur de l'aquifère est formé des argiles du Sparnacien qui sont à près de 70 m de profondeur.

Le Cuisien est constitué de sables fins à perméabilité d'interstices de même que le faciès sableux du Lutétien avec une transmissivité de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} m/s. Les niveaux calcaires ont une perméabilité de fissures et les transmissivités associées varient de 10^{-3} à 10^{-4} m/s mais la perméabilité et la transmissivité de la roche sont généralement liées au degré de fissuration et de fracturation du réservoir ; elles sont donc plus importantes dans les vallées sèches et dans les vallées humides qu'en domaine de plateau où la fracturation est moins développée.

Sur les plateaux, l'alimentation de la nappe se fait par drainance lente à travers les Marnes et Caillasses quand les calcaires sont recouverts par celles-ci ou par alimentation directe quand la couverture marneuse est absente (axe des vallées sèches).

La nappe est drainée par le réseau hydrographique et s'écoule donc en direction des vallées principales, à savoir la Viosne, à notre échelle, qui est en position synclinale. L'importance de cet axe de drainage est soulignée par les nombreuses sources qui émergent en flanc de la vallée (sources de déversement, cotes de 75 à 70 m NGF d'amont en aval). La piézométrie générale est présentée sur la carte des captages AEP (voir [Figure 10, p. 29](#)).

Le débit de la nappe est généralement faible mais peut se révéler important dans les secteurs fracturés (30 l/s à l'étang de Lavilletterte).

3.5.3.2 Esquisse piézométrique et sens d'écoulement

Les 8 piézomètres de l'ISDND ont fait l'objet d'un premier relevé piézométrique en octobre 2013 après la réalisation de PZVIII. Les valeurs mesurées sont reprises dans le [tableau 9](#) en page suivante.

Pour ce premier relevé effectué (16/10/2013), le niveau piézométrique varie de 88,8 m NGF en amont au droit de PZ1 à 81,7 au niveau de PZVII (piézomètre le plus aval).

Au droit de la zone d'extension projetée, le niveau s'échelonne de 85,9 m NGF (PZV) à 84,5 m NGF à l'extrême sud de la zone soit une profondeur de l'ordre de 30 m (pour une cote topographique moyenne de 115 m NGF).

L'esquisse piézométrique locale a été réalisée sur la base de ces ouvrages existants. Elle est présentée sur la [figure 22](#) (Les sources, exutoire de la nappe ont été ajoutées).

La nappe s'écoule grossièrement du nord vers le sud en direction de la Viosne avec un gradient, déduit de la carte, de l'ordre de 0,5 %.

	16/10/2013		09/01/2014	
	prof. (m)	cote (m NGF)	prof. (m)	cote (m NGF)
PZ I	33,64	88,84	33,65	88,83
PZ II	37,23	84,43	37,32	84,34
PZ III	34,86	82,67	34,94	82,59
PZ IV	24,21	85,91	24,23	85,89
PZ V	25,56	86,9	25,57	86,89
PZ VI	33,7	87,93	33,69	87,94
PZ VII	25,6	81,67	25,6	81,67
PZ VIII	39,55	85,66	39,61	85,6

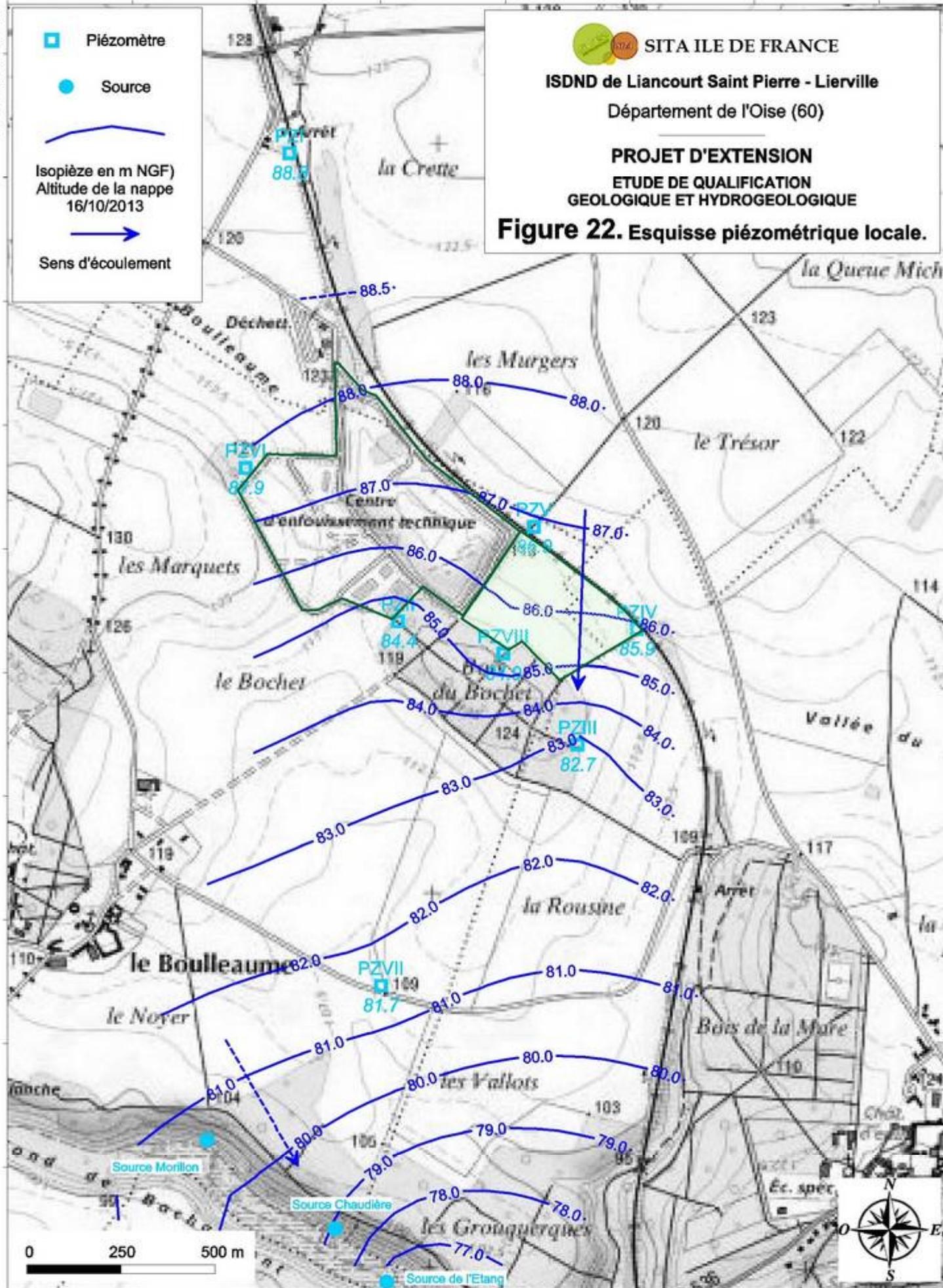
Tableau 12. Relevés piézométriques.

Il est difficile de définir avec précision le sens d'écoulement entre l'ISDND et l'exutoire qu'est la Viosne. En effet, il n'existe pas assez de points de suivi et on sait que la fracturation profonde qui affecte les formations, joue un rôle de drainage. En tout état de cause, le sens général est connu :

La nappe s'écoule du Nord vers le Sud en direction de la Viosne qui draine la nappe.

D'après SAFEGE, dans son dossier de 2000, l'eau souterraine en provenance du site émergerait sous la berge Nord de l'étang de Bachaumont (étang de Lavillettertre). Les sources de Morillon et de la Chaudière seraient situées en amont de l'émergence de la nappe en provenance de la zone dédiée au site.

Figure 22. Esquisse piézométrique locale.



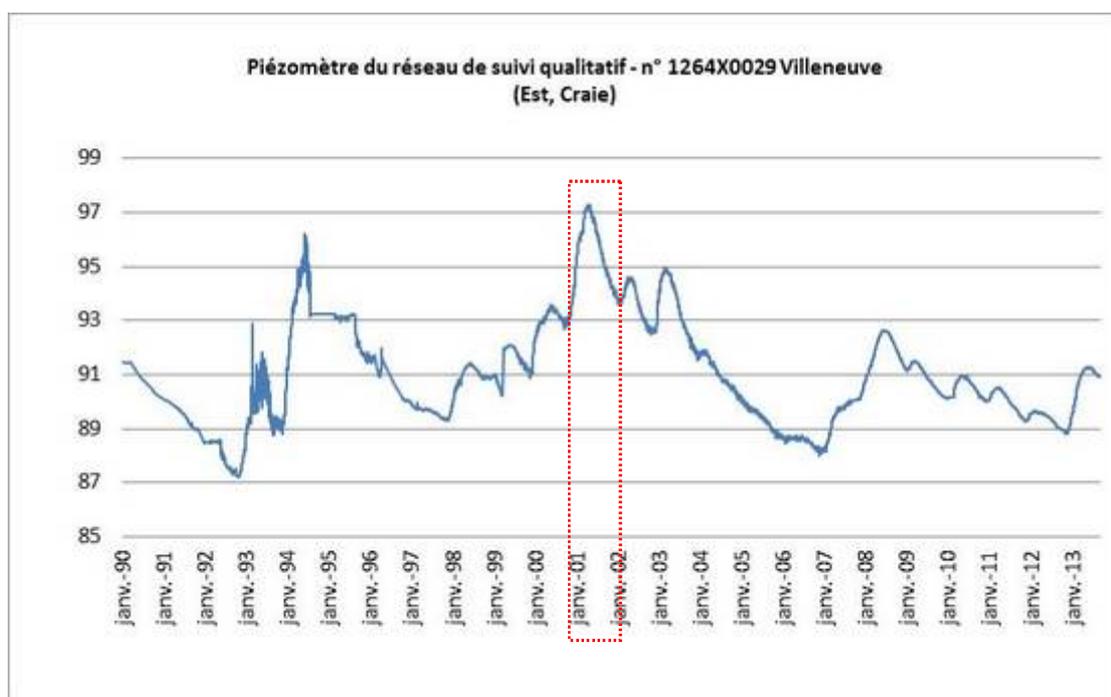
3.5.3.3 Détermination des plus hautes eaux

Bien que la nappe soit à très forte profondeur sous le site, la détermination des plus hautes eaux est importante car elle entre dans le mode de calcul de l'équivalence de la barrière passive.

Dans le Bassin Parisien, les plus hautes eaux historiques, depuis les années 1970, datent de généralement 2001. Nous avons recherché les ouvrages de suivis les plus proches du site afin de confirmer ces plus hautes eaux.

Il n'existe pas de piézomètre appartenant au réseau de suivi quantitatif de la nappe de l'Eocène moyen à proximité du site. Les seuls ouvrages existants interceptent la Craie ou les alluvions. Nous avons donc pris le même ouvrage que l'hydrogéologue agréé dans son expertise du dossier de 2000 pour justifier des plus hautes eaux, à savoir l'ouvrage n° 1264X0029.

Le graphe ci-dessous représente la chronique piézométrique du forage sur la base des données disponibles sur le site de la banque de l'Eau ADES.



Graphe 1. Chronique piézométrique sur les 15 dernières années.

Les plus hautes eaux datent bien de 2001. Ainsi, on peut supposer que les niveaux des plus hautes eaux sur l'ISDND ont suivi la même tendance.

Le **tableau 10** en page suivante reprend les données de suivi de l'ISDND (mesures trimestrielles, semestrielles voire annuelles selon les ouvrages).

Les plus hautes eaux mesurées datent de la relève de septembre 2001 (pas de mesure plus précise). Or, il est possible que les plus hautes n'aient pas été mesurées (le pas de mesure est, au mieux, trimestriel).

Ainsi, nous avons maximisé les plus hautes eaux (Cf. dernière colonne du tableau).

	TN	1999		2000		01/03/2001		18/06/2001		21/09/2001		17/12/2001		04/04/2002		PLUS HAUTES EAUX DEDUITES	
	m NGF	prof (m)	cote (m NGF)	prof (m)	cote (m NGF)	prof (m)	cote (m NGF)	prof (m)	cote (m NGF)	prof (m)	cote (m NGF)	prof (m)	cote (m NGF)	prof (m)	cote (m NGF)	prof (m)	cote (m NGF)
PZ I	122,48	33,03	89,45	32,85	89,63	33,50	88,98	32,70	89,78	32,40	90,08			31,52	90,96		
PZ II	121,66	36,14	85,52	35,50	86,16	36,20	85,46	35,60	86,06	35,38	86,28					33,87	87,80
PZ III	117,53	34,30	83,23	33,20	84,33	33,50	84,03	33,40	84,13							31,19	86,34
PZ IV	110,12	23,70	86,42	22,35	87,77	22,95	87,17	22,80	87,32	22,28	87,84	22,32	87,80	22,10	88,02	20,72	89,40
PZ V	112,46	24,90	87,56	23,40	89,06	23,50	88,96			21,80	90,66	23,46	89,00	23,10	89,36	21,46	91,00
PZ VI	121,63							32,30		31,70	89,93	31,92	89,71				
PZ VII	107,27							24,10		24,84	82,43	24,05	83,22				

Tableau 13. Données piézométriques sur l'ISDND de 1999 à 2002.

L'esquisse piézométrique, *figure 21*, illustre les plus hautes eaux possibles au droit de la zone d'extension sur la base du tableau précédent.

Le niveau varierait de 91 m NGF à l'angle nord (proximité PZV) à 87,5 m NGF à l'angle sud soit une profondeur de 20 m au point bas du site et de plus de 30 m au point haut.

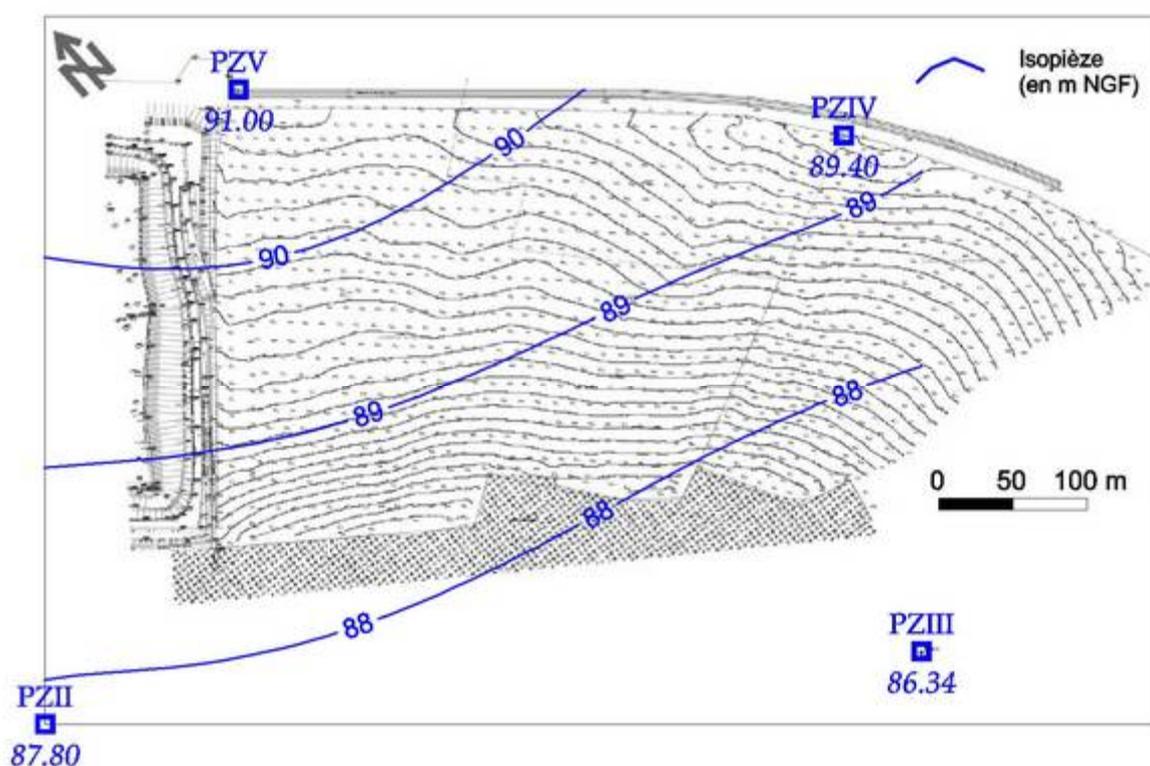


Figure 23. Plus hautes eaux de la nappe (ACG Environnement).

3.5.3.4 Qualité des eaux de la nappe

La nappe est suivie par l'intermédiaire du réseau de contrôle piézométrique de l'ISDND (7 piézomètres) pour les paramètres définis dans l'arrêté préfectoral du site. Le suivi réglementaire, régi par l'arrêté préfectoral, a conclu à la stabilité de la qualité des eaux depuis les années 2000.

Les graphes, en page suivante, synthétisent la qualité générale des eaux de la nappe :

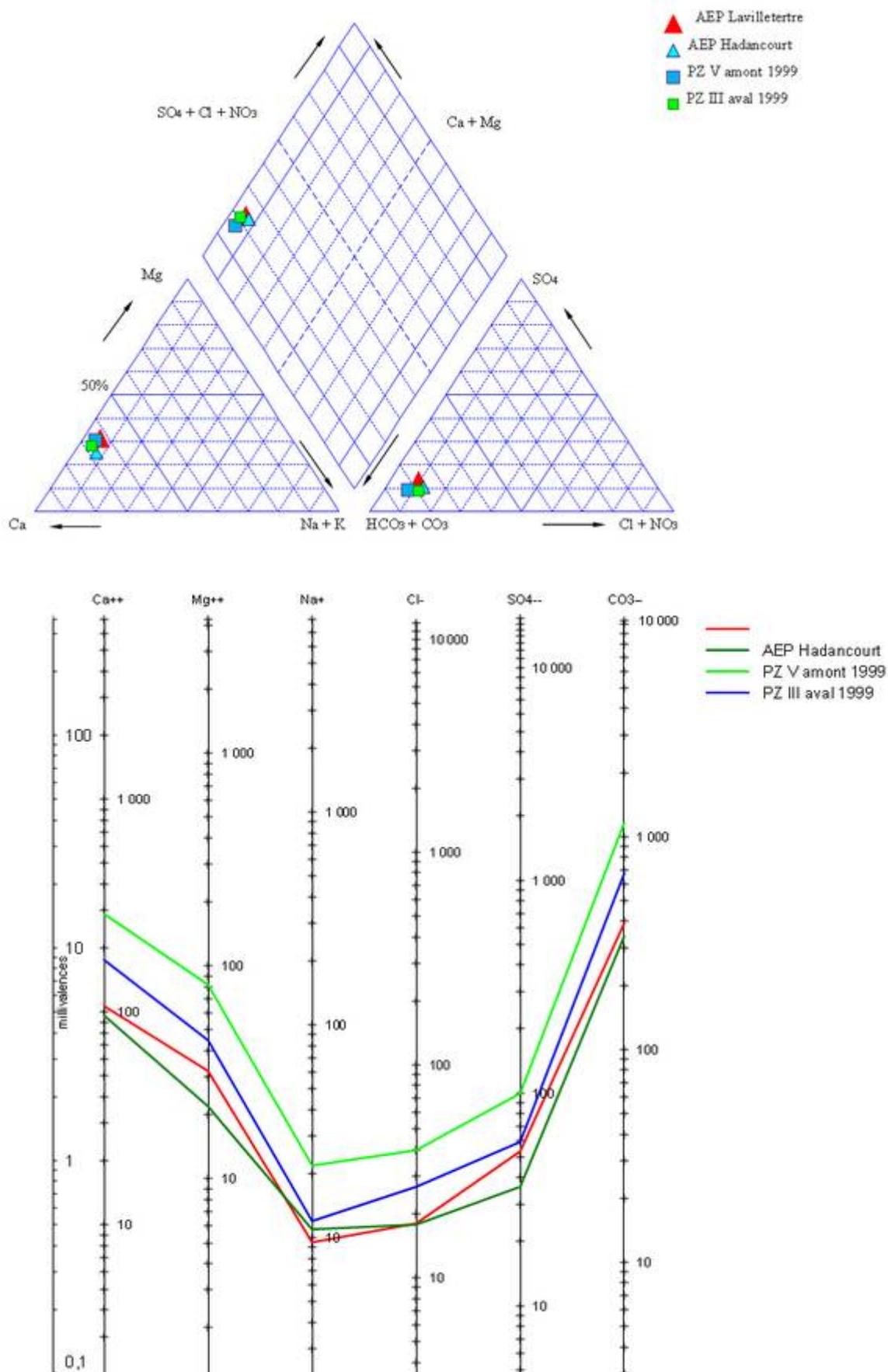
- pour les AEP de Lavillettertre (1266X0026) et de Hadancourt (1265X0005) d'après les données moyennes disponibles sur ADES ;
- pour les ouvrages PZV et PZIII respectivement en amont et en aval de la zone d'extension projetée (données 1999 et 2013).

Les 4 points ont une même qualité d'eau générale : l'eau de la nappe est une eau bicarbonatée calcique à calcium dominant (100 à 300 mg/l), légèrement magnésienne (20 à 100 mg/l), à teneur en sulfates et en nitrates relativement importante et de dureté assez élevée (34 à 40 °F).

On note la présence de Fer (190 mg/l ponctuellement) et de manganèse (5 mg/l au droit des AEP) en relation avec la nature de l'aquifère du Cuisien (ces éléments ferreux qui se retrouvent dans la glauconie, se solubilisent en milieux réducteur).

	Unité	Lavillettertre	Hadancourt	PZV amont		PZIII aval	
		moyenne	moyenne	1999	2013	1999	2013
pH	Unité pH	7,42	7,3	6,6	6,7	7	7,85
Conductivité	µS/cm	714	626	1535	668	1060	794
Dureté	° F	39,5	34,1				
Calcium	mg/l	107	96,7	290	267	177	217
Magnésium	mg/l	32,3	22	82	76,1	45	61,3
Sodium	mg/l	9,5	11	22	14,8	12	13,5
Potassium	mg/l	2	1,7	0,95	<2	1,5	<2
HCO3-	mg/l	393,3	341,6	1160		670	
Sulfates	mg/l	53,3	36,4	100		59	
Chlorures	mg/l	18	17,9	40	34	27	41
Nitrates	mg/l	17,6	24,3	43	5,5	53	38
Fer	mg/l	0,053	0,033	0,23	0,056	190	0
Manganèse	mg/l	0,033	0,004	0,025	0,033	0,61	0

Tableau 14. Qualité moyenne des eaux de la nappe.



Grphe 2. Qualit des eux, Diagramme Piper-Schoeller.

3.5.3.5 Vulnérabilité

La vulnérabilité naturelle de l'aquifère dépend de l'existence ou non de ses protections par des couches peu perméables :

- En domaine de plateau, la vulnérabilité de l'aquifère est faible car les Marnes et Caillasses assurent une protection de la nappe ;
Cependant, les Marnes et Caillasses, de par leur nature marno-calcaire, ne forment qu'une protection relative et permet tout de même l'infiltration des eaux de surface : une vulnérabilité existe donc même si elle est pondérée par la profondeur de la nappe et par l'épaisse couche de marnes ;
- Dans les vallées, l'aquifère est vulnérable, car il est à l'affleurement.

La vulnérabilité est plus forte à l'aval où la nappe est sub-affleurante (en aval de l'ISDND actuelle). Ainsi :

- **dès lors que le projet met en place une barrière passive conforme à la réglementation ou au moins équivalente, la vulnérabilité au site par infiltration est nulle ;**
- **dès lors que les eaux du site sont gérées dans les règles de l'art et que les rejets sont conformes aux normes de l'arrêté préfectoral, il n'y a pas d'effets prévisibles sur les eaux de la nappe à l'aval.**

3.5.4 Conclusion hydrogéologique

Le premier niveau de nappe sous le site est contenu dans l'aquifère multicouches formé des calcaires du Lutétien et des sables de Cuise. La nappe se rencontre à forte profondeur (en moyenne à 25 à 30 m sous le site), soit une cote piézométrique moyenne de 87 à 84 m NGF d'amont en aval du projet.

Les 8 piézomètres de l'ISDND ont permis de tracer l'esquisse piézométrique locale qui confirme les données développées dans l'étude d'aptitude régionale : la nappe s'écoule du nord vers le sud avec un gradient relativement faible de 0,5 % en direction de la Viosne qui draine la nappe. Une ligne de source marque l'émergence de la nappe en fond de vallée (cote de 80 à 75 m NGF d'amont en aval de la vallée).

Les plus hautes eaux de la nappe, qui datent de 2001, ont été définies et varient de 91 à 87,5 m NGF d'amont en aval de la zone d'extension soit une profondeur de plus de 20 m au point bas et de plus de 30 m au point haut du site. Ces plus hautes eaux servent de base au calcul d'équivalence de la barrière passive.

La vulnérabilité de la nappe est forte dans les vallées où l'aquifère et la nappe affleurent. Elle est plus faible sur le plateau qui contient le site puisque la nappe est à forte profondeur et partiellement protégée par les Marnes et Caillasses.

Compte-tenu des éléments développés ci-avant, le contexte hydrogéologique est considéré comme favorable à l'implantation du projet :

- **sous réserve de la mise en place d'une barrière de sécurité passive au moins équivalente à la réglementation en fond de site ;**
- **sous réserve de rejets d'eau de surface conformes aux normes de l'arrêté préfectoral.**

3.6 Contexte hydrologique local

Le contexte est illustré sur les figures 24 et 25 en pages suivantes.

L'extension est incluse dans le sous-bassin versant de la vallée sèche du fond de Boullaume (en jaune sur la carte). Le bassin versant est dissymétrique puisque le fond de vallon qu'emprunte la voie ferrée, est proche de la crête ouest (moins de 400 m) et à près de 1 800 m de la crête Est. Ainsi, Le projet est implanté :

- à proximité de la tête du bassin versant qui passe dans le bois du Bochet à moins de 100 m au Sud-ouest (altitude de 125 m NGF au point haut) ;
- à proximité de l'axe du vallon qui passe en limite Nord et Est du site.

Cette position est intéressante puisqu'il n'y a que très peu de surface amont et il n'est pas à prévoir de gros fossés de détournement des eaux de ruissellement.

Le fond de Boullaume débouche au droit de l'étang de Lavillettertre au niveau d'une vallée étroite et profonde qui entaille les calcaires du Lutétien et les sables de Cuise.

La topographie de la zone d'extension est illustrée sur la figure 25 avec une esquisse 3D du profil topographique (l'échelle des altitudes est exagérée).

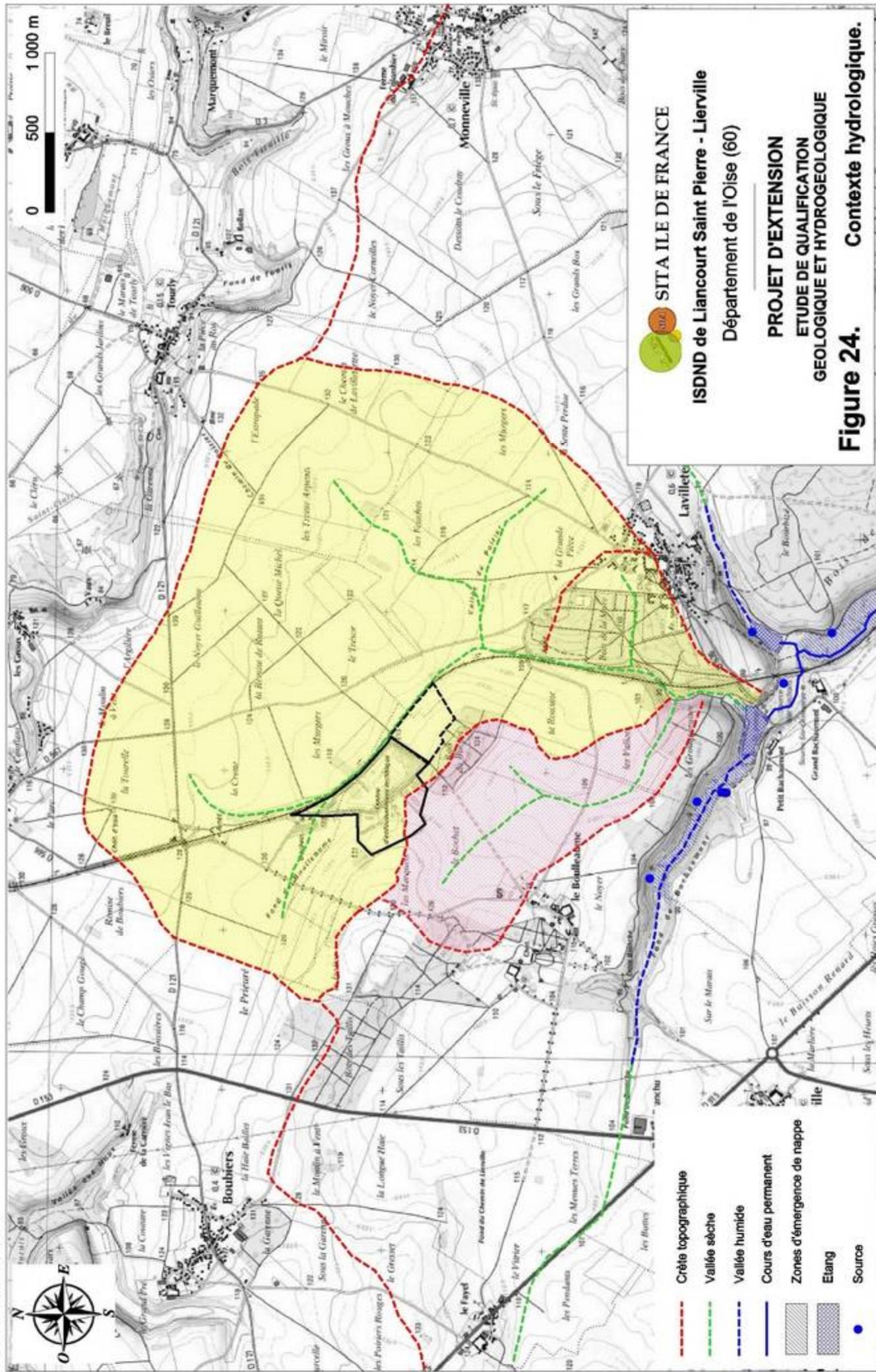
Le point haut du site est à 123,7 m NGF et le point bas à 107,6 m NGF avec une pente topographique relativement uniforme de 5 %.

Le site étant une zone cultivée (betterave), il n'y a que très peu d'éléments à repérer concernant le contexte hydrologique. A noter une zone de rétention d'eau par temps de pluie au Sud-ouest du site où les sables argileux en surface (point 1) créent une zone de rétention d'eau.

La nature du sol (limons sur sable) impose à l'eau pluviale de s'infiltrer. Malgré la pente de 5 %, aucune trace d'érosion n'est visible sur le sol. Toute l'eau pluviale s'infiltrer sur site. Ainsi, le fossé de la voie ferrée qui recueille les eaux en aval (point 3) est sec (enherbé).

Il existe 2 possibilités de rejet des eaux de la zone d'extension :

- Soit un rejet par eau de surface dans le fossé de la voie SNCF (point 4), seul point possible car plus au sud la voie ferrée est en contre-bas du site ;
- Soit un rejet par infiltration au droit un bassin spécifique (conforme au régime hydrologique du site).



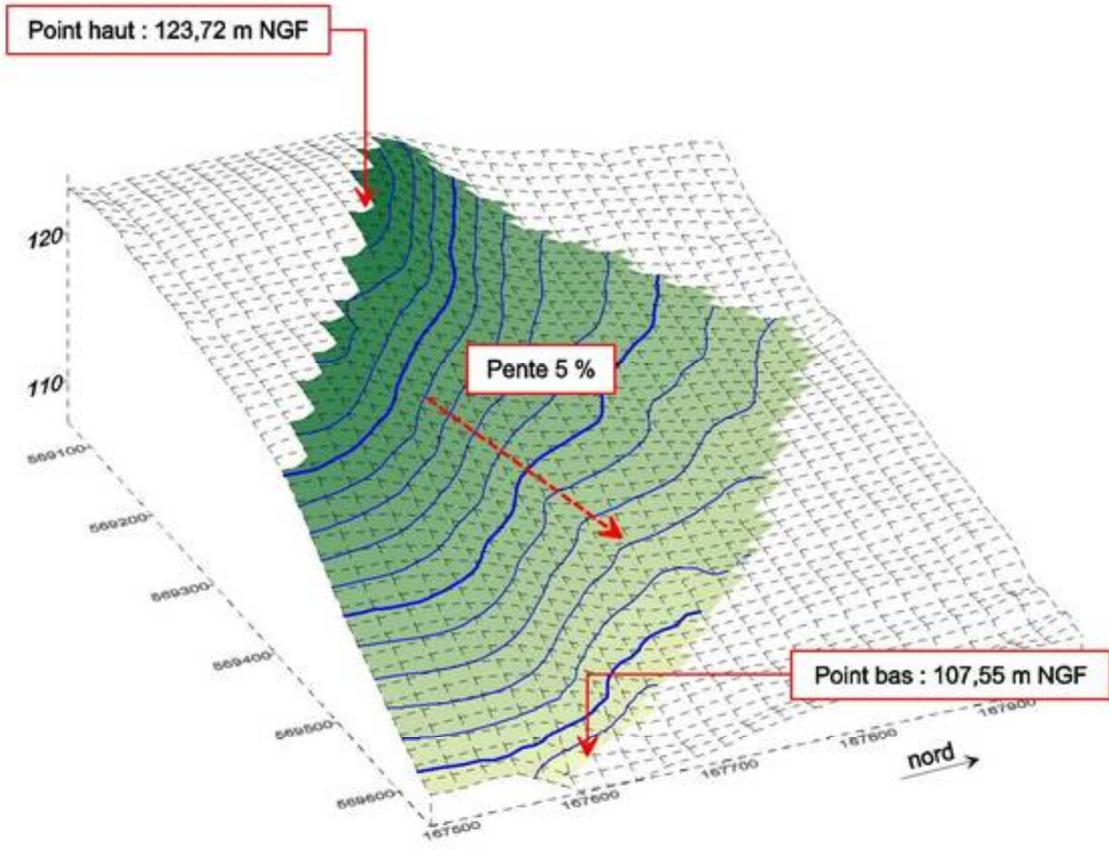
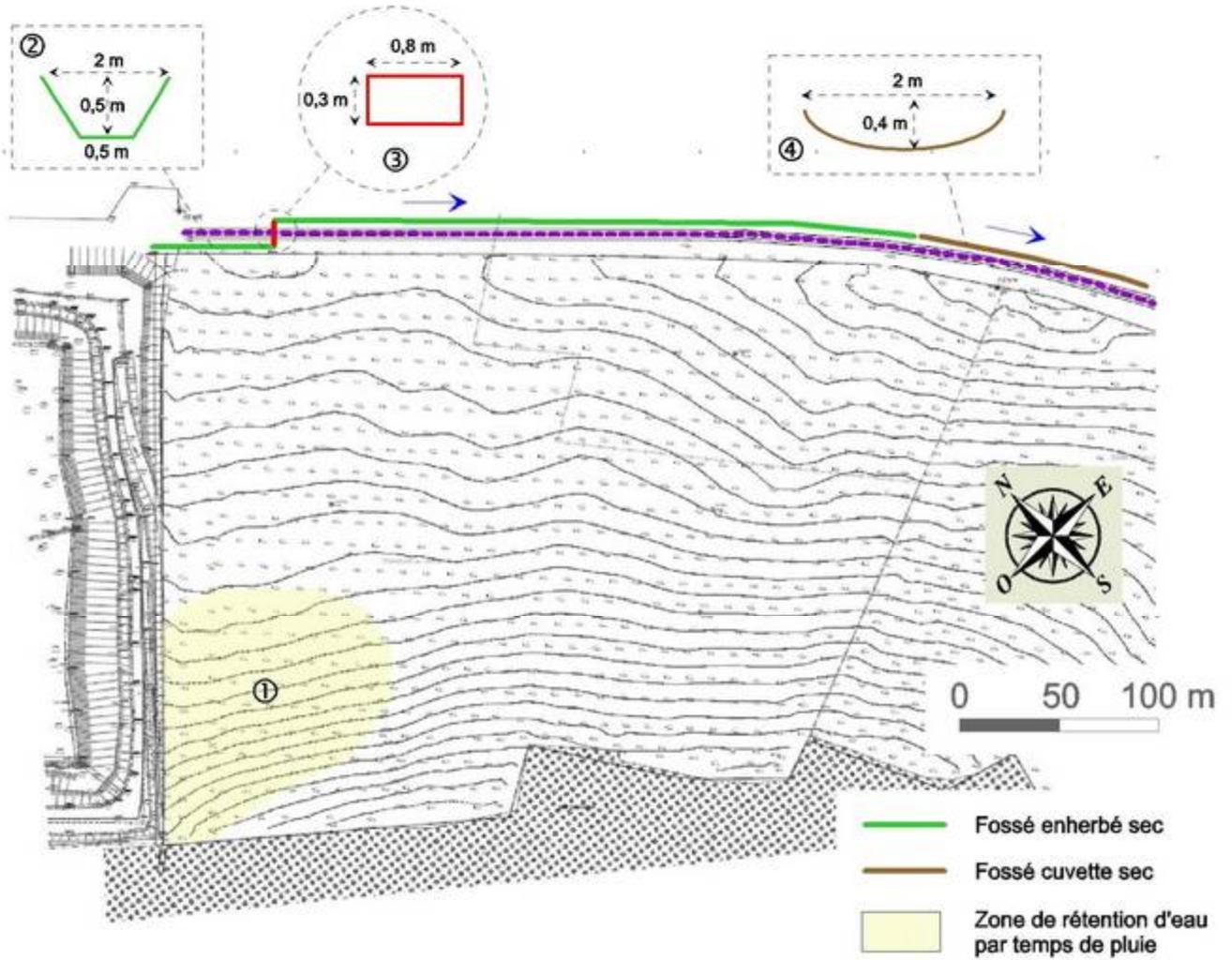




Planche photo 1. Point de rejet des eaux de surface.

3.7 Données géotechniques

Dans le cadre de la qualification du site, les matériaux qui seront extraits pour les besoins de la création du vide de fouille ont fait l'objet d'essais en laboratoire afin d'en définir leur usage futur (digues, couverture, reconstitution du mètre supérieur de la barrière passive).

Les matériaux ont déjà été testés jadis (1994 et 1999). Des études complémentaires ont tout de même été réalisées en 2013. L'ensemble des nouveaux essais a été confié au laboratoire de Technosol (compte-rendu des sondages et des essais en [annexe 4](#)). Ils permettent de qualifier les matériaux à travers 4 familles de paramètres :

- Les paramètres de nature (granulométrie, valeur de bleu, limites d'Atterberg, indice de plasticité) qui déterminent la qualité intrinsèque des matériaux et leur classement ;
- Les paramètres d'état (teneur en eau, poids volumique, indice de consistance) qui déterminent l'aptitude du sol à supporter des charges en l'état (portance) ;
- Les paramètres de comportement mécaniques (essai Proctor, essai de cisaillement), qui déterminent les caractéristiques de compactage et de cohésion sous une charge ;
- Les paramètres de comportement hydraulique, dont les essais de perméabilité qui permettent de déterminer le coefficient de perméabilité verticale du matériau (coefficient réglementaire).

Les matériaux décaissés sont de 4 types :

- La couverture végétale ;
- Les limons ;
- Les Sables de Beauchamp ;
- Les Marnes et Caillasses.

Les limons, les sables et les Marnes ont fait l'objet de tests au laboratoire afin de définir leur usage possible.

3.7.1 Matériaux prélevés et testés

En 1999, Etudesol a réalisé les tests nécessaires à la qualification des limons et des Marnes et Caillasses :

- 7 essais de perméabilité (voir [tableau 8, page 64](#)) ;
- 4 essais de compressibilité à l'oedomètre sur les limons et les Marnes et Caillasses (faciès marneux et argileux) ;
- 2 essais triaxiaux sur les Marnes ;

- 3 essais proctor sur les sables et les Marnes et Caillasses (faciès marneux et argileux).

Vue l'importante quantité de sable mis en évidence dans le paléo-chenal, nous avons réalisé des tests complémentaires sur les sables bartoniens (TECHNOSOL, 2013).

Les résultats des essais géotechniques de 1999 sont détaillés en [annexe 5](#). Les nouvelles données 2013 sont reprises en [annexe 4](#) et synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Ces données servent de base au calcul de stabilité et à la définition de l'usage des matériaux.

Echantillons	Profondeur (m)	Description	W _N (%)	ρ _h ³ (t/m ³)	ρ _d ³ (t/m ³)	ρ _s ³ (t/m ³)	Granulométrie		VBS
							Dmax (mm)	C ₈₀ (%)	
EI1	1.5 à 2.0	Sable	22.3	1.99	1.63	2.65	3.0	38.6	1.6
EI2 de 2 à 3 m	2.1 à 2.2	Sable	/	/	/	2.63	/	/	/
	2.6 à 2.7	Sable argileux	24.2	1.96	1.58	2.68	7.9	75.0	4.3
	2.8 à 2.9	Sable fin				2.70			
THA (naturel)	1.5 à 8	Sable +/- argileux	7.4				9.0	15.7	1.3
THB (à 2% de bentonite)	1.5 à 8	Sable +/-argileux							
THC (à 4% de bentonite)	1.5 à 8	Sable +/-argileux							

Echantillons	Profondeur (m)	Description	W _N (%)	Perméabilité sur matériau compacté au moule CBR à l'optimum (m/s)	Perméabilité au moule Oedo (m/s)	Cisaillement rectiligne à la boîte	Cohésion (KPa)		Frottement (°)	
							Pic	Final	Pic	Final
EI1	1.5 à 2.0	Sable	22.3		1.1E-05	Type CD	12	3	27	29
EI2 de 2 à 3	2.1 à 2.2	Sable	/		3.6E-06		/	/	/	/
	2.6 à 2.7	Sable argileux	24.2		1.3E-09	Type CD	1	0	26	26
	2.8 à 2.9	Sable fin			2.1E-09		/	/	/	/
							Réf de compactage			
							W OPN		pd OPN	
THA (naturel)	1.5 à 8m	Sable +/- argileux	7.4	1.7 E-7			13.2 (%)		1.76 (T/m ³)	
THB (à 2% de bentonite)	1.5 à 8m	Sable +/- argileux		2.4 E-10			14.0 (%)		1.82 (T/m ³)	
THC (à 4% de bentonite)	1.5 à 8m	Sable +/- argileux		4.7 E-10			14.5 (%)		1.53 (T/m ³)	

Tableau 15. Récapitulatif des valeurs des essais en laboratoire (Technosol, 2013).

3.7.2 Résultat des analyses au laboratoire

3.7.2.1 Essais Proctor normal

1 essai au Proctor normal a été effectué par Technosol selon la norme NF P 94-093 sur les sables Bartoniens, en vue d'une réutilisation de ces matériaux pour l'exploitation du site.

L'échantillon est un échantillon moyen de sable prélevé en sondage à la tarière entre 3 et 12 m de profondeur à proximité de SC1 (axe de la paléo-vallée). Les caractéristiques optimales au compactage à l'Optimum Proctor Normal (OPN) sont :

- $\rho_{dOPN} = 1,76$ pour les deux matériaux ;
- pour une teneur en eau à l'optimum : $W_{OPN} = 13,2 \%$.

3.7.2.2 Essais de cisaillement

Des essais mécaniques de cisaillement rectiligne à la boîte (essais sur échantillon Consolidé Drainé (CD), ont été effectués sur les sables prélevés sur SK1, en vue de la conception de la stabilité des ouvrages à réaliser.

Les caractéristiques obtenues sur la cohésion des matériaux (C') et l'angle de frottement (Φ'), pour la résistance au pic de cisaillement et à l'état final, entrent dans les calculs de stabilité au décaissement.

Les sables ont une cohésion faible (0 à 3 Kpa) et un angle de frottement de 26 à 29 °.

Les Marnes et les limons avaient été testés en 1999 ; les résultats ont donné les valeurs suivantes :

	C' (Kpa)	Φ' (°)
Limons	40	10
Marnes et Caillasses Faciès marneux	80	10
Marnes et Caillasses Faciès argileux	20	0

Tableau 16. Caractéristiques géomécaniques sur les limons et les Marnes (Etudesol, 1999).

3.7.2.3 Perméabilité des limons après compactage

Les limons ont fait l'objet de tests de perméabilité par le BRGM en 1994 après compactage.

Les valeurs sont reprises dans le tableau ci-dessous.

		Norme	Zone	K sol non compacté (m/s)	K sol compacté (m/s)
BRGM 1994	Kv1	NF X 30-418	Zone projet	<1E-6 m/s	
	Kv2	NF X 30-418		9,00E-07	<1E-7
	Kv3	NF X 30-418		7,00E-07	7,00E-09
	Kv4	NF X 30-418	Hors site (secteur ouest)	2,00E-06	1,40E-08
	Kv5	NF X 30-418		4,00E-07	3,00E-09
	Kv6	NF X 30-418		4,30E-07	3,50E-09
	Kv7	NF X 30-418		3,50E-07	3,00E-09

Tableau 17. Perméabilité des limons après compactage (BRGM, 1994).

La perméabilité des limons après compactage est inférieure à 1.10^{-7} m/s.

3.7.2.4 Traitement à la bentonite sur les Sables

Les sables ont fait l'objet d'une étude spécifique de traitement à la bentonite (à 2 et 4 %) afin de connaître leur perméabilité à l'OPN en vue d'une réutilisation en constitution de la barrière passive du site (couche à 1.10^{-9} m/s).

Dès l'ajout de 2 % de bentonite, les sables argileux compactés à l'optimum proctor permettent d'obtenir un matériau à perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s.

4

Préconisations techniques

Les principes d'aménagement des ouvrages de l'installation de stockage de classe II sont pris en application des différents articles de l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 modifié.

Les principes exposés dans le cadre de la qualification et la faisabilité technique du projet, sont des mesures élaborées à un niveau de conception et non d'une étude de maîtrise d'œuvre de travaux. Les recommandations et les pré-dimensionnements présentés sont des paramètres qui peuvent servir à l'élaboration du projet technique de la demande d'autorisation (voir projet technique du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploitation).

On justifiera, dans un tableau récapitulatif, la conformité réglementaire.

La conception des aménagements qui concernent les terrassements, tient compte des données acquises précédemment dans les études géologiques, hydrogéologiques, hydrologiques et géotechniques :

- L'usage des matériaux ;
- La définition du fond de forme de l'extension ;
- La constitution des couches de la barrière passive du fond et des flancs ;
- L'Etude de stabilité ;
- Le réseau de contrôle des eaux souterraines et la gestion des eaux de surface.

4.1 Qualité et usage des matériaux

Un des principes qui prévaut dans la construction des Installations de Stockage de Déchets est le réemploi des matériaux excavés pour la construction des ouvrages de confinement (digues, fond de forme, couverture).

La géométrie du projet est définie :

- par les flancs dont les pentes doivent être stables à court et long terme ;

- par le fond de forme positionné sur des matériaux qui doivent respecter les critères réglementaires de la barrière passive.

Les matériaux excavés pour l'exploitation du projet trouvent un usage sur le site. L'usage des matériaux excavés de haut en bas des flancs est le suivant :

- La terre arable devra soigneusement être décapée et mise en attente du réaménagement final du site après exploitation du projet, au-dessus de la couverture finale. Son épaisseur est de 0,30 m à 0,50 m ;
- Les limons et limons argileux bruns et rouges sont des matériaux silteux et argileux d'épaisseur suffisante, qui pourront servir à la constitution de la couverture faiblement perméable du projet et des ouvrages de protection ($k < 10^{-7}$ m/s après compactage) ;
- Les sables bartoniens que l'on retrouve sur plus de 10 m dans l'axe de la paléo-vallée pourront servir la reconstitution de la couche imperméable de la barrière passive ($k < 1.10^{-9}$ m/s) moyennant un traitement à la bentonite de 2 % et un compactage à l'optimum proctor.
- Les Marnes et Caillasses, décaissées localement sur près de 10 m, ont un usage en BTP et peuvent participer à la constitution du cœur des digues voire de la digue périmétrique.

4.2 Structure de la barrière passive du site

4.2.1 Rappel

4.2.1.1 Cadre réglementaire : arrêté ministériel

L'article 11 de l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997, modifié le 18 juillet 2007, stipule que : « la barrière de sécurité passive est constituée du terrain naturel en l'état. Le fond de forme du site présente, de haut en bas, une perméabilité inférieure à $1. 10^{-9}$ m/s sur au moins 1 mètre et inférieure à $1. 10^{-6}$ m/s sur au moins 5 mètres. Les flancs sont constitués d'une couche minérale d'une perméabilité inférieure à $1. 10^{-9}$ m/s sur au moins 1 mètre ».

Le second alinéa de cet article précise que : « Lorsque la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente. L'épaisseur de la barrière ainsi reconstituée ne doit pas être inférieure à 1 mètre pour le fond de forme et à 0,5 mètre pour les flancs jusqu'à une hauteur de deux mètres par rapport au fond. En tout état de cause, l'étude montrant que le niveau de protection sur la totalité du fond et des flancs de la barrière reconstituée est équivalent aux exigences fixées au premier alinéa, figure dans le dossier de demande d'autorisation ».

Dans le cas où le milieu géologique ne satisfait pas naturellement aux règles stipulées par l'arrêté, la réglementation offre la possibilité de mesures compensatoires en introduisant la notion de « niveau de protection équivalent ». Selon le guide de recommandations pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets, version 2 du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire (MEEDDAT) de février 2009 : « Deux barrières d'étanchéité passives seront considérées comme « équivalentes » lorsqu'elles assurent un même niveau de protection en termes d'impact potentiel d'une installation de stockage sur une ressource en eau souterraine ».

4.2.1.2 Rappel sur le contexte géologique et hydrogéologique

La perméabilité des Marnes et Caillasses ainsi que celle des calcaires du Lutétien (formant les 5 m en place) n'ont pas une perméabilité inférieure à $k=1.10^{-6}$ m/s. La couche d'atténuation en place n'est donc pas présente en termes de perméabilité, même si elle l'est en termes d'épaisseur (12 m au minimum). De même, la partie supérieure de la barrière passive est absente ($1 \text{ m à } k < 10^{-9} \text{ m/s}$).

Cette insuffisance doit être compensée par une solution alternative telle que définie dans l'article 10 de l'arrêté du 09/09/1997 modifié le 19 janvier 2006 : si la barrière géologique ne répond pas naturellement aux prescriptions, « elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente ».

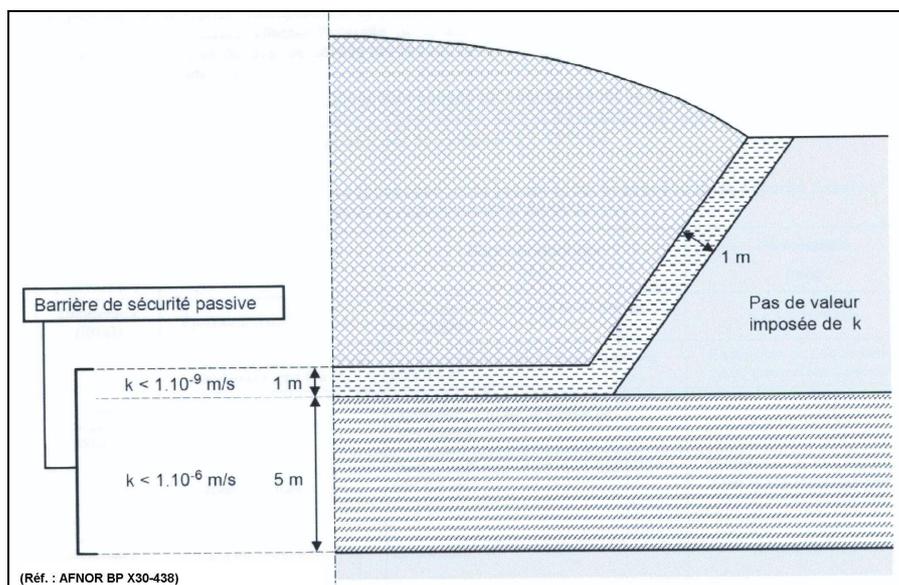
Le projet de reconstitution de la barrière passive doit donc prendre en compte 3 exigences :

- La reconstitution de la partie supérieure de la barrière passive ($1 \text{ m à } k < 1.10^{-9} \text{ m/s}$) ;

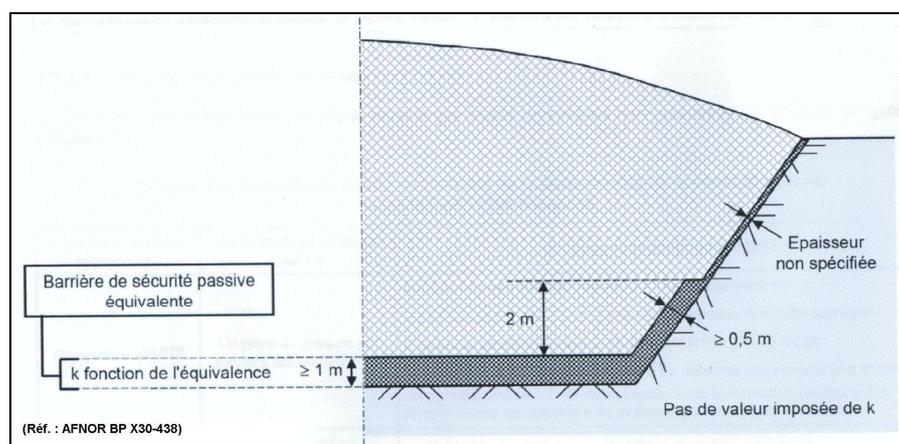
- Le renforcement de la barrière passive du fait de l'absence partielle de la couche d'atténuation (5 m à $k < 1.10^{-6} \text{ m/s}$) ;
- Le renforcement de la barrière passive du fait de la présence d'une ressource en eau captée à l'échelle régionale sous le site et d'un contexte structural sensible (le calcaire peut être fracturé).

4.2.1.3 Recommandations préalables

Les recommandations suivantes sur la conception du dispositif équivalent de la barrière passive réglementaire, sont proposées en application des exemples de mise en œuvre décrits dans le guide de Bonnes Pratiques de l'AFNOR BP X 30-438 (Figure 26).



Principe de la barrière passive selon la réglementation française (ISDND).



Principe de la barrière passive équivalente selon la réglementation française (ISDND).

Figure 26. Principes d'aménagement de la barrière passive (AFNOR BP X 30-438).

4.2.1.3.1 Altitude de la barrière passive

Les prescriptions indiquent que la barrière passive ne doit pas être sollicitée pendant l'exploitation (article 10 de l'A.M. du 9 septembre 1997 modifié en 2007).

L'épaisseur de la barrière passive doit répondre à deux exigences :

- *L'article 11 de l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 modifié, précise que la barrière passive doit être composée de haut en bas d'une structure réglementaire théorique de 6 m (1 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 5 m à $k < 1.10^{-6}$ m/s) ;*
- *Selon le Guide d'Equivalence 2009, p.17 : « il conviendrait que les plus hautes eaux connues se situent au moins à une distance de 2 m de la base de la couche de 1 m à 10^{-9} m/s ».*

L'altitude de la base de la barrière passive reconstituée (équivalent à la cote de terrassement) doit donc, a minima, être située 2 m au-dessus des plus hautes eaux de la nappe de l'Eocène soit une épaisseur de barrière passive de 3 m minimum.

Dans notre cas, la nappe est située à forte profondeur et la couche à 1.10^{-9} m/s sera bien au-dessus des 2 m minimum.

Pour se placer en condition sécuritaire, nous préconisons de conserver 2 m de matériau en place au-dessus du toit de l'aquifère (calcaire du Lutétien) en dessous de la reconstitution du sommet de la barrière passive (couche à 1.10^{-9} m/s), voir [figure 27](#).

En pratique, la base de la couche à 10^{-9} m/s sera donc entre 12 et 20 m au-dessus de la nappe en hautes eaux (2001) :

- Cote haute de la nappe (2001) : 87,5 à 91 m NGF du sud au nord ;
- Cote minimale de base de la couche à 1.10^{-9} m/s : 103 à 108 m NGF du sud-ouest au nord.

L'altitude du fond de forme minimal préconisé est donc conforme à la réglementation et est même sécuritaire en termes d'épaisseur dessaturée au-dessus de la nappe.

L'altitude du fond de forme préconisé est donc conforme à la réglementation et est même sécuritaire compte tenu de l'épaisseur de terrain en place au-dessus des plus hautes eaux de la nappe.

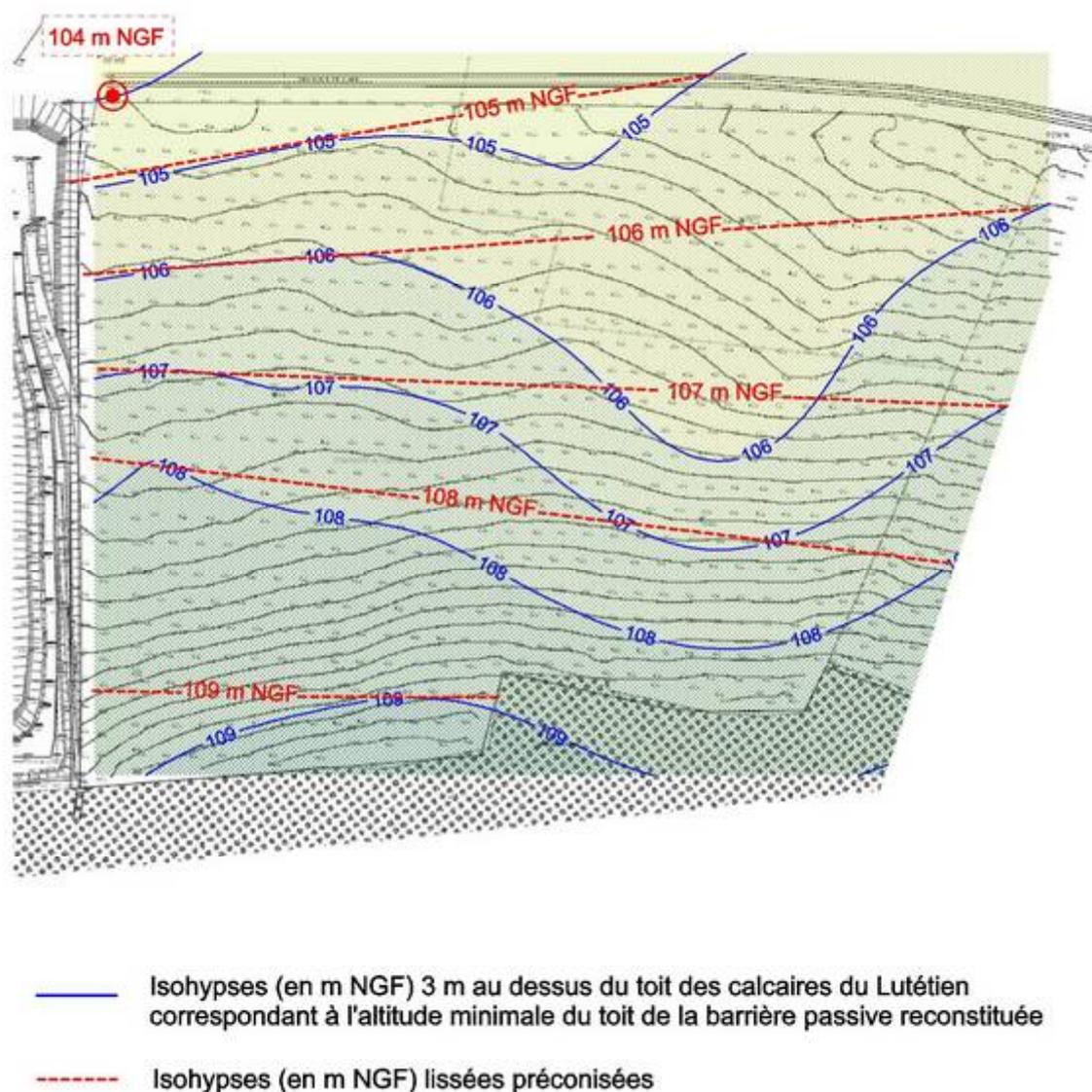


Figure 27. Altitude minimale recommandée du toit de la barrière passive reconstituée.

4.2.1.3.2 Barrière passive sur le fond

La couche supérieure de la barrière passive doit avoir une épaisseur minimale de 1 m et une perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s.

Le dispositif équivalent serait constitué par une couche d'épaisseur minimale de 1 m issu du traitement à la bentonite des sables bartoniens décaissés pour les besoins de création du vide de fouille moyennant la démonstration de leur adéquation par la réalisation de planches d'essais in situ.

La couche inférieure de la barrière passive (dite couche d'atténuation de 5 m) qualifiée à l'échelle du site, a une épaisseur supérieure à 5 m et un coefficient de perméabilité supérieur à la réglementation (K pénalisant $=6,3.10^{-5}$ m/s). Il convient de renforcer la barrière passive par la mise en place d'un GSB en fond pour compenser l'insuffisance de la perméabilité

4.2.1.3.3 Barrière passive sur les flancs

Les flancs du site sont composés successivement, au sommet par les sables du Bartonien et par les Marnes et caillasses du Lutétien. Aucune de ces formations n'a une perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s.

En conséquence, la couche de 1 m à perméabilité $k < 1.10^{-9}$ m/s devra être reconstituée sur les flancs à l'aide d'un dispositif équivalent en termes de perméabilité (un GSB, par exemple).

Les propositions de structures équivalentes sur le fond et sur les flancs, pour la reconstitution de la barrière passive sont définies dans les paragraphes ci-après.

4.2.2 Etude d'équivalence de la barrière passive

L'étude d'équivalence est présentée en **annexe 7**.

Le rapport est établi conformément au "guide de recommandations à l'usage des tiers experts pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive de centres de stockage". Ce guide a été réalisé par un groupe de travail autour du Ministère de l'Environnement du Développement et de l'Aménagement Durable (MEDAD), constitué de l'ADEME, le BRGM, le CEMAGREF, CETE, INERIS et INSAVALOR.

4.2.2.1 Calculs d'équivalences en fond

La modélisation mathématique a été réalisée à l'aide du logiciel MISP_V1 développé par le BRGM. Elle permet de calculer une concentration résiduelle dans la nappe présente sous le site à partir d'une pollution potentielle unitaire traversant la barrière passive.

Le calcul d'équivalence s'appuie sur des critères qui sont volontairement pénalisant comme par exemple :

- la perméabilité des Marnes et Caillasses qui a été prise à $6,3.10^{-5}$ m/s (valeur pénalisante correspondant à la plus élevée des mesures réalisées sur site) ;
- la perméabilité des sables qui a été prise à $61,1.10^{-5}$ m/s (valeur pénalisante correspondant à la plus élevée des mesures au laboratoire) ;
- nous avons choisi le point du site où la différence entre la cote de la nappe et le toit de la barrière passive est minimale (angle nord, où cette épaisseur n'est de 13 m, alors qu'elle est de plus de 20 m au sud) ;
- nous avons pris comme épaisseur du GSB 6 mm alors qu'il est de 8 mm une fois hydraté.

Nous avons calculés les structures suivantes :

- Cas 1 : solution réglementaire (1 m + 5 m) + 7 m de calcaire en place ;
- Cas 2 : solution équivalente (1 m à 10^{-9} m/s + 2 m de Marnes en place à $6,3.10^{-5}$ m/s + 10 m de calcaire en place ;
- Cas 3 : solution pénalisante sans prise en compte des calcaires sous-jacents ;

- Cas 4 : cas spécifique de la BP où les sables se substituent aux marnes et Caillasses.

Les performances des différents cas ont été comparées au cas réglementaire (cas 1). Une structure est au moins équivalente au cas réglementaire dès lors que la concentration d'un polluant dans la nappe est inférieure à celle issue du dispositif réglementaire.

Les rapports de performances, présentés dans la figure ci-dessous, sont réalisés par rapport au cas réglementaire :

- Si le rapport est supérieur à 1 : la solution offre une protection supérieure au cas réglementaire, la solution est donc recevable ;
- Si le rapport est inférieur à 1 : la solution n'est pas recevable car le degré de protection de la structure étudiée est inférieur à celui du cas réglementaire.

Les résultats sont illustrés ci-dessous. Il en ressort que :

- La concentration résultante pour le cas réglementaire (cas 1) dans la nappe est de $1,31.10^{-4}$ mg/l ;
- La structure proposée (cas 2) est au moins équivalente à la structure réglementaire, elle offre une protection de l'ordre de 11 % meilleure que la réglementation (concentration de $1,17.10^{-4}$ mg/l) ;
- Même sans les 10 m de calcaire en place, la structure est recevable (10 % meilleure que la structure réglementaire) ;
- Le cas particulier de la zone où les marnes et caillasses ont été totalement érodées et substituées par les sables de Beauchamp, est également recevable (de l'ordre de 11 % meilleur que la structure réglementaire).

4.2.2.2 Cas des flancs

Selon la législation française pour la reconstitution d'une structure équivalente sur les flancs, l'épaisseur sur les flancs n'est pas spécifiée (*comme illustré ci-dessus par le schéma p. 82, extrait du guide AFNOR BP X 30-438*).

Pour les flancs, un calcul d'équivalence est sujet à caution. En effet, la problématique est autrement plus complexe que celle des fonds car la composante « stabilité mécanique » y est prépondérante. Ainsi, pour un GSB en flanc, dès lors qu'il n'y a pas de venues d'eaux latérales et qu'une étude de stabilité démontre la tenue à court et à long terme de la structure mise en place, l'équivalence est actée sans nécessiter un calcul d'équivalence.

Comme il n'existe pas de venues latérales et que le profil de stabilité a été justifié par une note de calcul, l'équivalence par GSB est actée sur les flancs.

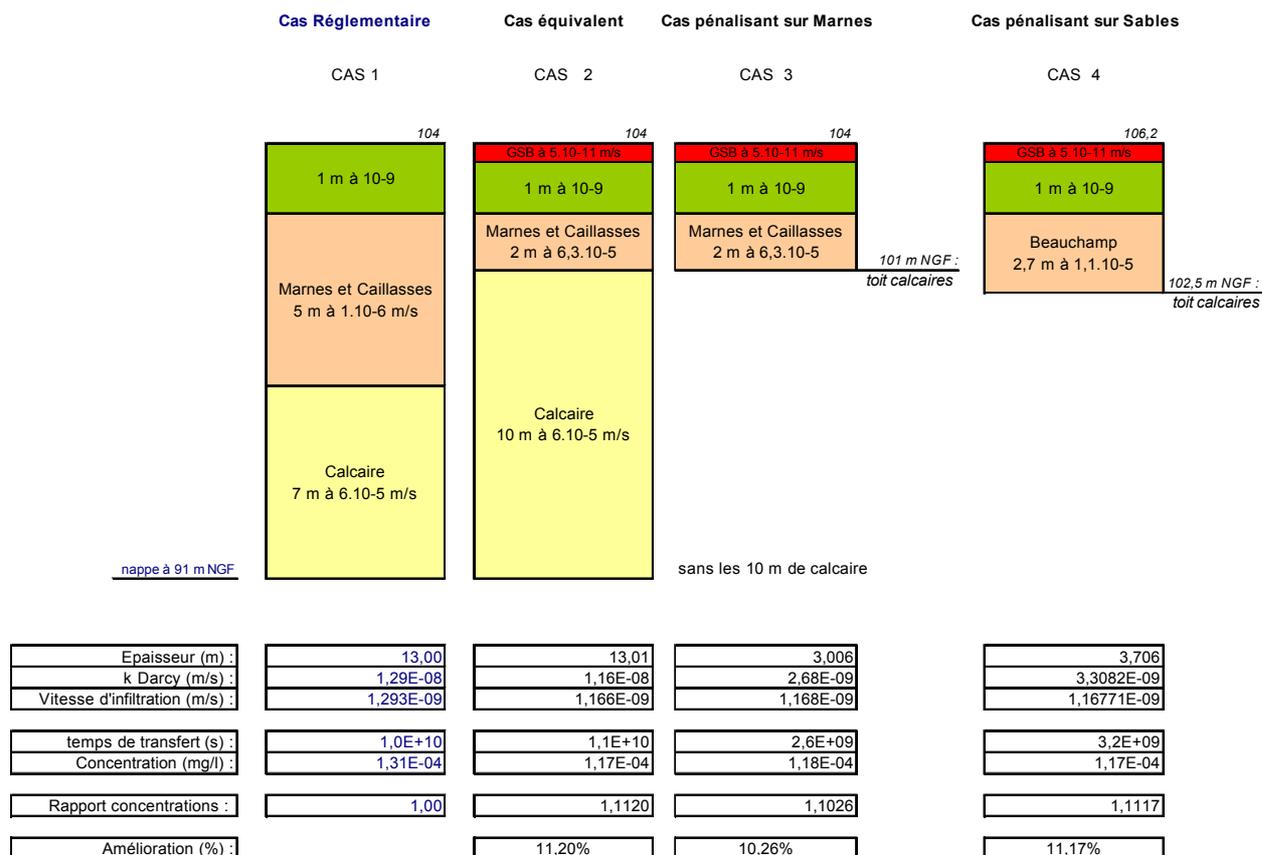


Figure 28. Résultats des calculs d'équivalence en fond.

4.2.3 Structure recommandée

4.2.3.1 Recommandation 1 : altitude de la base de la barrière passive reconstituée

L'altitude du toit de la barrière passive reconstituée sera placée, a minima, 3 m au-dessus du toit des calcaires en place (Voir argumentaire [paragraphe 4.2.1.3.1](#), page 85).

L'altitude du fond de forme préconisé est donc conforme à la réglementation et est même sécuritaire compte tenu de l'épaisseur de terrain en place au-dessus des plus hautes eaux de la nappe.

4.2.3.2 Recommandation 2 : couche imperméable à $k < 1.10^{-9}$ m/s en fond

La couche peu perméable mise en place en fond de forme doit avoir une épaisseur minimale de 1 m et doit se prolonger sur la base des flancs, de façon à créer une forme en « cuvette » étanche, sur une hauteur verticale de 2 m au-dessus du fond de forme (Cf. [figure 29](#)).

La constitution de la couche très peu perméable de la barrière passive doit suivre, a minima, les prescriptions suivantes :

- Planche d'essais préalable pour définir de la perméabilité du matériau pressentie afin de préciser la teneur en eau, le dosage en bentonite et l'intensité de compactage nécessaires à l'obtention du 1.10^{-9} m/s ;
- Mise en œuvre d'une couche d'au moins 1 m d'épaisseur homogénéisée et compactée à $k < 1.10^{-9}$ m/s en fond et de 0,5 m sur les flancs jusqu'à une hauteur de 2 m par rapport au fond (*mesurée au-dessus de la couche de 1 m*) à la teneur et à l'énergie de compactage définis par la planche d'essai ;
- Contrôle in situ de la conformité des couches compactées (perméabilité et épaisseur) de manière à obtenir le coefficient de perméabilité de service à $k < 1.10^{-9}$ m/s sur 1 m d'épaisseur en fond et sur la base des flancs.

Au-dessus de cette barrière passive, sera mise en place la barrière active réglementaire (*association d'une géomembrane étanche et d'une couche drainante*).

4.2.3.3 Structure recommandée pour les flancs

Selon la législation française, pour la reconstitution d'une structure équivalente, l'épaisseur n'est pas spécifiée en flanc, comme illustré ci-dessus par le schéma p. 82 (extrait du guide AFNOR BP X 30-438).

Parmi les solutions équivalentes qui permettent de reconstituer la barrière passive, celle du GéoSynthétique Bentonitique (GSB) est fréquemment utilisée car elle satisfait aux performances hydrauliques définies par la réglementation ($k < 5.10^{-11}$ m/s).

Le GSB est un produit industriel manufacturé pour chacun de ses composants. Parmi ceux-ci, la bentonite appartient à une famille spécifique d'argiles dont la composition chimique est importante en ce qui concerne sa perméabilité. On distingue ainsi :

- La bentonite sodique naturelle, issue de gisements nord-américain et indien ;
- La bentonite calcique activée, d'origine européenne.

Les principes d'aménagement du fond et des flancs sont [figure 29](#).

Sur la totalité des flancs et en continuité du fond, on recommande de poser un Géosynthétique Bentonitique à bentonite calcique activé (GSB) en nappe de 0,8 cm d'épaisseur (*en service après humidification*), dont les caractéristiques hydrauliques à $k < 5.10^{-11}$ m/s, sont au moins équivalentes à celles de la couche de 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s.

Le GSB sera plaqué sur les flancs jusqu'à la tranchée d'ancrage au sommet du projet. L'entreprise de pose des géosynthétiques devra être certifiée ASQUAL et devra respecter l'état de l'art en matière de fourniture et pose de ces matériaux, tel que décrit dans le fascicule du *Comité Français des Géosynthétiques* relatif au GSB.

4.2.3.4 Structure recommandée pour les flancs en appui sur LSP1

Pour le cas particulier de la barrière passive en flanc en appui sur le massif de déchets de LPS1, nous recommandons de mettre également en place un GSB en continuité du fond.

Ce dispositif est conforme à la réglementation dès lors qu'aucune charge hydraulique équivalente à un fond de site ne s'applique. Ainsi, il est nécessaire :

- de conserver une pente de 3 % à l'interface entre les 2 installations ;
- de mettre en place un géotextile de drainage au-dessus de la géomembrane pour favoriser le drainage.

Ainsi, au niveau de l'ancienne route périphérique sur LSP1 (zone de replat), un reprofilage est nécessaire avant la mise en place de la barrière passive de LSP3 en appui afin d'obtenir un profil suffisamment penté en continuité de la couverture (voir illustration sur le profil de stabilité en figure 32 en page 98.

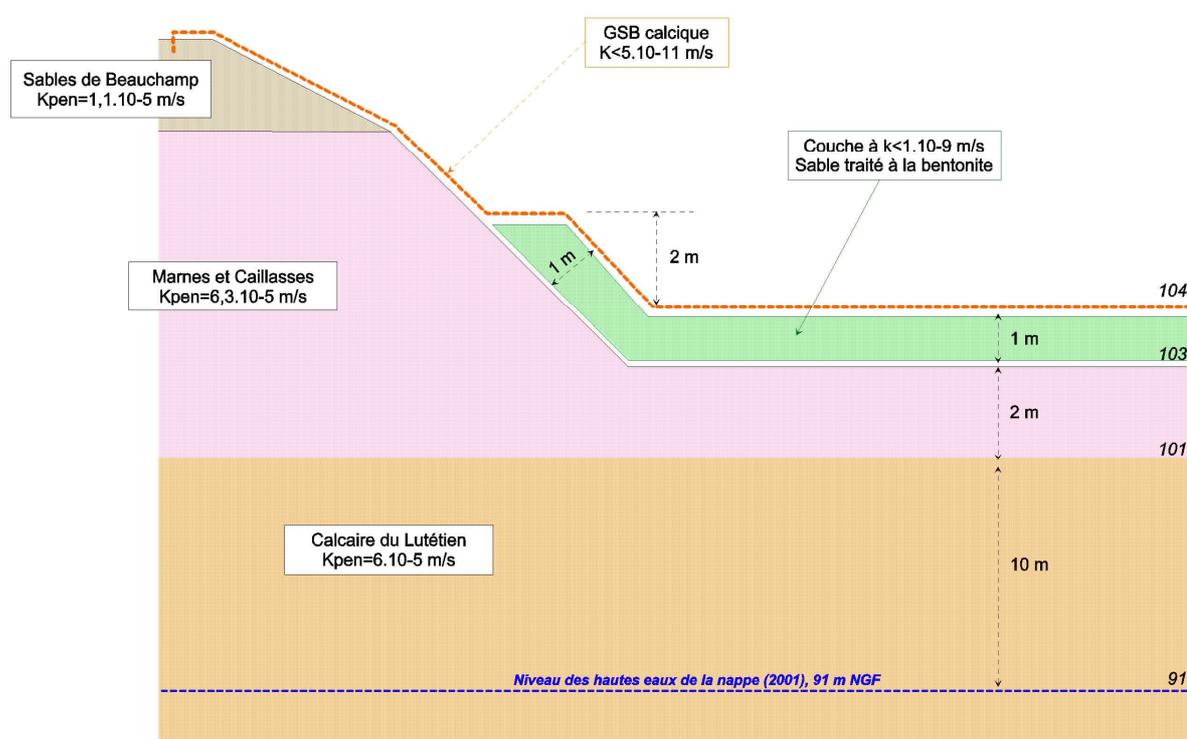


Figure 29. Structure de la barrière passive préconisée en fond et en flanc de l'ISDND.

4.3 Mesures de protection de la qualité des eaux

Ce paragraphe ne concerne pas le calcul de lixiviats (hors mission). Les éléments développés ci-après sont axés sur la définition du réseau de contrôle piézométrique, sur la capacité du bassin de gestion des eaux internes, sur le dimensionnement des fossés de gestion des eaux externes et internes ainsi que sur le mode de rejet des eaux à l'aval du site.

Les éléments de calculs sont détaillés en [annexe 9](#).

4.3.1 Réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines pour la zone d'extension

La réglementation prévoit des mesures de contrôle de la qualité des eaux souterraines par la mise en place d'un réseau piézométrique sur la totalité du site.

Nous proposons de compléter le réseau de contrôle par un ouvrage supplémentaire qui a été réalisé dans le cadre de l'étude : PZVIII.

La zone d'extension aura ainsi 3 piézomètres à l'aval :

- PZIII et PZ VIII en aval proximal ;
- PZ VII en aval éloigné.

PZ V sera le piézomètre amont spécifique à la zone d'extension.

4.3.2 Mesures de protection de la qualité des eaux de surface

Comme il n'y a pas de réseau hydrographique qui traverse le site, les eaux de ruissellement extérieures ne sont pas concernées par l'exploitation du projet. Elles sont donc détournées dans des fossés périphériques extérieurs au site.

Les eaux de ruissellement sur la surface du site sont collectées dans des fossés et conduites dans un bassin dimensionné, a minima, pour stocker l'équivalent d'une pluie de retour décennal.

En fonction de l'origine de ces eaux et de leur usage, on pourra prévoir un contrôle en continu de la qualité des eaux stockées dans le bassin.

Ainsi, dès lors que l'exploitation respecte les prescriptions sur les rejets fixées dans l'arrêté d'autorisation, il n'y a pas d'effets prévisibles, ni sur les eaux de surface, ni à l'aval sur la ressource en eau souterraine.

4.3.3 Détournement des eaux extérieures au site

La position du site, en tête de bassin versant, limite sensiblement la gestion des eaux extérieures : l'amont de la zone projetée (au sud, voir paragraphe 3.6 p. 71) a une superficie d'environ 50 000 m² (environ le tiers de la superficie du bois du Bochet).

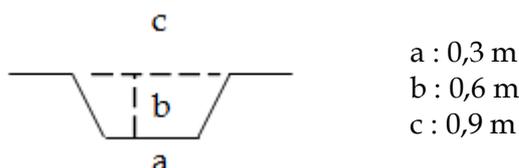
Un fossé extérieur sera mis en place sur les flancs nord, sud et est du projet (le flanc ouest est en continuité de l'ISDND actuelle). Voir [figure 30](#) en [page 95](#).

Le débit maximal attendu à détourner a été calculé sur la base de la pluie décennale 15 minutes tel que préconisé par l'ADEME (cahier technique sur les centres de stockage de déchets de 1998) et en respect de la réglementation (AM du 9/09/1997 modifié). Il s'élève à près de 290 l/s avec les données d'entrée suivantes :

- Superficie amont 50 000 m² (375 m de long par 125 m de large) ;
- Pente moyenne 5,4 %, couvert végétal : bois, coefficient de ruissellement induit : 35 % ;
- Pluie décennale 15 min (station de Beauvais-Tille) : 14,89 mm.

Le fossé extérieur au Sud et à l'Est acheminera les eaux au nord-est dans le fossé SNCF qui forme l'exutoire naturel des eaux à l'échelle locale.

Le fossé Sud et Est mesurera environ 580 m et sera creusé dans le terrain naturel. Le fossé sera de forme trapézoïdale avec les caractéristiques suivantes (fossé classique) : 0,3 m en fond, 0,9 m en tête et 0,6 m de hauteur



Le débit possible du fossé extérieur sera de près de 2m³/s (calcul selon la méthode de stickler, voir ci-dessous) et permettra de détourner aisément les venues d'eau en provenance de l'amont (calculées à 290 l/s).

Formule de STRICKLER qui donne le débit dans un ouvrage type fossé. La formule mathématique est de la forme :

$$Q = KSR^{2/3} I^{1/2}$$

Q : débit moyen dans la canalisation (m³/s) ; S surface mouillée (m²) ; R égal à S/P où P est le périmètre mouillé (m), I la pente (égale à 1,9 % pour le fossé concerné) et K le coefficient de Strickler mesurant la rugosité du fond de la canalisation (pris à 50, donné par des abaques spécifiques à la formule).

4.3.4 Gestion des eaux internes

4.3.4.1 Fossés voirie

La voirie spécifique au projet représente un linéaire de 1500 m pour une largeur de 4 m soit une surface de 6 000 m² répartie en 4 portions (voir [figure 30](#)).

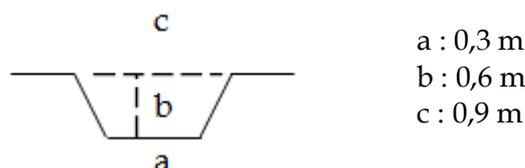
Un réseau de fossé spécifique sera mis en place afin de collecter les eaux de ruissellement en provenance de ces voies.

Comme précisé dans le [tableau 18](#) ci-dessous, le débit maximal induit (pluie décennale 15 minutes) s'élève au total à un peu moins de 100 l/s (25 l/s pour le fossé voirie nord, F1) et 70 l/s pour le fossé voirie sud, F2 à F4).

	F1	F2	F3	F4 + F2 + F3
longueur (m)	390	530	410	170
pente (%)	3,1	2,5	1,2	4,4
coeff ruissellement	0,95	0,95	0,95	0,95
Qmax (m ³ /s)	2,5E-02	3,3E-02	2,6E-02	7,0E-02
Q total (m ³ /s)	9,4E-02			
Q total (l/s)	94,3			

Tableau 18. Débit maximal des eaux de voirie (pluie décennale 15 min).

Les fossés mis en place seront étanches et auront les dimensions classiques suivantes :



Selon la formule de Strickler, ils permettront de drainer plus de 1 800 l/s (surdimensionnés).

4.3.4.2 Bassin de gestion des eaux internes

Les calculs ont été réalisés selon les préconisations de l'ADEME pour le mode de calcul (cahier technique sur les centres de stockage de déchets de 1998) et en respect de la réglementation (AM du 9/09/1997 modifié).

Ainsi, le bassin doit avoir une capacité de stockage correspondant à l'équivalent du volume généré par la pluie décennale tombant sur le site réaménagé (surface maximale) ainsi que sur les eaux de voiries.

Données d'entrée (fournies par 2NE) :

Surface pénalisante : site réaménagé de **11,8 ha** (selon données 2NE) ;

dont 11,2 ha de zone réaménagée et 0,6 ha de voiries.

- Pluie de référence :** Pluie décennale 24 h de **44,6 mm** (station de Beauvois-Tille) ;
- Pente topographique :** talus : 3 ha à 50 % ; dôme : 8,8 ha à 4 % moyen (selon le plan de réaménagement de 2NE) ;
- Type de couverture :** enherbée type pâturage avec un **coefficient de ruissellement moyen déterminé à 0,45**. (Coefficient de ruissellement de 0,6 pour les 3 ha de talus et de 0,4 pour les 8,8 ha du dôme, chiffres ADEME).

Sur ces bases et selon les préconisations de l'ADEME, le bassin devra avoir une capacité de stockage minimale de **2 502 m³** afin de pouvoir stocker l'équivalent de la pluie décennale 24 h tombant sur le site réaménagé et sur les voiries.

4.3.4.3 Mode et point de rejet envisageables

Compte tenu du contexte hydraulique et hydrogéologique, 2 modes de rejets restent envisageables :

- Un rejet de surface au droit du fossé de la voie SNCF localisé au Nord de la zone d'extension (point 2 de la figure 25) ;
- Un rejet par un bassin d'infiltration.

4.3.4.3.1 Rejet par le fossé SNCF

Le large fossé existant permet le recueil des eaux en provenance du site. Il sera nécessaire de le curer (actuellement enherbé).

Au droit du point noté 3 sur la [figure 25](#), les eaux traversent la voie ferrée et se perdent le long du champ dans un fossé peu matérialisé qui devra être reprofilé.

Il devra être dimensionné en fonction des débits mis en jeu (voir dossier technique). Compte tenu de la faible superficie de la zone projetée (de l'ordre de 10 ha), le fossé sera de petite section.

Un fossé trapézoïdal type de 0,5 m en fond, de 0,5 m de profondeur et de 1,5 m en tête permettrait de drainer plus de 700 l/s (753 l/s selon la formule de Strickler) avec une pente de 0,6 % et un coefficient de Strickler pris à 70).

4.3.4.3.2 Rejet par bassin d'infiltration

La nature des terrains impose aux eaux pluviales de s'infiltrer, il est donc tout à fait légitime de proposer un bassin d'infiltration comme mode de rejet.

La capacité maximale d'infiltration nécessaire correspond au stade post-exploitation où l'ensemble de la zone d'extension (11,8 ha) sera réaménagée.

Données d'entrée :

- Surface incidente : 118 000 m² ;
- Volume annuel induit : 100 % de la pluie efficace (150 mm) soit 17 700 m³ /an ;
- Perméabilité : 5.10⁻⁶ m/s (donnée défavorable, donc pénalisante pour les calculs)
- Lamme d'eau moyenne : 5 cm ;

Calcul (d'après la loi de Darcy) :

- Capacité totale de débit d'infiltration (pour 2 500 m²) : 0,625 l/s
- Temps de vidage : environ 328 jours.

Le temps de vidange annuel, correspondant à 90% de l'année ($328/365 = 90$), est recevable, mais il ne faudrait pas une surface d'infiltration inférieure à 2 500 m².

Un bassin poreux de 2500 m² (minimal) permettra d'infiltrer l'ensemble de la pluie efficace générée sur les 11,8 ha du site réaménagé à un débit moyen de 0,5625 l/s.

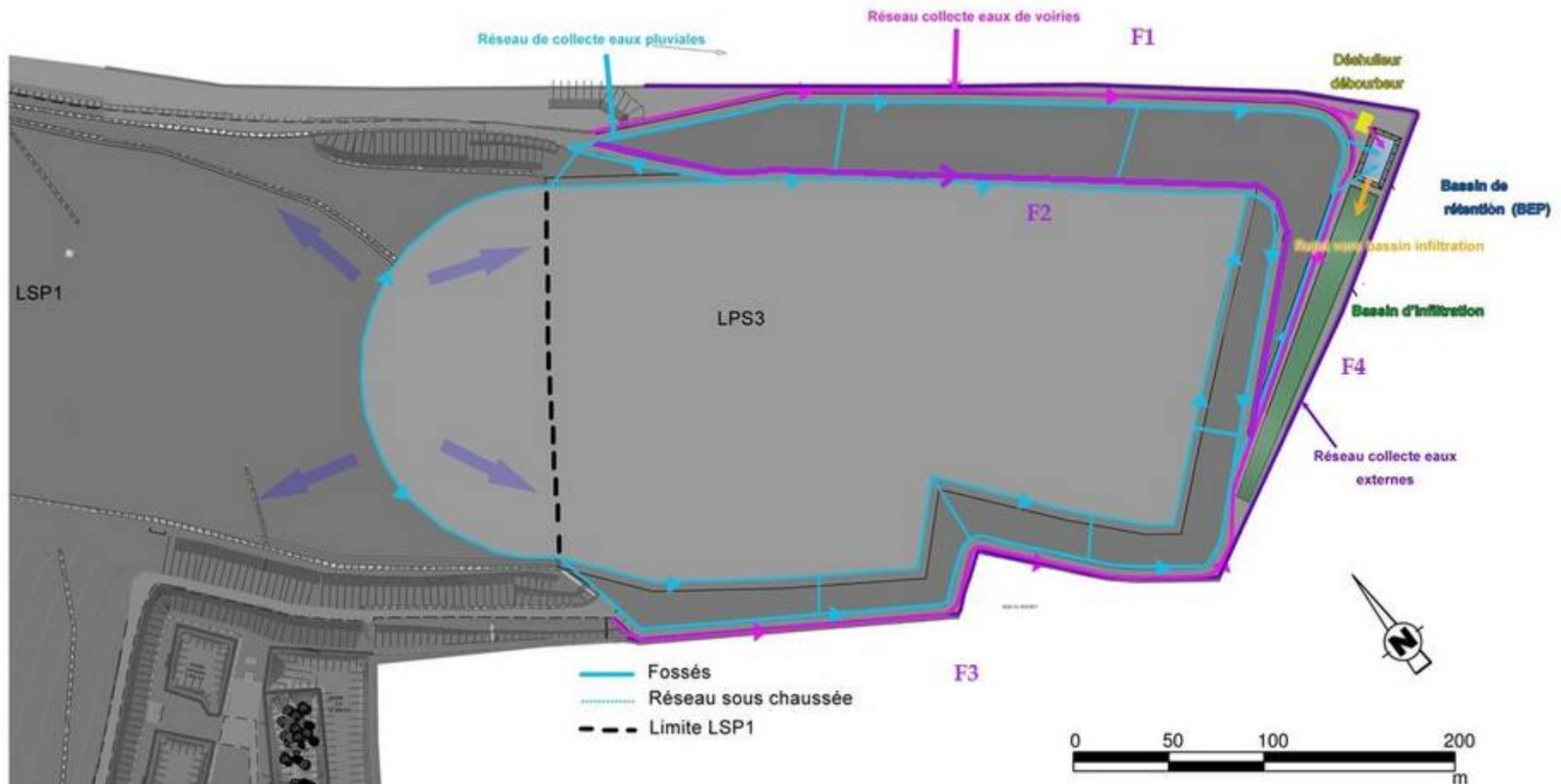


Figure 30. Schéma de gestion des eaux du site.

4.4 Etude de stabilité

3 types de calculs ont été réalisés par Technosol en collaboration avec ACG Environnement (étude de qualification géologique) et l'assistant au maître d'ouvrage :

- A. Stabilité au décaissement (définir le profil de stabilité au droit de la zone potentielle la plus profonde du site) ;
- B. Cas particulier de la zone d'appui entre LSP1 et LSP3 où des tassements théoriques sont possibles et méritent d'être étudiés ;
- C. Stabilité de la digue périmétrique qui sera mise en place.

Les études de stabilité ont été réalisées par Technosol en amont du projet technique sur la base des données géotechniques acquises sur le site et en respect des règles de l'art (logiciel Talren pour la stabilité et Plaxis 2D pour les tassements). Elles sont détaillées en annexe 8 du dossier de qualification.

Elles ont servi de base à la définition du projet tel que présenté dans le dossier technique. Ainsi, les profils étudiés sont plus pénalisants que ceux finalement retenus par le pétitionnaire.

Les problématiques majeures viennent :

- De la présence du Sable de Beauchamp en tête de site dont les caractéristiques géomécaniques sont moins bonnes que les Marnes et Caillasses sous-jacentes ;
- De la proximité de LSP1 (LSP3 vient en appui de LSP1 sur la frange nord-ouest).

Pour les calculs de stabilité de décaissement (A) et plus spécifiquement au droit de la zone d'appui (B), TECHNOSOL s'est basé sur un profil initial réalisé par 2NE (présenté ci-après) : il s'agit du profil théorique moyen pénalisant à étudier avec :

- Un profil localisé au nord-ouest du site au droit de la zone d'appui avec LSP1 (zone la plus complexe d'un point de vue stabilité géotechnique) ;
- Un décaissement maximal avec un toit de la BSP à 104 m NGF (soit un fond de terrassement à 103 m NGF, altitude minimale telle que définie dans l'étude de qualification réalisé par ACG Environnement) ;
- Une hauteur finale maximale du site à 135 m NGF.

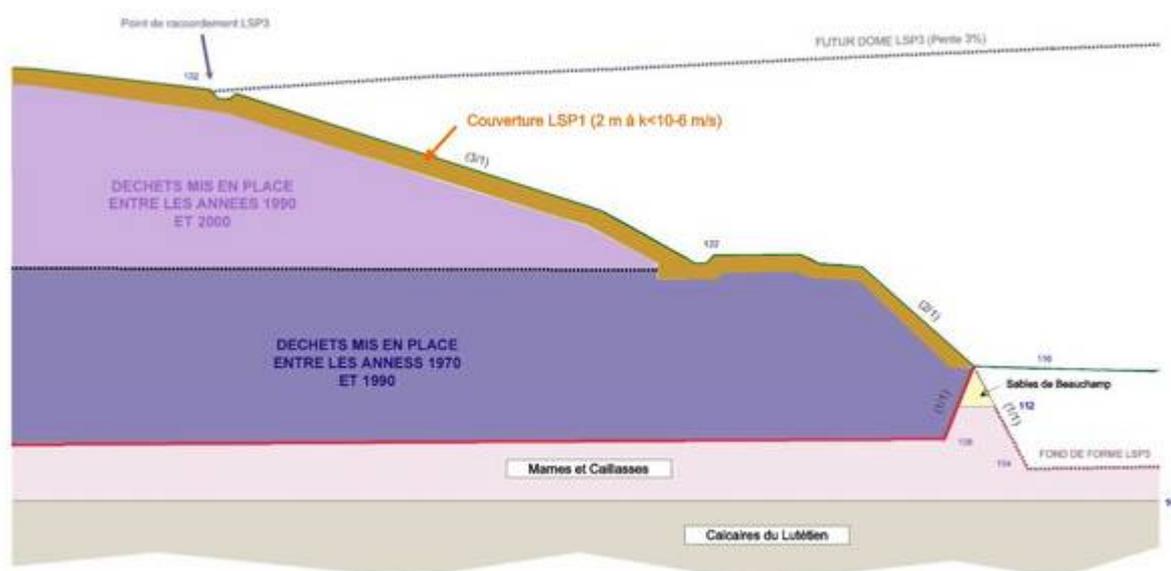


Figure 31. Profil initial préliminaire aux études de stabilité.

4.4.1 Stabilité au décaissement

3 structures stables sont présentées dans le dossier d'études géotechniques, basées sur les cas possibles demandés par le client et l'assistant au maître d'ouvrage :

1. Justifier d'un talus stable pour une pente unique en flanc de 1H/1V aussi bien dans les sables que dans les Marnes et Caillasses

Résultat : Pour assurer une stabilité avec une pente unique de 1H/1V, il convient de s'écarter de LSP1 en positionnant l'entrée en terre de 20 m de LSP1

2. Justifier d'un talus stable avec une pente unique et une entrée en terre au plus proche de LSP1

Résultat : Sans retrait par rapport à LSP1, il convient de terrasser les talus avec une pente unique de 3H/1V

3. Justifier d'un talus stable en se collant à LSP1 et en optimisant la pente du talus en fonction de la nature des matériaux (sables et marnes)

Résultat : Il convient de terrasser de 3H/1V dans les sables et de 1H/1V dans les marnes

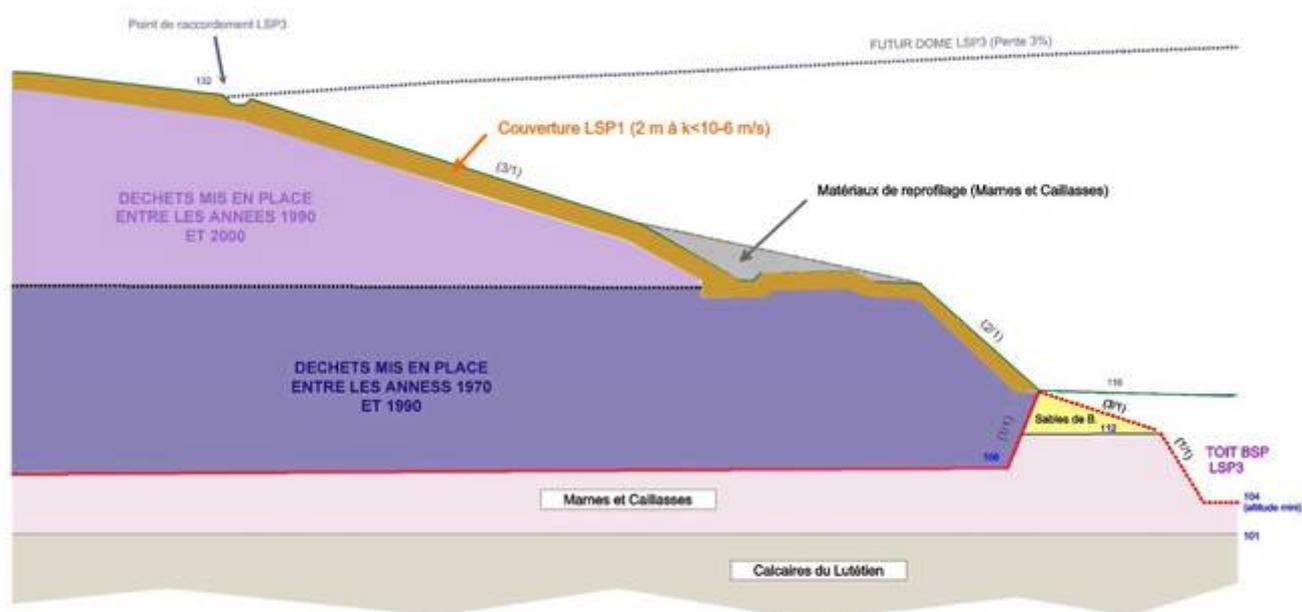


Figure 32. Profil de stabilité optimisé (Technosol).

4.4.2 Etude de tassement et de glissement à l'interface LSP1/LSP3

L'étude spécifique a été réalisée par le bureau d'étude géotechnique de Technosol.

Les calculs ont été réalisés avec le logiciel PLAXIS 2D afin d'étudier la stabilité du site et d'estimer les tassements des déchets antérieurs (LPS1).

L'étude de stabilité s'est donc attachée à déterminer le profil sécuritaire au décaissement en appui de LSP1 en déterminant les pentes maximales admissibles compte tenu de la nature des matériaux en place (Sables de Beauchamp non cohésifs) et en imposant une surface de glissement induite par la présence de la barrière active (géomembrane PeHD et géotextile de drainage) et de la barrière passive (GSB). Pour se faire, il a été déterminé le profil le plus pénalisant (hauteur de décaissement maximisé, hauteur de sable maximisé et paramètres géomécaniques pénalisants pour tous les paramètres du modèle).

Le résultat de la modélisation sous plaxis 2D, avec des paramètres pénalisants, ont montré que la stabilité est assurée avec un tassement maximal faible de 1,25 m pour LSP3 et inférieur à 0,2 m sur LSP1.

4.4.3 Stabilité de la digue périmétrique

La zone de stockage est entourée d'une digue autostable dont la largeur en haut de digue est de 5 m.

La problématique majeure vient du fait qu'il est envisagé un roulage sur la digue par les camions.

Les calculs ont été réalisés selon la géométrie définie par 2NE :

- Les pentes externes de la digue périphérique seront de 2/Horizontal pour 1/Vertical.
- Les pentes internes à cette digue seront quant à elle de 1/Horizontal pour 1/Vertical.

Les résultats montrent une stabilité assurée pour la géométrie étudiée. Les pentes externes de la digue périphérique sont adoucies et assurent la stabilité à long terme de la digue et l'insertion paysagère du site.

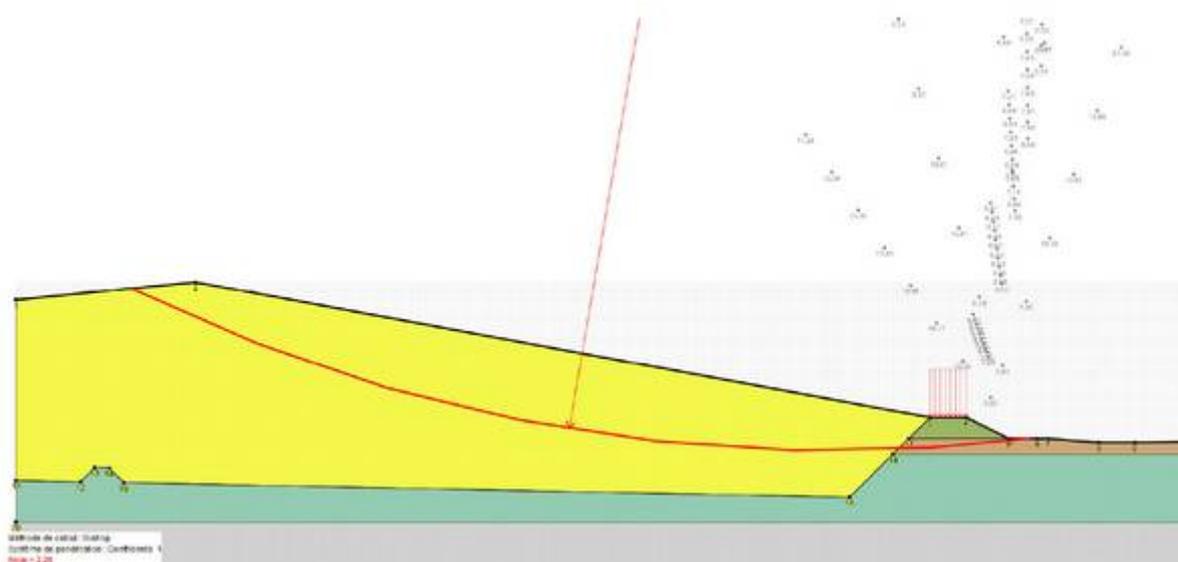


Figure 33. Profil de stabilité de la digue périmétrique (Technosol).

5

Conclusion

La mission réalisée suit les recommandations du « *Guide de bonnes pratiques pour les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de sites d'installations de centres de stockage de déchets* » de décembre 2009.

Les mesures et observations sont suffisamment nombreuses pour être représentatives ; les données sont suffisamment précises et variées pour qu'une interprétation objective puisse être proposée.

Le volume important de données sur ce site (existantes et nouvelles acquises) permet d'élaborer un diagnostic favorable à l'implantation de l'extension de l'Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux.

Les paragraphes ci-après sont la reprise des conclusions d'étapes du présent rapport.

5.1 Etude d'aptitude

L'étude d'aptitude aux échelles régionales et locales a été réalisée à partir de sources bibliographiques et documentaires. Le site répond aux critères d'aptitude tels que définis par la Guide de Bonnes Pratiques de l'AFNOR (*BP X 30-438*), paru en décembre 2009, pour la reconnaissance de sites d'installation de stockage de déchets.

Les critères d'aptitude géologique, hydrogéologique et hydrologique aux échelles régionales et locales **restent globalement favorables (peu contraignants) à une poursuite d'exploitation de l'ISDND, sous réserve de la mise en place de mesures compensatoires comme la reconstitution et le renforcement de la barrière passive réglementaire.**

Contexte géologique :

Le projet est localisé en terminaison septentrionale du Vexin caractérisé par une région de plateaux calcaires entaillés par les cours d'eau. Les formations tertiaires qui forment le Vexin sont majoritairement sableuses à la base (sable de Cuise), marno-calcaires en son cœur (calcaires du Lutétien et Marnes et Caillasses) et sableuses au sommet (sables de Beauchamp).

Le site est en domaine de plateau et situé à plus de 2 km de la vallée de la Viosne, rivière qui entaille le plateau calcaire. Au droit du site, sous les sables de Beauchamp, on retrouve les Marnes et Caillasses, formations les plus aptes à former la barrière de

sécurité passive en place ou, en tout état de cause, les moins contraignantes (comparées au Calcaire du Lutétien).

Le secteur est affecté de structures cassantes qui ont jouées au Bartonien avec deux directions principales (N/S et NW/SE) empruntées par le réseau hydrographique.

Le contexte géologique local est jugé contraignant car la présence d'une barrière passive au sens de l'arrêté ministériel n'est pas attestée (5 m à perméabilité inférieure à 1.10^{-6} m/s).

Cependant, dans le Vexin, les zones de plateau sont les plus aptes à accueillir une ISDND (zones les moins fracturées, substratum formé par les Marnes et Caillasses). Il est à prévoir la reconstitution de la barrière passive telle que prévue par la réglementation (mesure compensatoire).

Contexte hydrogéologique :

- Le premier niveau d'eau sous le site est formé par la nappe de l'Eocène moyen contenue dans un aquifère multi-couches constitué des calcaires et sables du Lutétien et des sables de Cuise.
- La nappe, d'extension régionale, est drainée par le réseau hydrographique : elle s'écoule donc en concordance avec le modelé topographique et suit également la structure géologique régionale (synclinal de la Viosne) ;
- La position du site, en tête de bassin versant sur le plateau calcaire, est la position la moins contraignante d'un point de vue hydrogéologique puisque la nappe se trouve à forte profondeur et partiellement protégée par les Marnes et Caillasses. Le niveau piézométrique moyen, déduit des cartes de référence, est à forte profondeur aux alentours de 85 à 90 m NGF (25 à 30 m de profondeur) ;
- La ressource AEP captée en service n'est pas vulnérable au projet :
 - Le forage d'eau potable de Lavilletterte en aval hydrogéologique du site (périmètre à 1,2 km au sud), n'est plus utilisé pour la ressource en eau de la ville qui a été rattachée au réseau de Liancourt ;
 - Tous les autres ouvrages aux environs du site sont dans des bassins versants différents de celui qui concerne le projet.

Compte tenu de ces éléments, le contexte hydrogéologique local est jugé comme peu contraignant car la nappe, bien qu'à usage sensible à l'échelle régionale, est située à forte profondeur et n'est plus captée pour l'AEP en aval du site.

Cependant, l'aptitude hydrogéologique est conditionné par la mise en place des barrières de sécurité passive et active ainsi qu'à une gestion rigoureuse des eaux du site afin de s'assurer d'une bonne protection de la nappe de l'Eocène telles que prévues par la réglementation (mesure compensatoire).

Les critères positifs pour le choix du site à l'échelle régionale sont les suivants :

1. En faveur de son aptitude géologique :
 - La localisation en zone de plateau, recouvert par les Marnes et Caillasses ;
 - L'absence de discontinuités structurales signalées en zone de plateau.
2. En faveur de son aptitude hydrogéologique :
 - L'absence d'effets potentiels sur les captages d'eau potable en service ;
 - La forte profondeur de la nappe de l'Eocène.

5.2 Etude de qualification

5.2.1 Qualification géologique du site

Les caractéristiques des formations géologiques constituant le substratum du site sont clairement identifiées par les nombreux forages effectués, sondages carottés, sondages à la tarière, diagraphies dans les forages destructifs, campagne de mesures géophysiques.

Les données pertinentes sont les suivantes (de la base vers le sommet) :

- Le calcaire du Lutétien est légèrement penté vers le nord (< 1,8 %) en direction d'une flexure qui passe grossièrement au niveau de la voie ferrée au nord immédiat du site. La cote du toit varie de 107 à 101 m NGF pour une cote moyenne à 104 m NGF, soit une profondeur de l'ordre de 9 m ;
- Les Marnes et Caillasses ont partiellement été érodées au droit d'une paléo-vallée bartonienne d'axe Ouest-Est qui affecte le ¼ Est du site. L'épaisseur des Marnes, hors paléo-vallée, varie de 8 à 12 m. On les retrouve directement sous limons sur le tiers nord du site ;
- Les sables bartoniens sus-jacents ont une épaisseur moyenne de 3 à 4 m sur la moitié sud-ouest du site. Ils sont absents au nord. Dans l'axe de la paléo-vallée qu'ils ont comblée, l'épaisseur peut atteindre près de 12 m.

Ainsi, le projet qui implique un décaissement pour les besoins de la création du vide de fouille, ne devra pas atteindre les calcaires du Lutétien qui est une formation aquifère.

Il conviendra de conserver, a minima, 2 m de matériau au-dessus du toit de la formation (voir plus loin).

Il est prévu de s'ancrer dans les Marnes et Caillasses, formation la moins contraignante et la plus apte à former la barrière de sécurité passive du site. Sa nature argilo-marno-calcaire ne garantit pas, a priori, toutes les garanties nécessaires en terme de perméabilité et en terme de continuité (elles ont, en effet, totalement été érodées ponctuellement dans l'axe de la paléo-vallée au droit de SC1).

De même la perméabilité des Marnes et Caillasses ainsi que celle du toit des Calcaires du Lutétien testée selon les normes actuelles (NF X 30-423) n'est pas inférieure au seuil réglementaire (1.10^{-6} m/s). Les nouvelles données confirment les études menées en 1999.

Des mesures compensatoires devront être mise en place pour répondre aux exigences réglementaires, avec en particulier :

- La reconstitution du mètre supérieur de la barrière passive à $k < 1.10^{-9}$ m/s ;
- Le renforcement de la barrière passive du fait de l'absence partielle des 5 m à $k < 1.10^{-6}$ m/s (épaisseur acquise mais perméabilité supérieure).

La structure proposée devra faire l'objet d'une étude de dimensionnement (calcul d'équivalence de la barrière passive).

5.2.2 Qualification hydrogéologique du site

Le premier niveau de nappe sous le site est contenu dans l'aquifère multicouches formé des calcaires du Lutétien et des sables de Cuise. La nappe se rencontre à forte profondeur (en moyenne à 25 à 30 m sous le site), soit une cote piézométrique moyenne de 87 à 84 m NGF d'amont en aval du projet.

Les 8 piézomètres de l'ISDND ont permis de tracer l'esquisse piézométrique locale qui confirme les données développées dans l'étude d'aptitude régionale : la nappe s'écoule du nord vers le sud avec un gradient relativement faible de 0,5 % en direction de la Viosne qui draine la nappe. Une ligne de source marque l'émergence de la nappe en fond de vallée (cote de 80 à 75 m NGF d'amont en aval de la vallée).

Les plus hautes eaux de la nappe, qui datent de 2001, ont été définies et varient de 91 à 87,5 m NGF d'amont en aval de la zone d'extension soit une profondeur de plus de 20 m au point bas et de plus de 30 m au point haut du site. Ces plus hautes eaux servent de base au calcul d'équivalence de la barrière passive.

La vulnérabilité de la nappe est forte dans les vallées où l'aquifère et la nappe affleurent. Elle est plus faible sur le plateau qui contient le site puisque la nappe est à forte profondeur et partiellement protégée par les Marnes et Caillasses.

Compte-tenu des éléments développés ci-avant, le contexte hydrogéologique est considéré comme favorable à l'implantation du projet :

- sous réserve de la mise en place d'une barrière de sécurité passive au moins équivalente à la réglementation en fond de site ;

- **sous réserve de rejets d'eau de surface conformes aux normes de l'arrêté préfectoral.**

La nature des matériaux de surface impose à l'eau pluviale de s'infiltrer.

Il existe 2 possibilités de rejet des eaux de la zone d'extension :

- **Soit un rejet par eau de surface dans le fossé de la voie SNCF au Nord de la zone d'extension, seul point possible car plus au Sud la voie ferrée est en contre-bas du site ;**
- **Soit un rejet par infiltration au droit un bassin spécifique (conforme au régime hydrologique du site).**

5.3 Préconisations techniques

La structure et l'altitude de la barrière passive ont été déterminées par un calcul d'équivalence. Le projet est recevable eu égard à l'arrêté ministériel et même sécuritaire d'un point de vue protection de la ressource en eau sous réserve :

1. De positionner la base de la barrière passive reconstituée 2 m au-dessus du toit des calcaires du Lutétien ;
2. De reconstituer la couche à $k < 1.10^{-9}$ m/s en fond de site par compactage des sables de Beauchamps (dopage à la bentonite à 2%) ;
3. De mettre en place, en fond et en flanc un GSB calcique.

5.4 Justification réglementaire

Le tableau, en page suivante, présente les prescriptions réglementaires, les données du site et les recommandations prises dans le projet d'aménagement.

N° article	Prescription A.M. modifié	Données acquises de l'état initial	n°§ et page	Recommandations	N° § et p.
Art. 10	Le contexte géologique et hydrogéologique doit être favorable.	<p><u>Le contexte géologique est Contraignant</u> : la barrière passive est constitué par les Marnes et Caillasses et les Calcaires du Lutétien qui n'apporte pas toutes les garanties en termes de perméabilité</p> <p><u>Le contexte hydrogéologique est favorable</u> : la première nappe située sous la barrière passive, est forte profondeur sous le fond de forme du site.</p>	<p>§ 3.3 p.41</p> <p>§3.5, p.60</p>	Positionner le fond de forme du site 3 m au-dessus du toit des calcaires du Lutétien et mise en place d'une barrière passive justifiée par un calcul d'équivalence	§ 4.2 p. 81
Art. 10	Risque d'inondation.	Site hors zone inondable.	§ 2.1.4.5, p. 12	Sans objet.	/
Art. 11	Le niveau de protection sur la totalité du fond et des flancs de la barrière reconstituée doit être équivalent.	<p>Présence partielle de la couche inférieure de la barrière passive réglementaire en termes d'épaisseur, absente en termes de perméabilité.</p> <p>Absence de la couche supérieure très peu perméable de la barrière passive.</p>	§ 3.4 p. 55	<p>Reconstitution de la couche à $k < 10^{-9}$ m/s en fond par traitement à la bentonite et compactage des sables de Beauchamps de la couche de 1 m ou par apport d'argile extérieure.</p> <p>Renforcement de la barrière passive en fond par la mise en place d'un GSB.</p> <p>Reconstitution de la barrière sur les flancs par un GSB.</p>	§ Erreur ! Source du renvoi introuvable. p.81
Art. 15	Eviter une alimentation latérale ou par la base des casiers.	Absence de venues latérales en provenance des sables de Beauchamps	§3.6, p. 71	Sans objet.	/
Art. 38	Point de rejet des eaux du site.	Fossé de la voie ferrée ou bassin d'infiltration	§3.6 p. 71		§4.3.2 p. 90

Tableau 19. Justification réglementaire.

SIGLES ET ABREVIATIONS

- ADES** : Accès aux Données sur les Eaux Souterraines ;
- AFNOR** : Agence Française de NORmalisation ;
- A.E.P.** : Alimentation en eau potable ;
- A.E.S.N.** : Agence de l'Eau Seine Normandie
- A.M.** : Arrêté Ministériel du 09 septembre 1997, modifié le 18 juillet 2007 ;
- A.R.S.** : Agence Régionale de la Santé ;
- B.R.G.M.** : Bureau de Recherche Géologique et Minier ;
- B.S.S.** : Banque de données du Sous-Sol ;
- CBR** : California Bearing Ratiotest (essai de portance selon la norme NF P 94-078)
- D.D.A.E.** : Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter ;
- IPI** : Indice portant immédiat
- I.S.D.N.D.** : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux ;
- GTR** : GéoTechnique Routière ;
- I.G.N.** : Institut Géographique National ;
- k** : coefficient de perméabilité, s'exprime en m/s ;
- M.a** : Million d'années ;
- N.G.F.** : Nivellement Général de la France ;
- O.P.N.** : Optimum Proctor Normal
- S.D.A.G.E.** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux ;
- TN.** : Terrain Naturel ;
- V.B.S.** : Valeur de Bleu Spécifique
- W_{nat} ou W_{opn}** : Teneur en eau naturelle ou à l'optimum Proctor.
- ZNIEFF** : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Géologie de la région parisienne, R. Soyer & A. Cailleux, *PUF, Paris*, 127 p., 1964.

Bassin de Paris, Guide Géologiques Régionaux, Ch. Pomerol & L. Feugeur *Masson et Cie édit.*, 174 p. 1968.

Données nouvelles sur la Thanétien supérieur du Nord du Bassin de Paris. B. Pomerol et al. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (7), t 19, n°1, pp. 155-164., 1977.

Synthèse géologique du Bassin de Paris. Cl. Mégny, *Mém. BRGM n°101*, 3 vol., 1980.

Carte géologique de la France 1/50 000 n°126 MERU, *BRGM éd.*

Carte géologique de la France à 1/1 000 000. J. Chantraine, A. Autran, Cl. Cavelier. *BRGM éd.*, 6^{ème} édition, 1996.

Carte topographique 1/25 000 de Chaumont-en-Vexin, n°22120, *IGN Paris*.

Arrêté ministériel relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) du 9 septembre 1997, (modifié le 18 juillet 2007).

Guide de recommandations pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets. Version 2. *MEEDAT*, 50 p. février 2009.

Aptitude hydrogéologique de sites de stockage de déchets ultimes non dangereux. B. Mouthier, *Géologues n°160*, pp. 95-101, 2009.

Guide de bonnes pratiques pour les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de sites de centres de stockage de déchets. BP X 30-438, *AFNOR*, novembre 2009.

Détermination du coefficient de perméabilité d'un terrain par essai à charge variable en forage ouvert. NF X30-423, révisée, *AFNOR*, 30p. septembre 2011.



SITA ILE DE EFRANCE

EXTENSION DE L'ISDND
DE LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE,
HYDROGEOLOGIQUE, HYDROLOGIQUE ET
GEOTECHNIQUE

DOSSIER DES ANNEXES

Ref. 2015/10/E49/V3

octobre 2015

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1. Données bibliographiques sur l'aptitude régionale**
Contexte naturel, risques naturels, sondages géologiques référencés à la BSS
- Annexe 2. Données AEP**
Périmètres de protection des captages AEP (ARS de l'Oise)
- Annexe 3. Sondages géologiques antérieurs**
BRGM 1988, Pontignac 1999
- Annexe 4. Campagne de sondages et mesures en laboratoire réalisés en 2013**
Techmosol
- Annexe 5. Données sur les mesures de perméabilités antérieures**
Pontignac 1999
- Annexe 6. Données géotechniques antérieures**
Etudesol 1999
- Annexe 7. Note d'équivalence de la barrière passive**
ACG Environnement, 2015
- Annexe 8. Calculs de stabilité**
Techmosol, 2015
- Annexe 9. Calculs d'hydraulique**
ACG Environnement, 2015

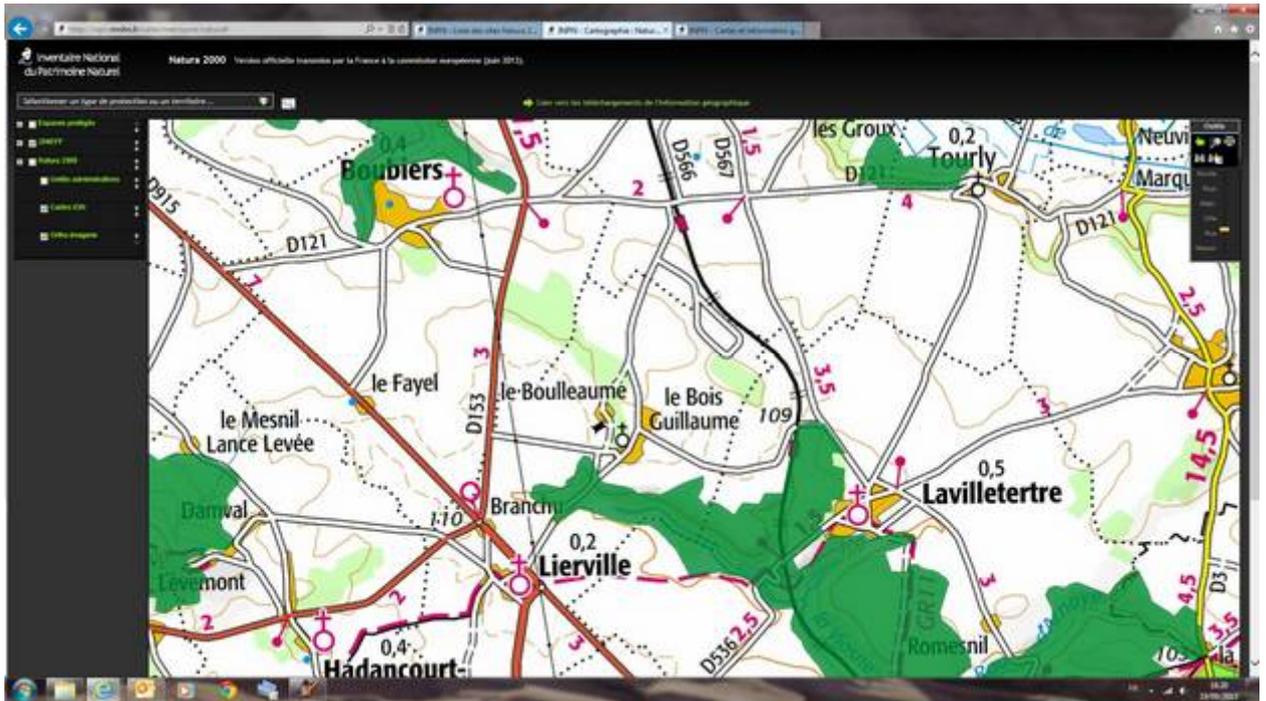
Annexe 1.

Données bibliographiques sur l'aptitude régionale

*Contexte naturel, risques naturels, sondages géologiques
référéncés à la BSS*

Contexte naturel

ZNIEFF n°22001802



DESCRIPTION

Les Vallées de la Viosne et de l'Arnoye sont situées en limite de l'Ile-de-France et de la Picardie, en bordure orientale du Vexin.

Ces vallées tertiaires sont caractérisées par une remarquable séquence géologique, typique du Vexin, avec, de bas en haut :

- les alluvions en fond de vallée ;
- les argiles sparnaciennes ;
- les sables cuisiers ;
- les calcaires lutétiens, qui définissent le plateau du Vexin ;
- les sables et grès de Beauchamp de l'Auviersien ;
- les sables et galets marinésiens, aux abords de Lavilletterte.

Les argiles sparnaciennes sous-tendent la nappe des sables cuisiers, laquelle génère des sources alimentant la Viosne et le ruisseau d'Arnoye.

De cette diversité géologique résulte la présence de milieux très précieux :

- les pelouses calcicoles (rapprochées provisoirement du *Festuco lemanii-Anthyllidetum vulnerariae*) ;
- lisières thermophiles du *Berberidion* et bois thermocalcicoles du *Cephalanthero-Fagion* (introgressé d'éléments du *Quercion pubescentis*) ;
- landes sèches fragmentaires à *Erica cinerea* (*Calluno vulgaris-Ericetum cinerae*) ;
- pelouses sableuses (*Violion caninae*, *Airion caryophyllae-praecocis*) ;
- boisements de Chênes sessiles (*Quercion robori-petraeae*) sur sables ;
- chênaies-charmaies acidoclines du *Hyacinthoido non scriptae-Fagetum sylvaticae*, traitées en taillis sous futaie ;
- étangs eutrophes basiques à Characées (*Charion asperae*) et à herbiers aquatiques (*Nymphaeion albae*), plus ou moins bordés de phragmitaies ;
- végétation aquatique du *Cratoneurion commutatae*, dans la Viosne...

Quelques prairies humides à *Dactylorhizes* subsistent en bas de pente, près de la Source aux Cochons, notamment. Des plantations de peupliers ont été effectuées dans le fond de vallée, en lieu et place des aulnaies et des prairies humides autrefois tourbeuses.

La tranchée de la voie ferrée a mis à nu des bancs épais de calcaire lutétien, sur lesquels se développe une végétation de pelouses et de dalles rocheuses (*Alyso-Sedion*).

INTERET DES MILIEUX

Parmi les plus remarquables, les pelouses calcicoles (*Festuco lemanii-Anthyllidetum vulnerariae*), les landes sèches à Bruyère cendrée (*Calluno vulgaris-Ericetum cinerae*), les pelouses sabulicoles (*Violion caninae*, *Airion caryophyllae-praecocis*), les herbiers aquatiques (*Charion asperae*) et le *Cratoneurion commutati*, sont des milieux rares et menacés en Europe et sont inscrits à la directive "Habitats" de l'Union Européenne.

Ils abritent de nombreuses espèces végétales et animales rares et menacées, ces milieux étant intrinsèquement de plus en plus exceptionnels et dégradés dans les plaines du nord-ouest de l'Europe.

Les coteaux exposés au sud connaissent des influences méridionales permettant la présence de nombreuses espèces végétales et animales thermophiles rares et/ou menacées, dont plusieurs reptiles.

Un tel complexe de milieux forestiers, de pelouses calcicoles, de prairies humides, d'aulnaies traversées par un ruisseau d'assez bonne qualité, d'étangs, de landes acides et de pelouses sabulicoles relictuelles, permet l'expression d'une biodiversité exceptionnelle en Picardie.

INTERET DES ESPECES

De nombreuses espèces végétales assez rares à exceptionnelles (et menacées pour la plupart) en Picardie sont présentes, notamment les suivantes :

- la Bruyère cendrée (*Erica cinerea**) ;

- la Violette des chiens (*Viola canina**) ;
- l'Ophrys araignée (*Ophrys sphegodes**) ;
- les Dactylorhizes négligé et maculé (*Dactylorhiza praetermissa** et *D. maculata*) ;
- le Séséli libanotide (*Seseli libanotis*) ;
- l'*Anacamptis pyramidal* (*Anacamptis pyramidalis*) ;
- la Mousse fleurie (*Crassula tillaea*) ;
- l'exceptionnelle Tubéraise tachetée (*Tuberaria guttata*), ici en limite septentrionale d'aire...

La Gentiane croisette (*Gentiana cruciata**) a été notée sur la pelouse du "plateau" de Lavillettertre, il y a quelques années, mais reste à retrouver.

Faune

Parmi les oiseaux remarquables figurent :

- le Pic noir (*Dryocopus martius*) ;
- la Bondrée apivore (*Pernis apivorus*) ;
- le Martin-pêcheur (*Alcedo atthis*), tous trois inscrits en annexe I de la directive "Oiseaux" de l'Union Européenne ;
- le Faucon hobereau (*Falco subbuteo*) ;
- le Râle d'eau (*Rallus aquaticus*)...

Les étangs accueillent fréquemment des oiseaux d'eau en halte migratoire (Sarcelles, Fuligules, Chevaliers, Bécassines...).

Les pelouses et lisières thermocalcicoles abritent des lépidoptères menacés, car inféodés aux espaces pelousaires :

- le Fluoré (*Colias australis*),
- l'Azuré bleu-céleste (*Polyommatus bellargus*)...

La rare Mante religieuse (*Mantis religiosa*) est, ici, proche de sa limite d'aire septentrionale.

Reptiles d'un grand intérêt :

- la Coronelle lisse (*Coronella austriaca*) ;
- le Lézard vert (*Lacerta viridis*), inscrit en annexe IV de la directive "Habitats" ;
- le Lézard des murailles (*Podarcis muralis*) aux abords de la voie ferrée.

Mammifères remarquables :

Une ancienne carrière souterraine est utilisée comme site d'hibernation par plusieurs espèces de chiroptères, rares et menacées en Europe, dont les Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) et Petit Rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*).

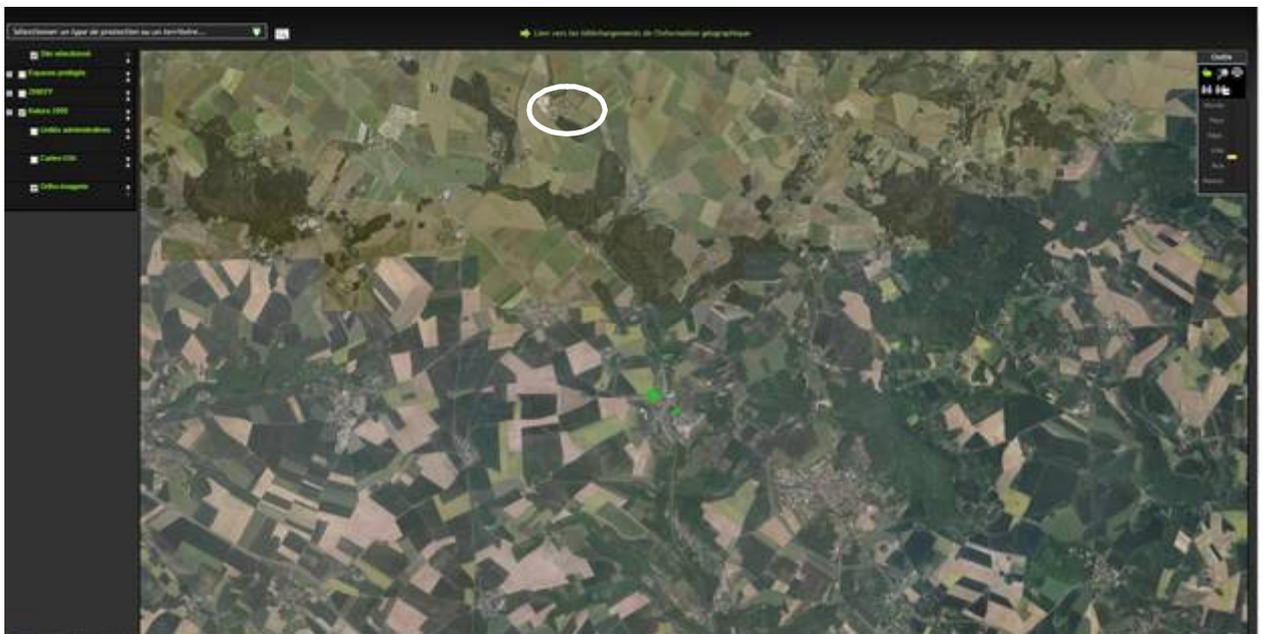
FACTEURS INFLUENCANT L'EVOLUTION DE LA ZONE

L'absence d'entretien des derniers éléments de pelouses et d'ourlets entraîne une occlusion progressive du milieu, par boisement spontané. Insuffisamment contenue par l'action des trop rares lapins et des chevreuils, cette absence d'entretien provoque une banalisation tant biologique que cynégétique et paysagère de ces anciens espaces ouverts, originaux et précieux.

Des coupes circonstanciées des buissons envahissants seraient souhaitables avec, dans l'idéal, la réhabilitation d'un pâturage ovin extensif. C'est ce qui est en cours sur la remarquable pelouse communale du Plateau de Lavilletterte, dont la gestion et la valorisation ont été confiées au Conservatoire des Sites Naturels de Picardie.

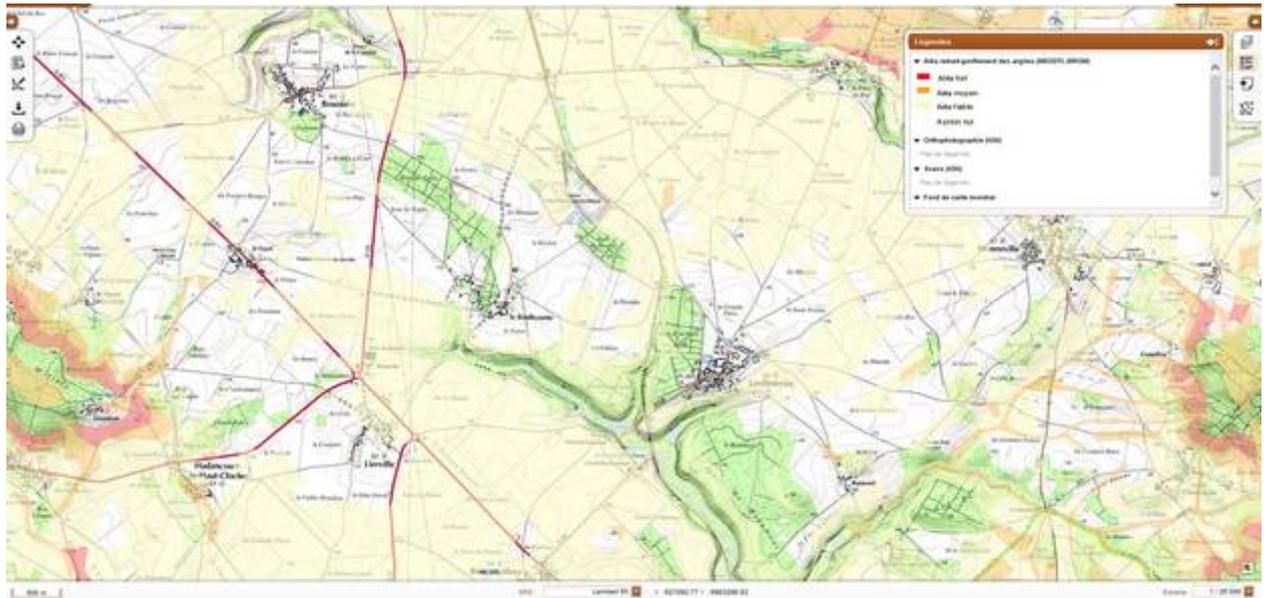
A ce niveau, l'ancienne carrière souterraine, dont la trop importante fréquentation anthropique empêchait les chiroptères d'hiverner en toute quiétude, est maintenant protégée depuis la pose de fortes grilles qui empêchent le passage des intrus, mais permettent celui des chiroptères.

N.B. Les espèces dont le nom est suivi d'un astérisque sont légalement protégées.

NATURA 2000 n° FR102015

Risques naturels

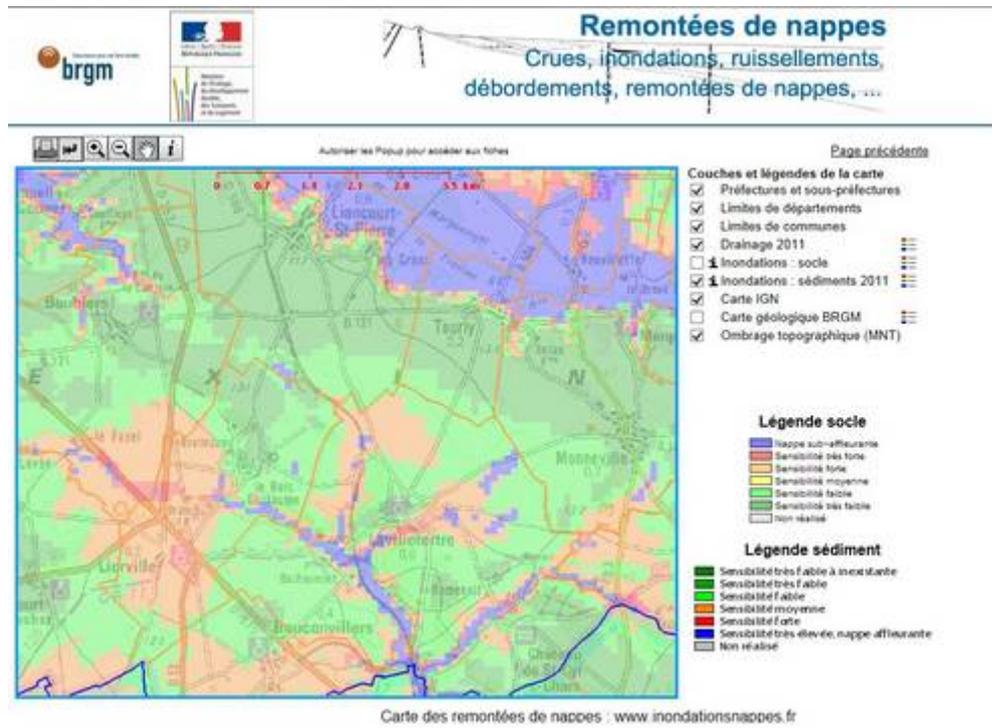
Aléas retrait gonflement des argiles



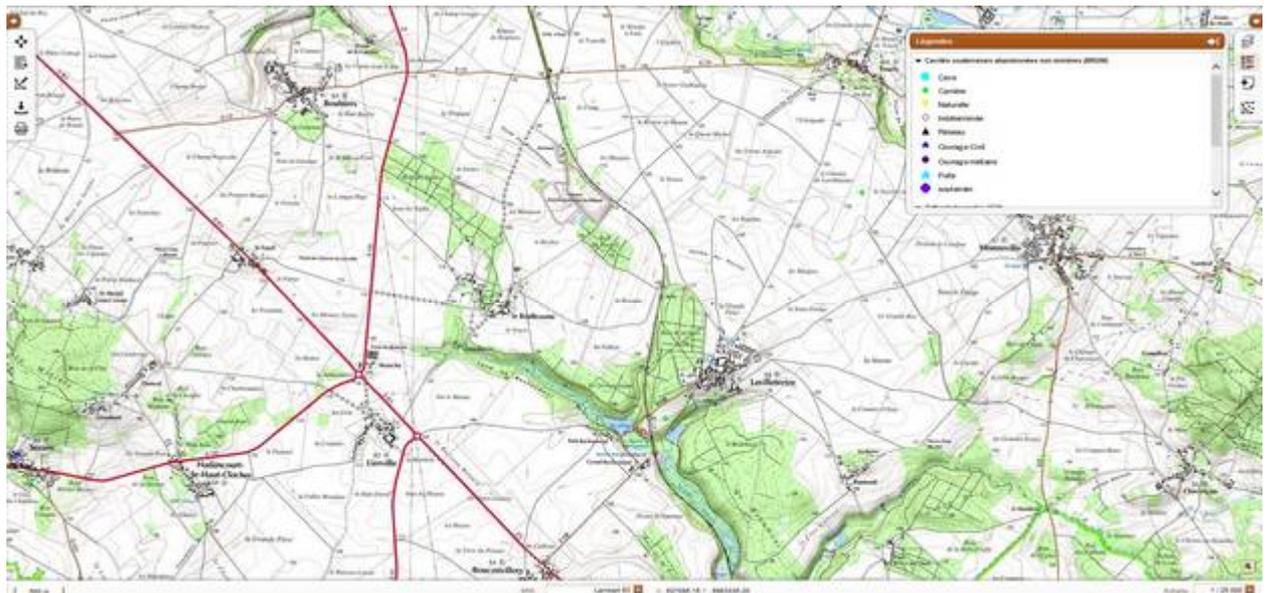
Risque sismique



Risque d'inondation



Risque d'effondrement, cavités



Sondages référencés à la BSS

Point n° 01266X0001/S

Log validés

 Identifiant du point 01266X0001/S
 Profondeur De 0.0 à 43.0 m

Rafraîchir

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
9.00	Marnes et calcaires Méliennes		Limons en surface. Calcaire, parfois dur, et marnes. Niveaux fossilifères.	Lutétien supérieur	112.70
21.50	Calcaire grossier à Mielles (Calcaire grossier)		Calcaire grossier fossilifère, parfois sable calcaire.	Lutétien moyen	98.70
23.00	Calcaire et sables à Nummulites laevigatus		Sable calcaire et calcaire, fossilifères. Niveau dolomique possibles.	Lutétien inférieur	96.20
25.50			Sable calcaire à calcaire sableux, fossilifère, à glauconie.		94.70
33.00	Sables de Curse		Sable très argileux, sable fin, lits coquilliers possibles.	Cursean	88.70
40.50					81.20
43.00					76.70

Point n° 01265X0025/S27

Log validés

 Identifiant du point 01265X0025/S27
 Profondeur De 0.0 à 7.2 m

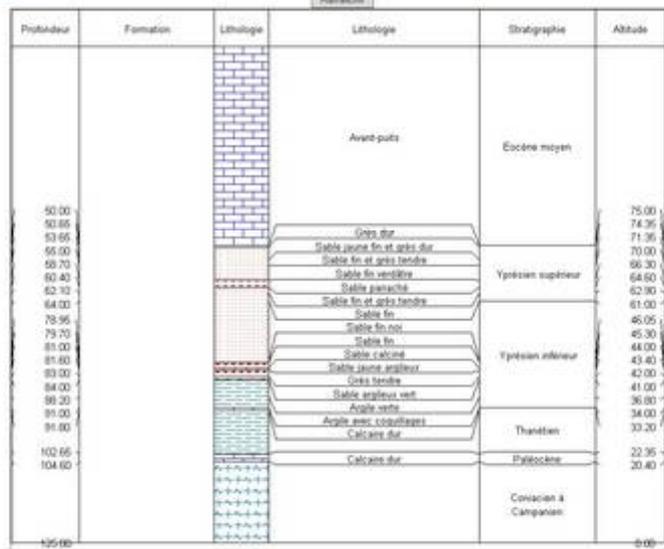
Rafraîchir

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
0.90	Limons des Plateaux		Limons sableux à galets.	Quaternaire	131.10
3.00	Calcaire de Saint-Denis		Marne.	Mainiotien	129.00
3.80	Formation de Motterreux		Sable argileux coquillier.		128.20
4.70	Sables d'Eranville		Sable argileux vert, sable vert.	Avenisien	127.30
6.40	Sables du Feyel		Sable gris coquillier.		125.60
7.15			Sable fin jaune vert.		124.82
7.20			Grès.	124.00	

Point n° 01266X0007/PC

Log validés

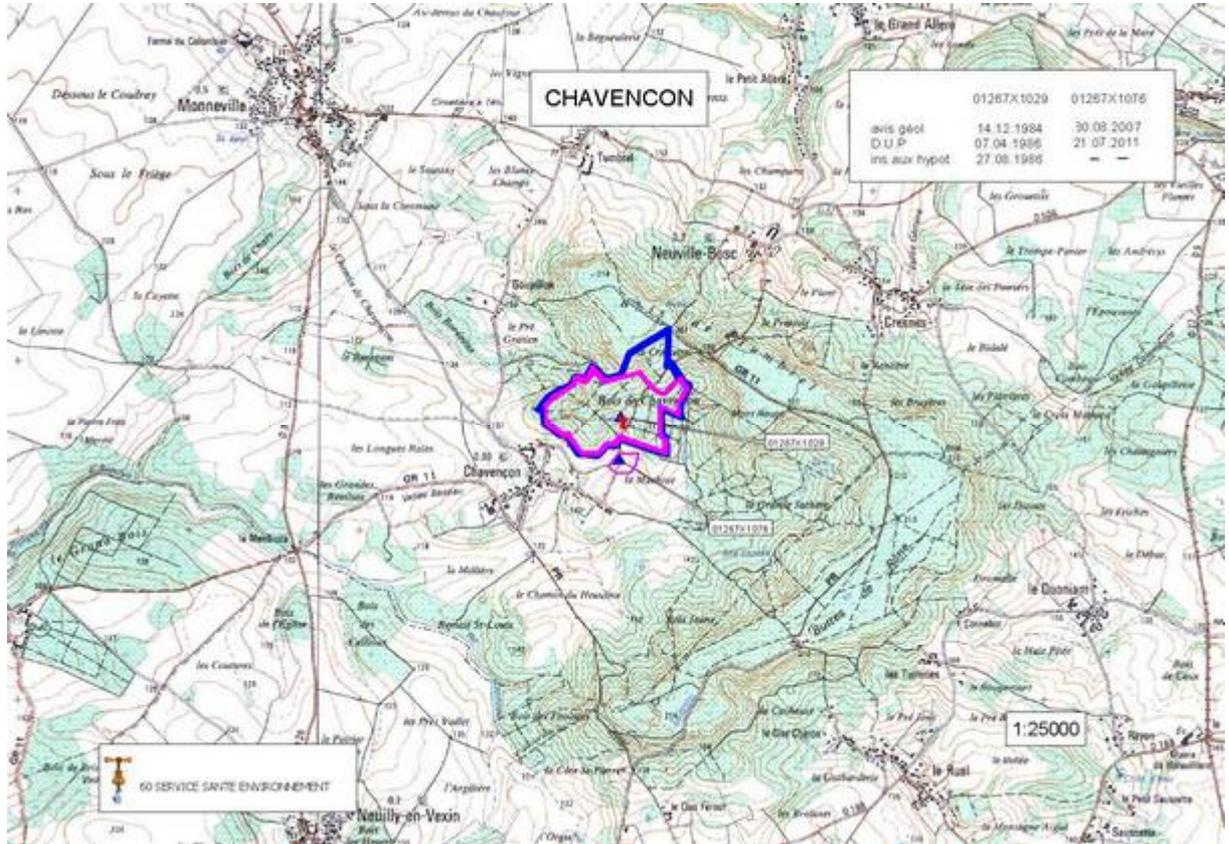
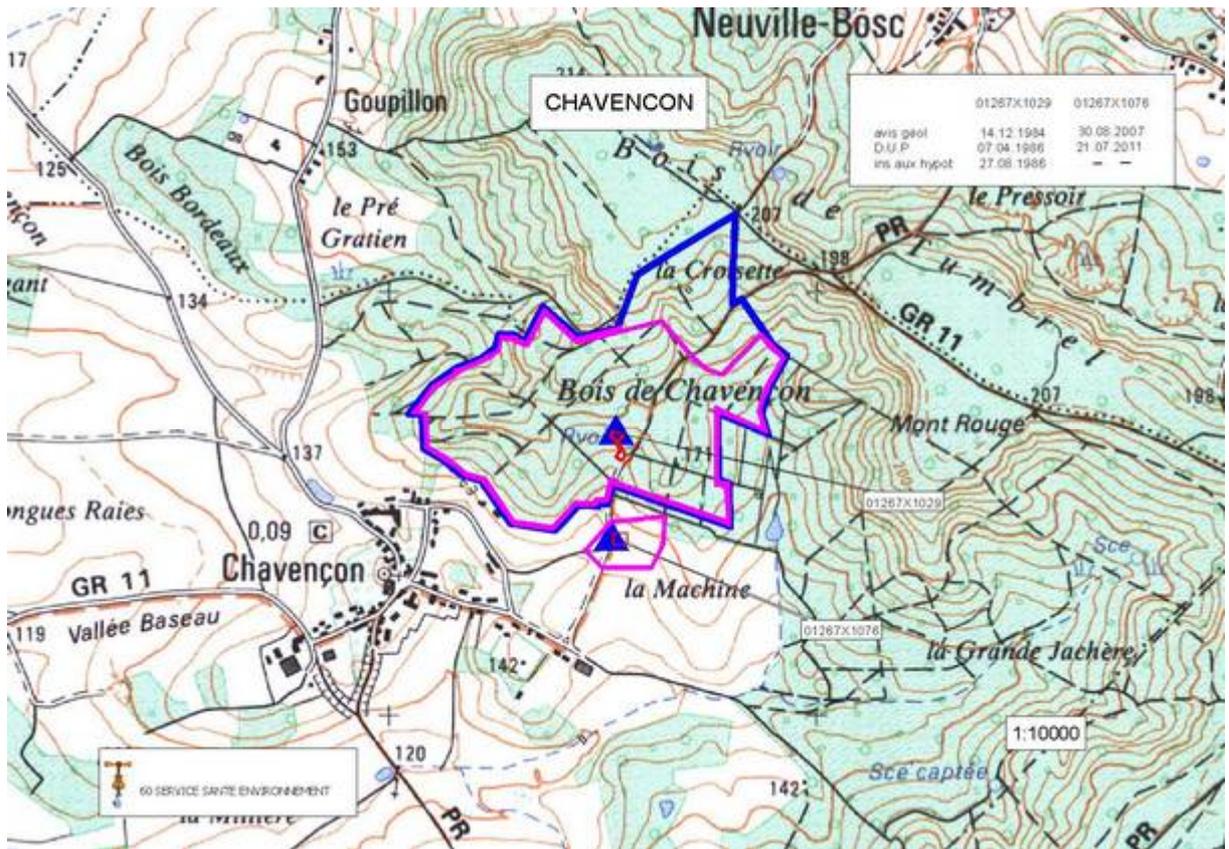
Identifiant du point : 01266X0007/PC
 Profondeur : De 0.0 à 125.0 m

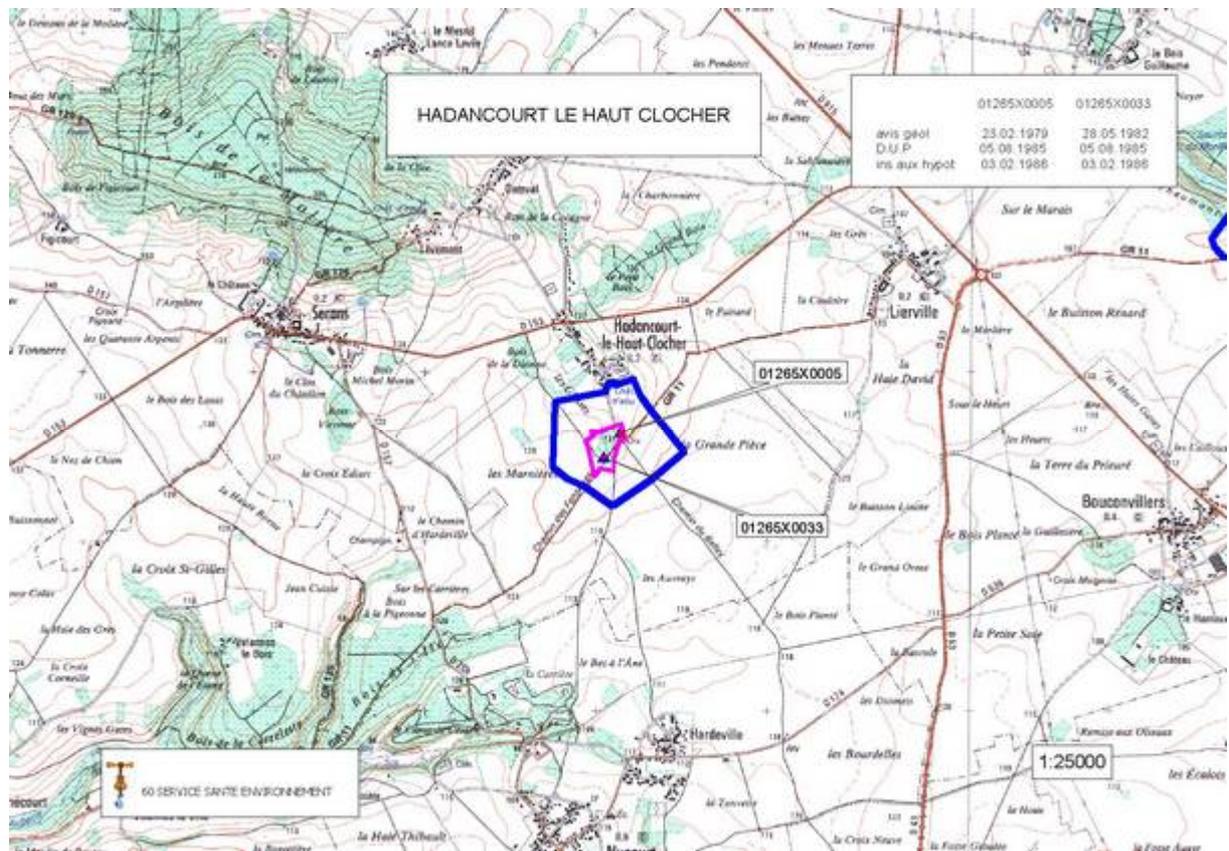
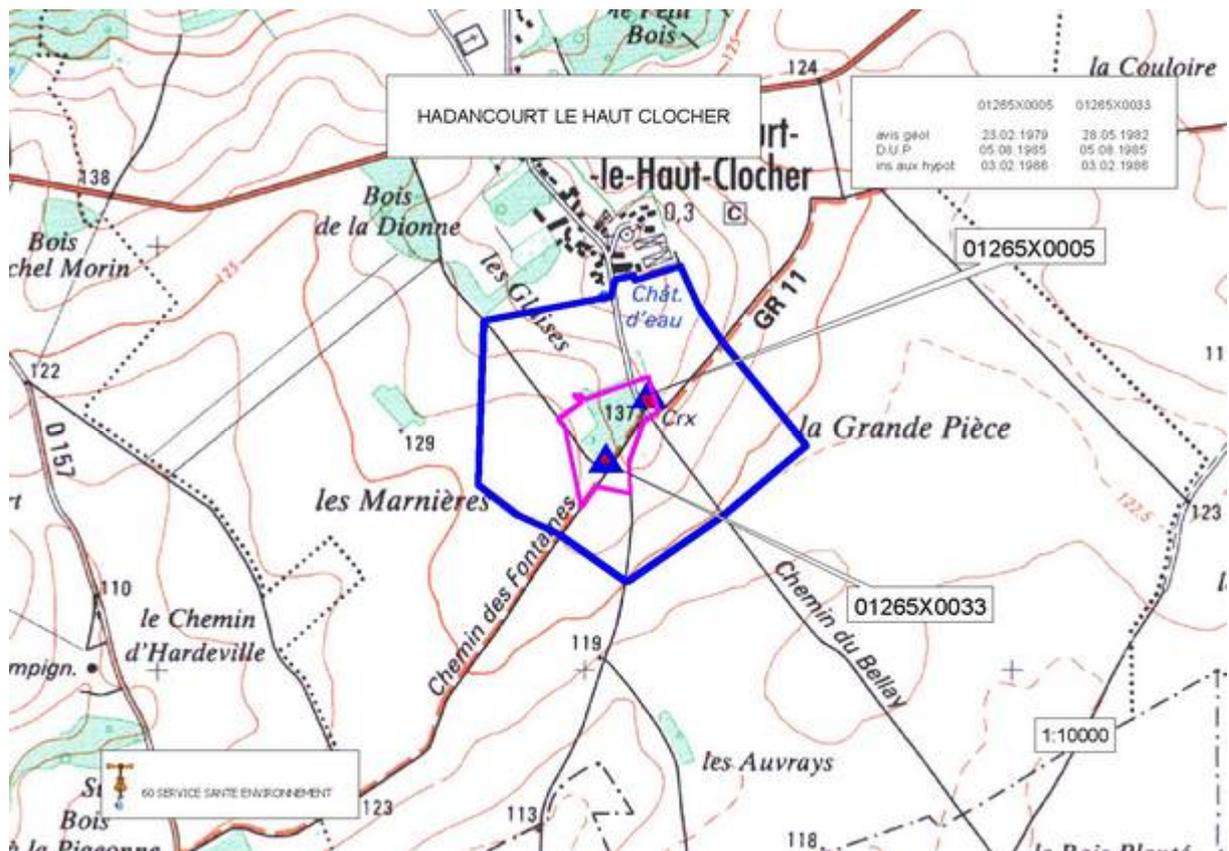


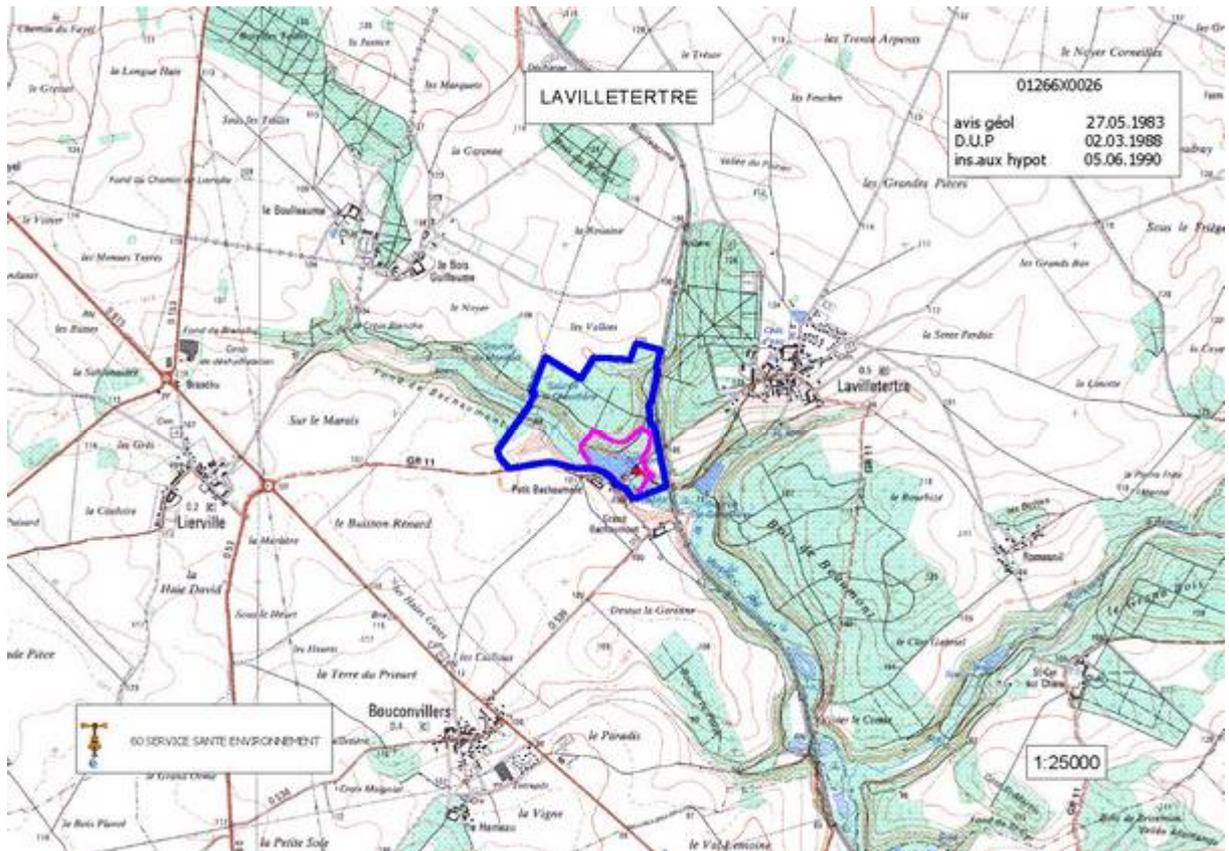
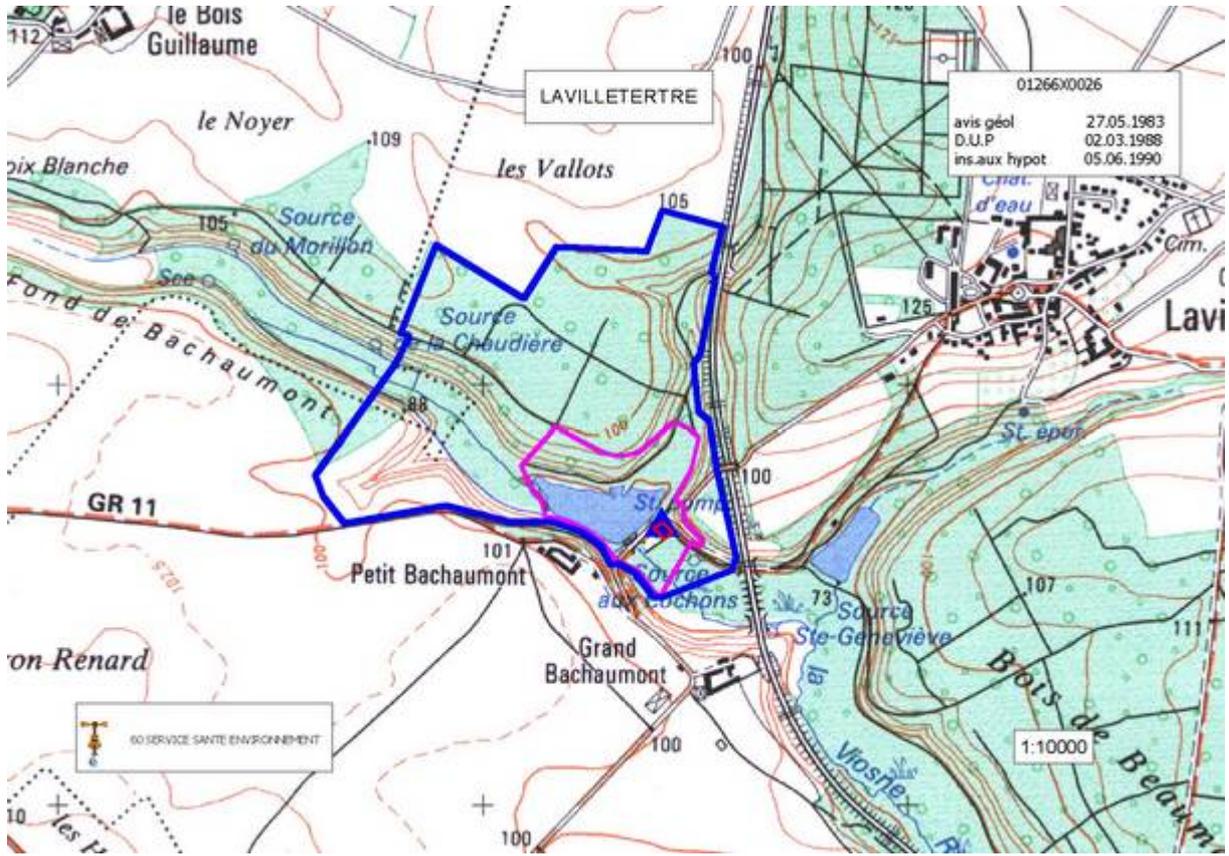
Annexe 2.

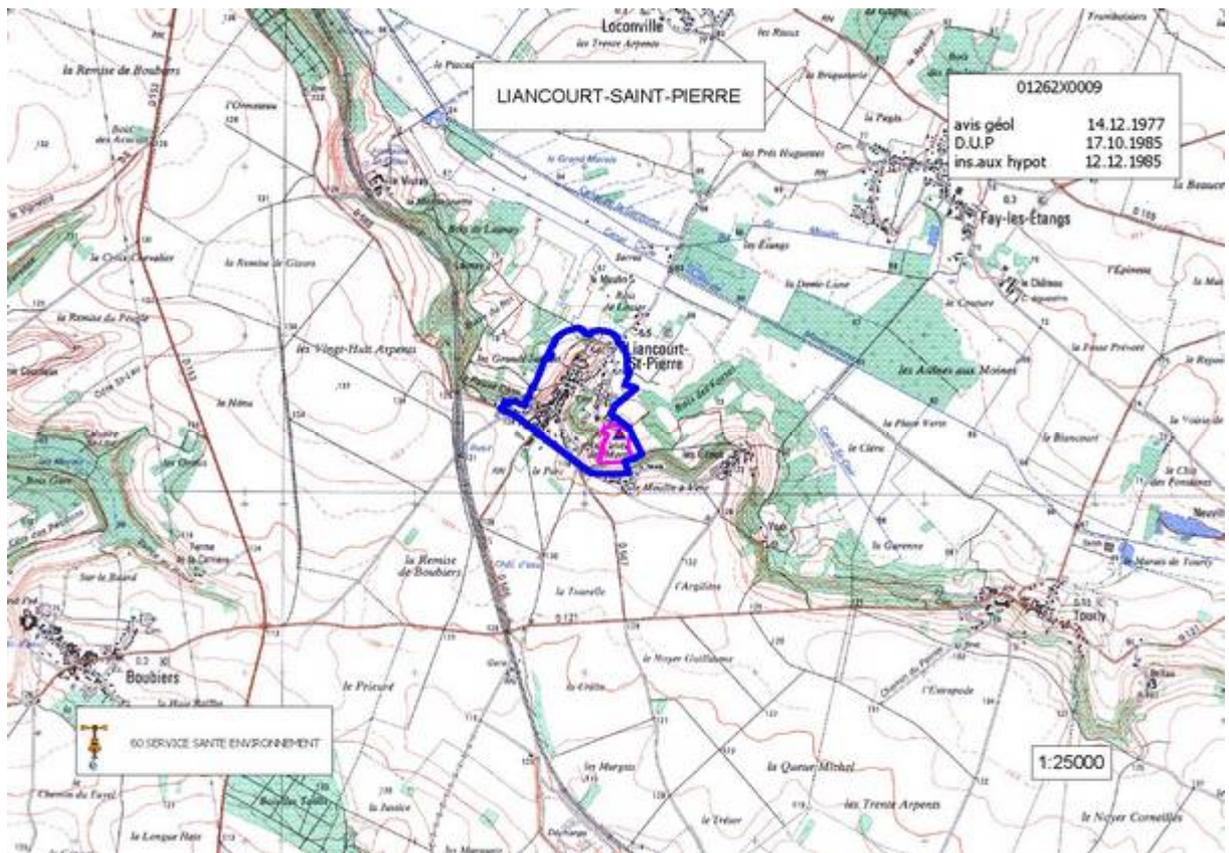
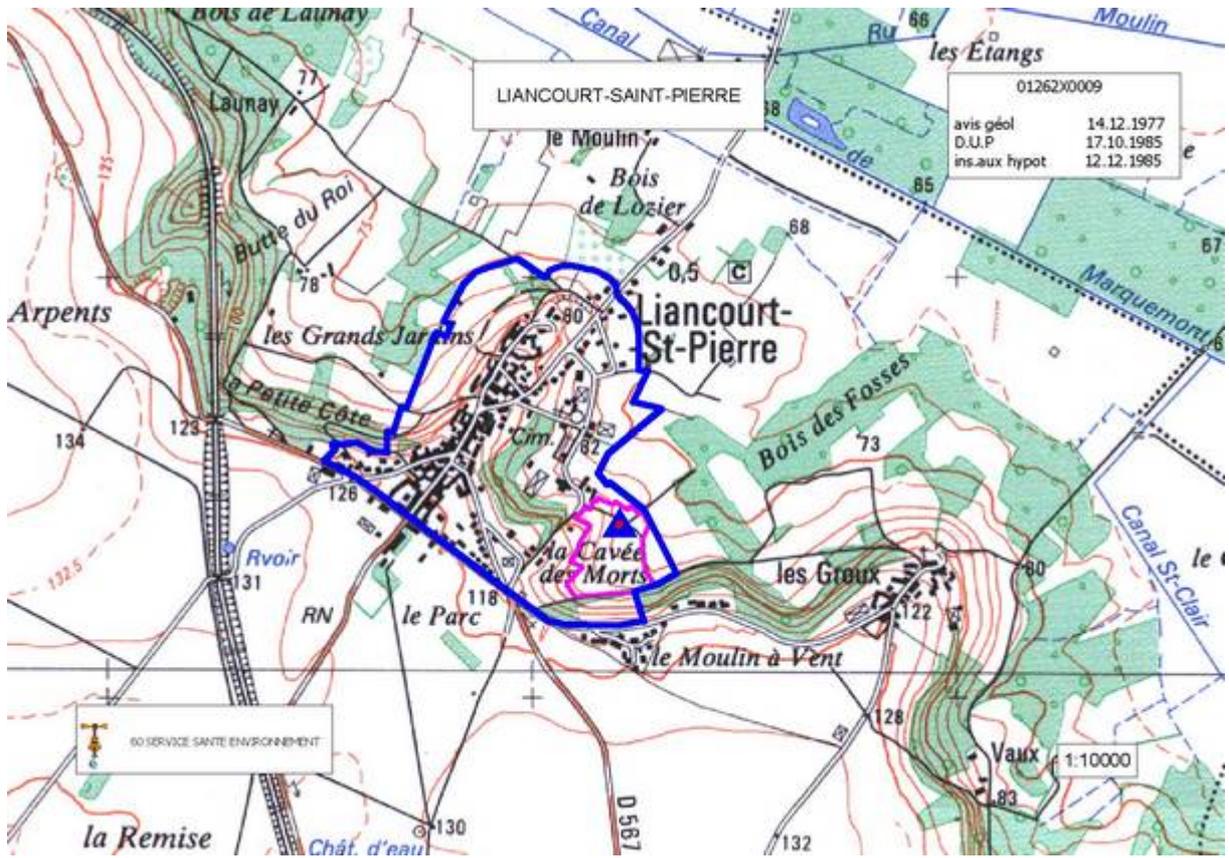
Données AEP

Périmètres de protection des captages AEP (ARS de l'Oise)









La qualité de votre eau en 2012

SYNDICAT DE FRESNES L'EGUILLON
Réseau de LIANCOURT ST PIERRE et LAVILLETERTRE

Exploité par VEOLIA

L'origine de l'eau

Votre réseau est alimenté en eau potable principalement à partir d'un puits situé à FRESNES L'EGUILLON et d'un puits à LIANCOURT SAINT PIERRE



Le contrôle sanitaire

Le contrôle sanitaire réglementaire des eaux d'alimentation est exercé par L'Agence Régionale de Santé de Picardie.

En 2012, 23 prélèvements ont été réalisés sur les Stations de traitement et sur le réseau de distribution.



Les adoucisseurs

Il est préférable de ne pas modifier la qualité de l'eau alimentant le robinet destiné à la boisson et à la préparation des repas.

L'adoucisseur peut alimenter uniquement le réseau d'eau chaude.

Astuces

Après plusieurs jours d'absence, laisser couler l'eau avant de la consommer.

BACTERIOLOGIE	<p>Une recherche de bactéries pathogènes est effectuée. La présence de ces bactéries dans l'eau révèle une contamination survenue soit au niveau de la ressource, soit en cours de distribution. Résultats d'analyses : 100% des analyses sont conformes.</p>
PESTICIDES	<p>Les pesticides sont des substances chimiques utilisées pour protéger les récoltes ou pour désherber. La teneur ne doit pas dépasser 0,10 µg/l pour chaque molécule. En effet, même à très faible dose, les pesticides sont suspectés d'avoir des effets sur la santé. Résultats d'analyses : 100% des analyses sont conformes.</p>
NITRATES	<p>L'excès de nitrates dans l'eau peut provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'engrais utilisés en agriculture, du fumier, d'eaux usées domestiques et industrielles, des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles. La teneur à ne pas dépasser est de 50mg/L. Teneur moyenne : 38 mg/l Résultats d'analyses : 100% des analyses sont conformes.</p>
DURETE (ou TH)	<p>La dureté exprime dans cette unité la teneur de l'eau en calcium et magnésium. L'eau est fortement calcaire lorsque sa teneur est entre 25 et 35°F. Teneur moyenne : 35 Eau très dure</p>
FLUOR	<p>Le fluor est un oligo-élément présent naturellement dans l'eau. La valeur limite à ne pas dépasser est de 1,5 mg/L. Teneur moyenne : 0.10 mg/L Eau peu fluorée</p>
AUTRES PARAMETRES	<p>Tous les résultats des analyses pour les autres paramètres sont conformes aux valeurs limites réglementaires (métaux, solvants chlorés, ...).</p>

CONCLUSION SANITAIRE

L'eau du syndicat de FRESNES L'EGUILLON, réseau de LIANCOURT ST PIERRE-LAVILLETERTRE distribuée présente une Eau de bonne qualité sur le plan bactériologique. L'eau est conforme par rapport aux valeurs réglementaires fixées pour les substances indésirables, ainsi que pour les substances toxiques.

LA SIGNIFICATION DES PARAMETRES

LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE : elle est évaluée par la recherche régulière de bactéries dont la présence dans l'eau de consommation révèle une contamination survenue soit au niveau de la ressource soit en cours de transport. Une absence de traitement, un dysfonctionnement momentané des installations de traitement d'eau ou une insuffisance d'entretien des ouvrages peuvent être à l'origine des résultats non conformes.

LE CONTROLE SANITAIRE DES EAUX D'ALIMENTATION

Le contrôle sanitaire est confié au service santé-environnement de la Délégation Territoriale de l'Oise.

Les analyses sont réalisées par des laboratoires agréés pour le contrôle sanitaire des eaux (le laboratoire Départemental d'analyses et de recherches de l'Aisne à Laon et le laboratoire CARSO à Lyon).

Le nombre d'analyses effectuées dépend du nombre d'habitants desservis. Les prélèvements sont réalisés à la ressource, à la production (en sortie de station de traitement) et sur le réseau de distribution.

LA DURETE: la dureté représente le calcium et le magnésium présents naturellement dans l'eau de la ressource. Elle est sans incidence sur la santé.

LES NITRATES : Le nitrate est un élément fertilisant présent naturellement dans les eaux; les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais provoquent une augmentation des nitrates dans les ressources.

Le respect de la valeur limite de 50 mg par litre pour les eaux de consommation permet d'assurer la protection des nourrissons et des femmes enceintes alimentés avec l'eau du robinet.

LES PESTICIDES : la présence de pesticides dans les ressources provient d'une mauvaise maîtrise des produits utilisés pour protéger les récoltes ou pour désherber.

Certains pesticides ont des effets ou sont suspectés d'avoir des effets sur la santé lorsqu'ils sont consommés pendant toute une vie. Par précaution, la valeur réglementaire, très faible, est inférieure au seuil de toxicité connue.

LE FLUOR : le fluor est un oligo-élément présent naturellement dans l'eau. Des doses modérées sont bénéfiques pour la santé. Une valeur limite réglementaire de 1,5 mg par litre a été fixée pour tenir compte du risque de fluorose dentaire (trace sur l'émail des dents).

Lorsque l'eau est peu fluorée, une prévention optimale de la carie dentaire passe par un apport complémentaire de cet élément (sel fluoré, dentifrice fluoré, comprimés,...)

RECOMMANDATIONS SANITAIRES

Pour préserver la qualité de votre eau :

- ✓ après quelques jours d'absence, purgez vos conduites avant consommation
- ✓ consommez exclusivement l'eau du réseau d'eau froide. Si vous la conservez, conservez la au froid, pas plus de 24h, dans un récipient fermé
- ✓ les traitements complémentaires (adoucisseurs, "purificateurs",...) sont sans intérêt pour la santé sur le réseau d'eau froide utilisé pour la consommation, voire même *dangereux*. ils peuvent accélérer la dissolution des métaux des conduites, ou devenir des foyers de développement microbien lorsque leur entretien est mal assuré. Ils sont aussi déconseillés car participant à l'augmentation de la consommation journalière en sel. Ces éventuels traitements complémentaires sont à réserver exclusivement aux eaux chaudes sanitaires.

Le plomb d'origine hydrique

L'eau, à la sortie de l'usine de production, ne contient pas de plomb. Cependant, des branchements publics ou des canalisations d'immeubles anciens en plomb peuvent la dégrader au cours de son transport.

Aussi, est-il vivement conseillé de remplacer les anciennes conduites en plomb et, en attendant, de laisser s'écouler l'eau avant de la consommer.

Un recensement des branchements a été réalisé par le responsable de la distribution, les résultats sont mis à la disposition du public.

POUR PLUS D'INFORMATIONS...

Les résultats d'analyses du contrôle sanitaire sont régulièrement adressés à la Mairie de votre commune où ils sont affichés. De même, vous pouvez y consulter un rapport annuel détaillé établi chaque année par chaque Délégation Territoriale.

Cette fiche, destinée aux abonnés du service public de distribution d'eau, peut être reproduite sans suppression, ni ajout. Elle peut être affichée dans les immeubles collectifs.

Annexe 3.

Sondages géologiques antérieurs

BRGM 1988, Pontignac 1999



152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tel : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"

FRANCE DECHETS

Extension du Centre d'Enfouissement Technique

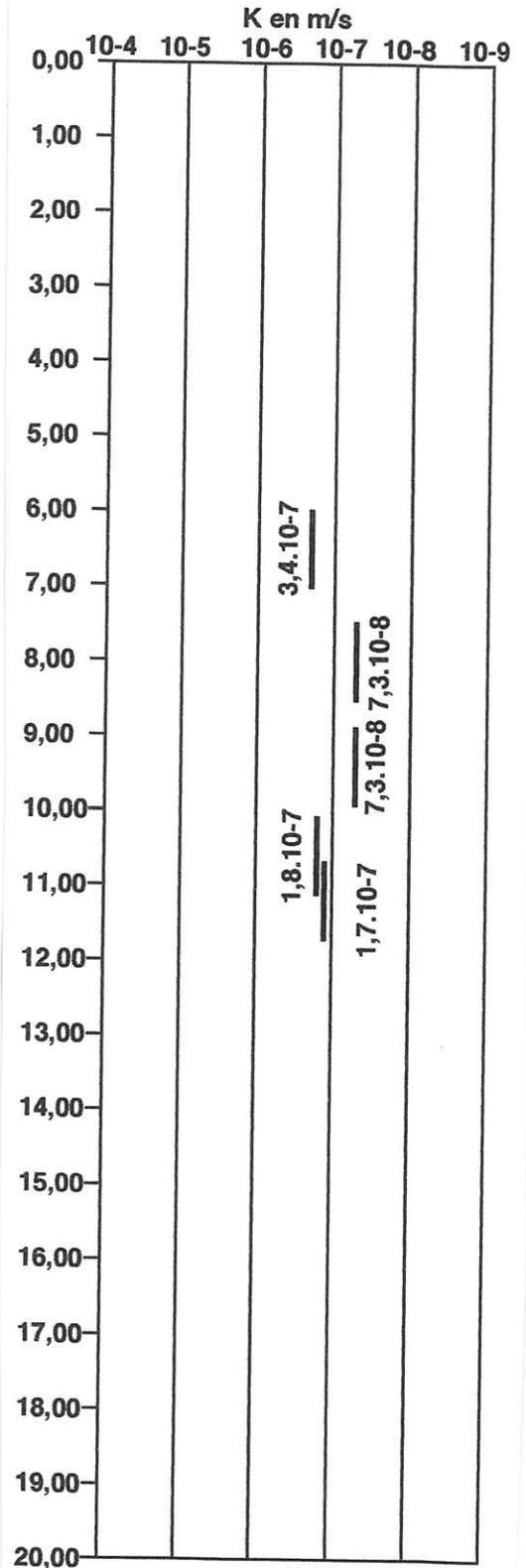
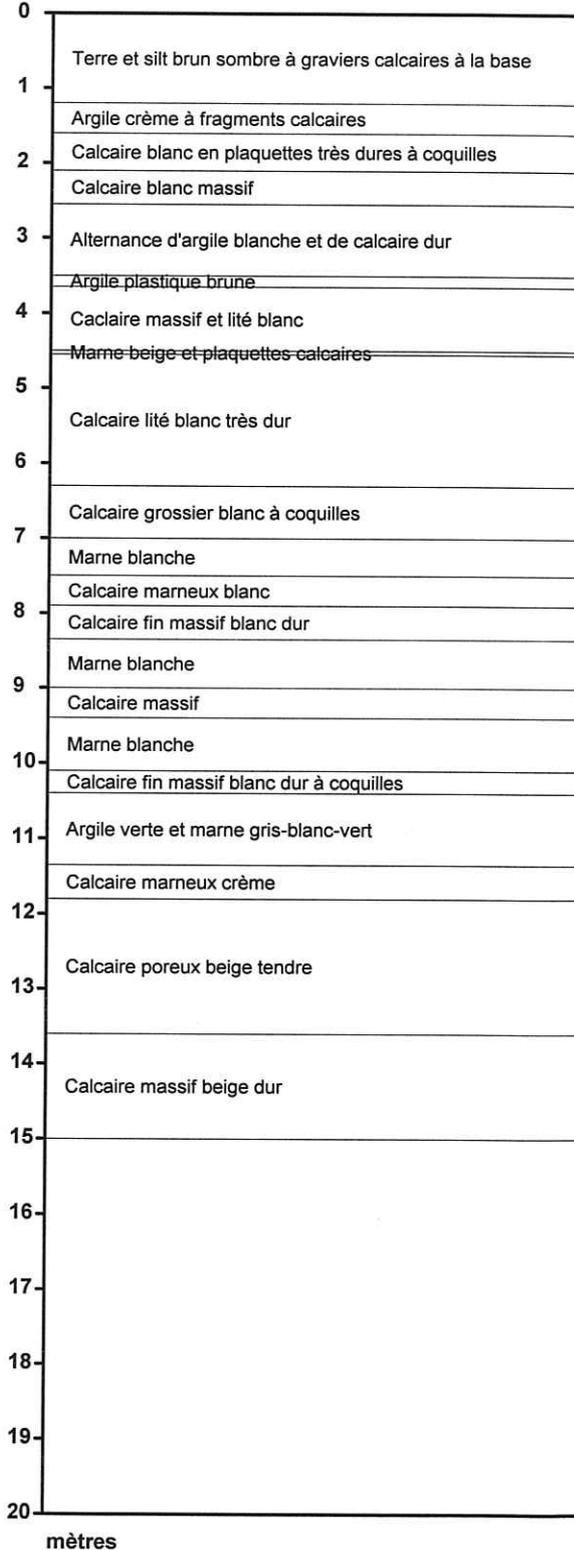
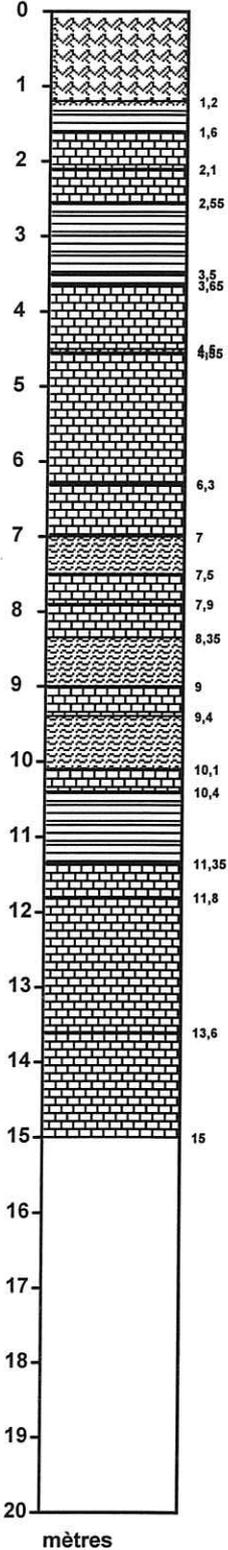
Annexe 1

SC1

27-28/09/99

SONDAGE GEOLOGIQUE SC1

X :
Y :
Z :





152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tel : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"

FRANCE DECHETS

Extension du Centre d'Enfouissement Technique

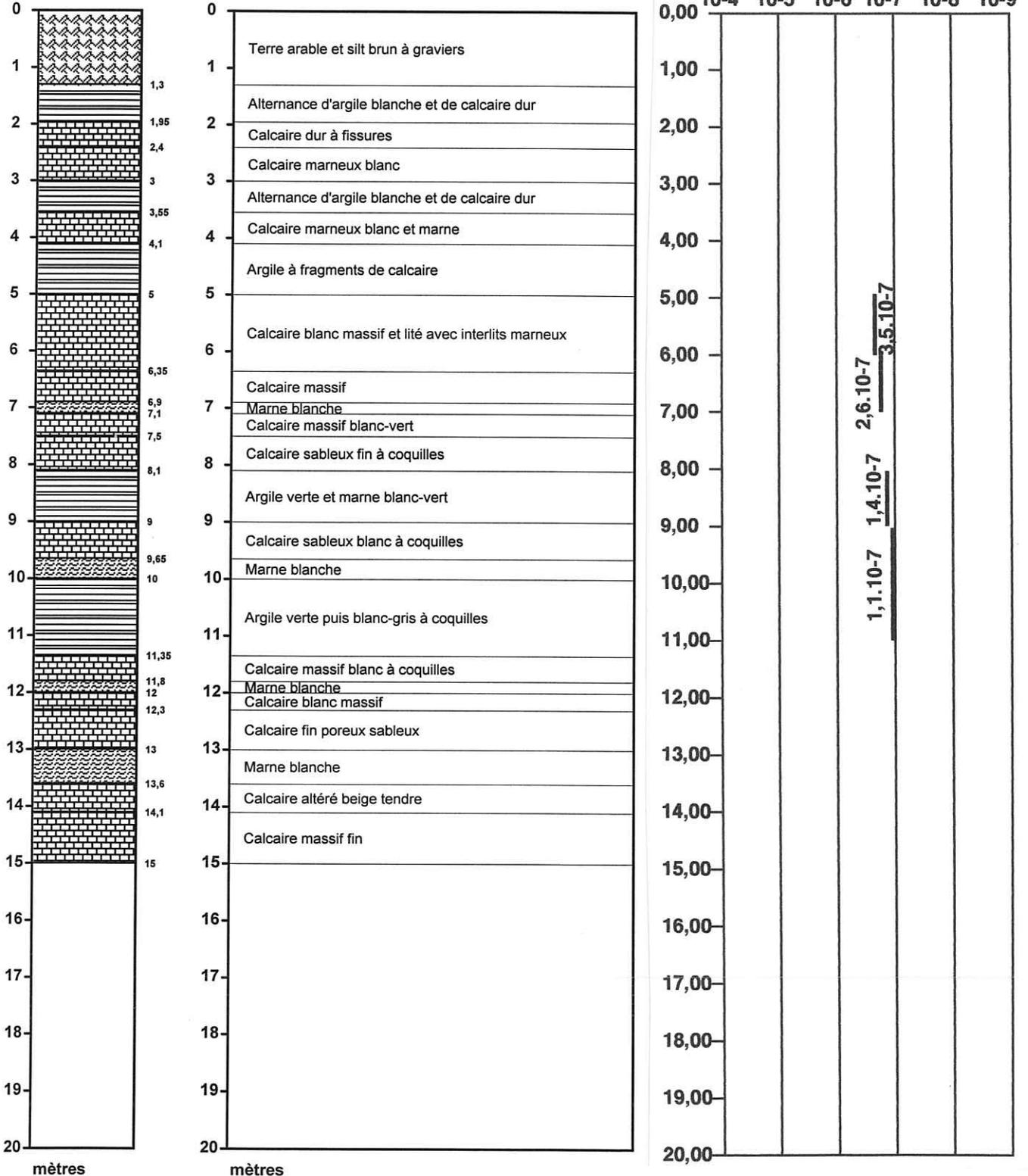
Annexe 1

SC2

30/09/99

SONDAGE GEOLOGIQUE SC2

X :
Y :
Z :



1,1.10⁻⁷ 1,4.10⁻⁷ 2,6.10⁻⁷ 3,5.10⁻⁷



152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tel : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"

FRANCE DECHETS

Extension du Centre d'Enfouissement Technique

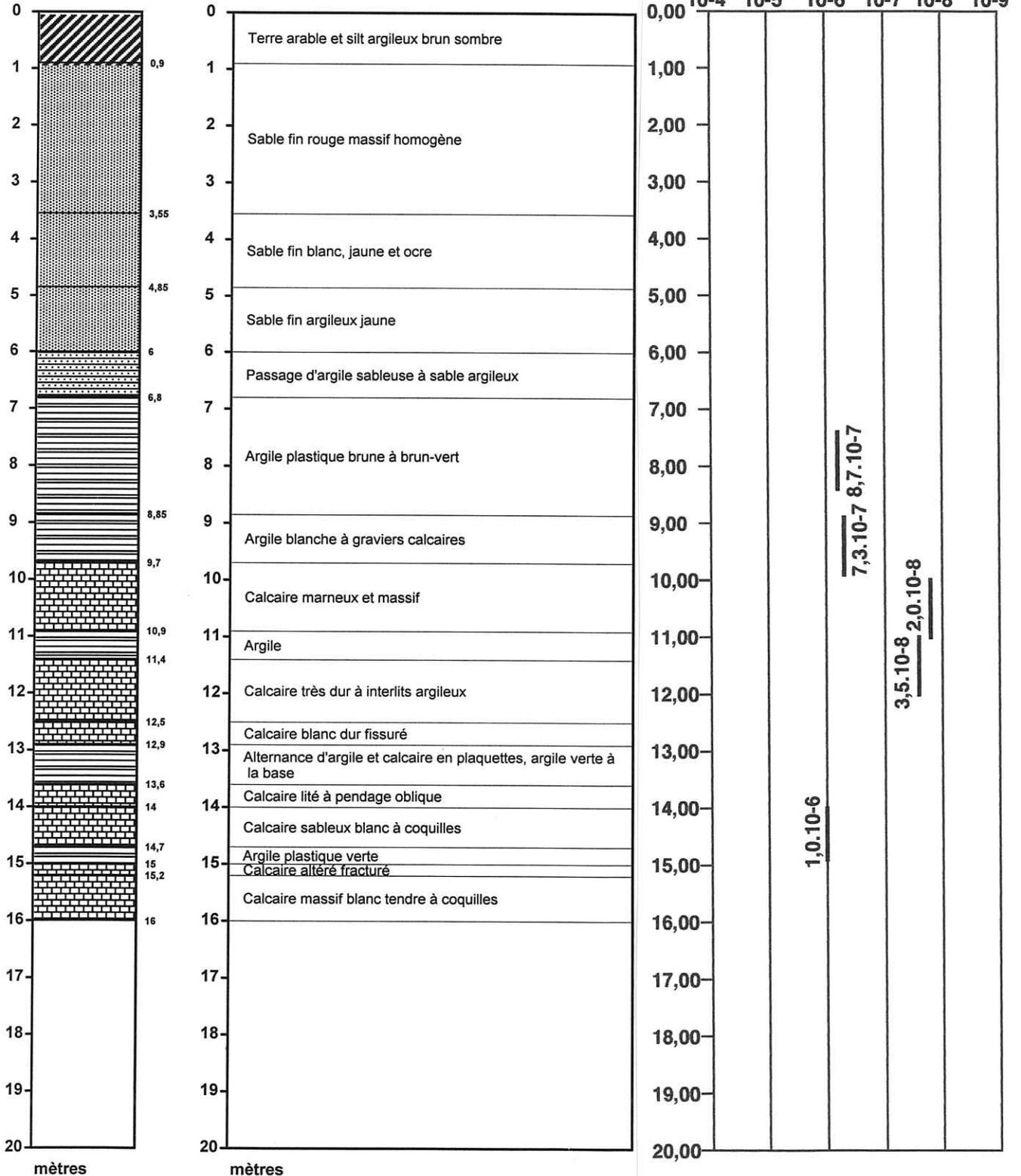
Annexe 1

SC3

01-04/10/99

SONDAGE GEOLOGIQUE SC3

X :
Y :
Z :





152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tel : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"

FRANCE DECHETS

Extension du Centre d'Enfouissement Technique

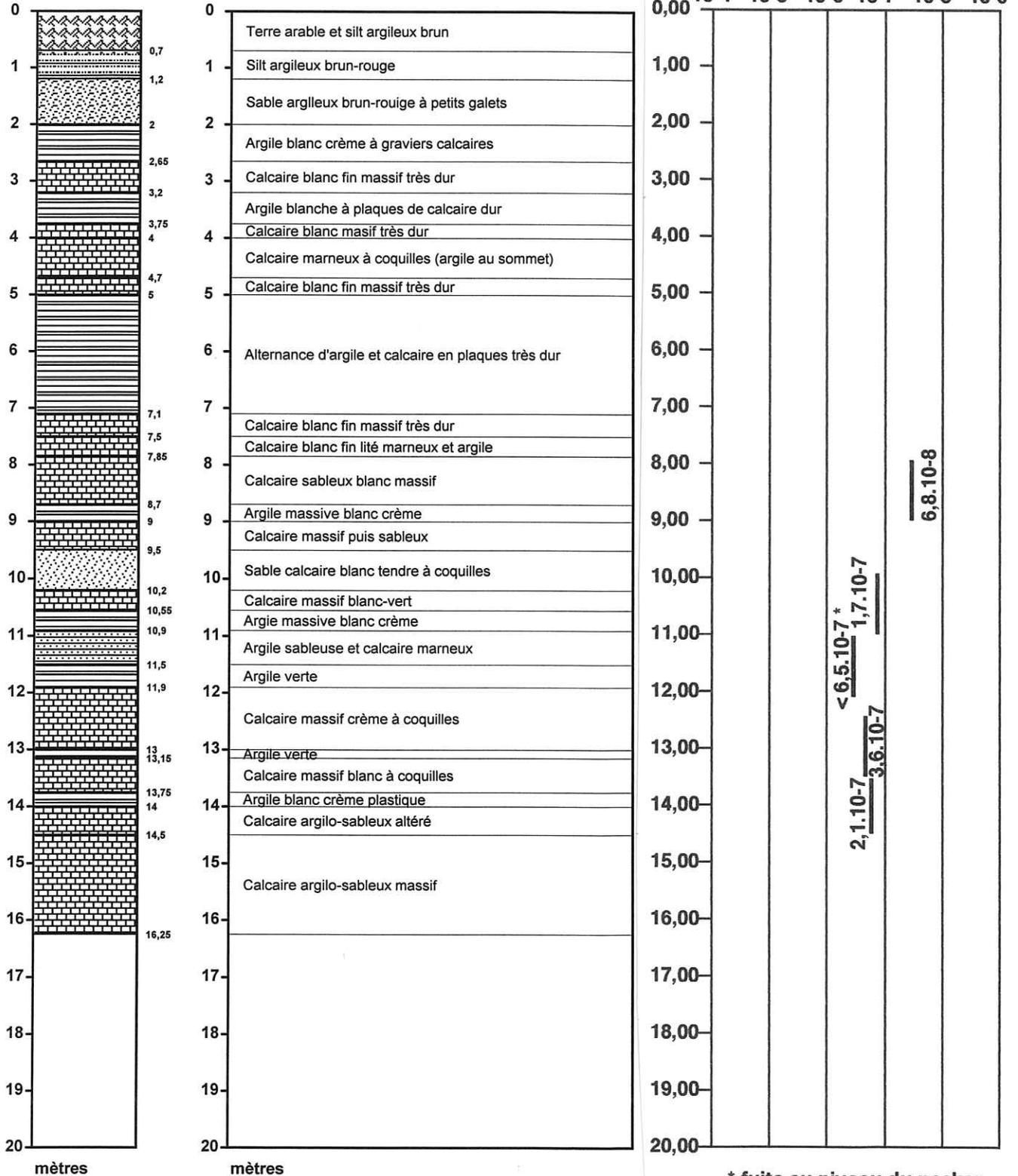
Annexe 1

SC4

05-06/10/99

SONDAGE GEOLOGIQUE SC4

X :
Y :
Z :



LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

Lieu dit « Le Fond du Bouleau »

FRANCE DECHETS

Centre d'Enfouissement Technique

Réseau de surveillance piézométrique

Plan d'implantation des piézomètres

Piézomètre I



152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

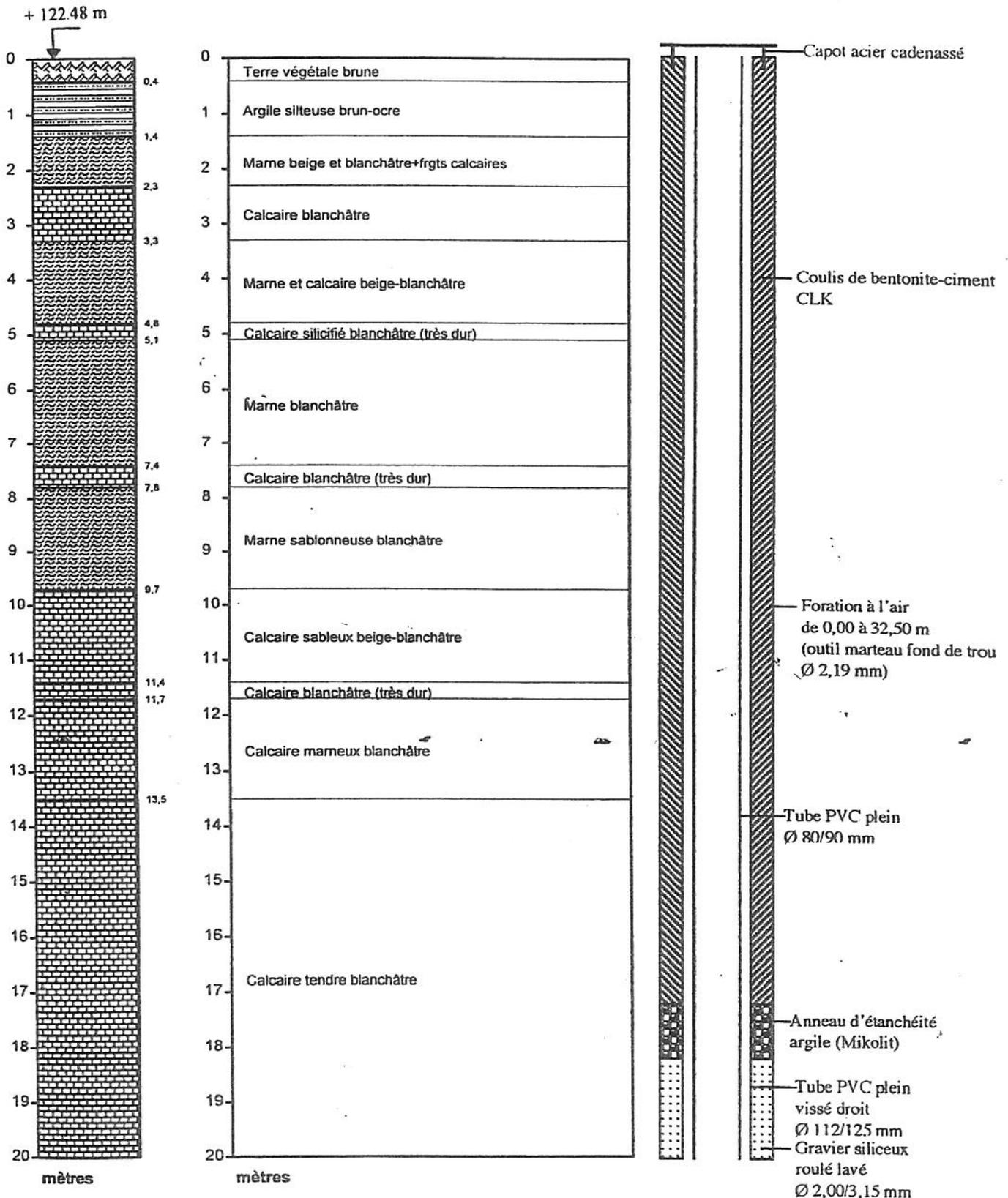
LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)
Gare S.N.C.F.
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

Pzi

29-30/03/1999

SONDAGE PIEZOMETRIQUE Pzi





152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

Gare S.N.C.F.

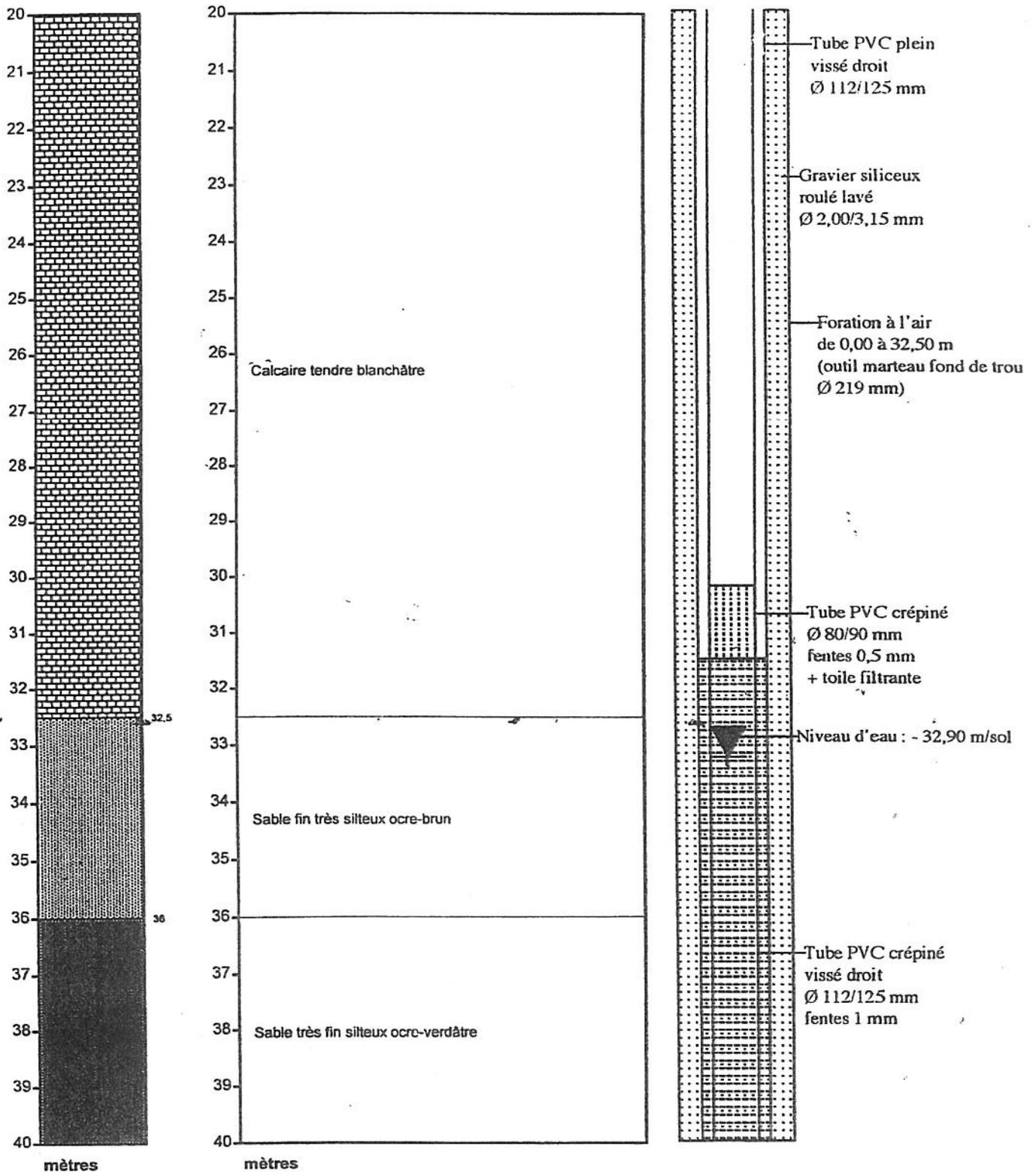
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

Pzi

29-30/03/1999

SONDAGE PIEZOMETRIQUE Pzi





152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

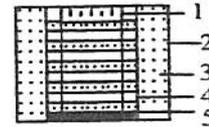
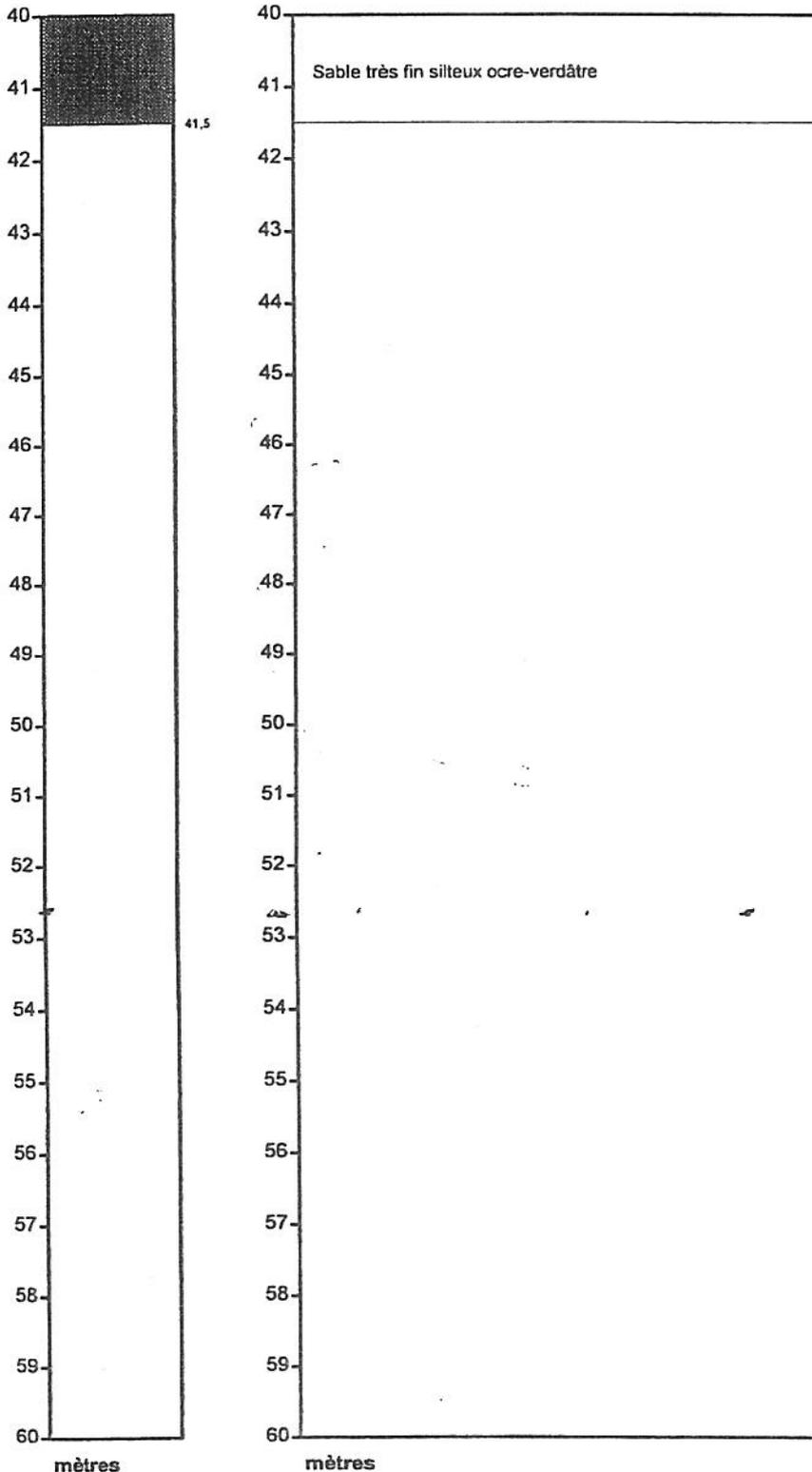
LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)
Gare S.N.C.F.
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

Pzi

29-30/03/1999

SONDAGE PIEZOMETRIQUE Pzi

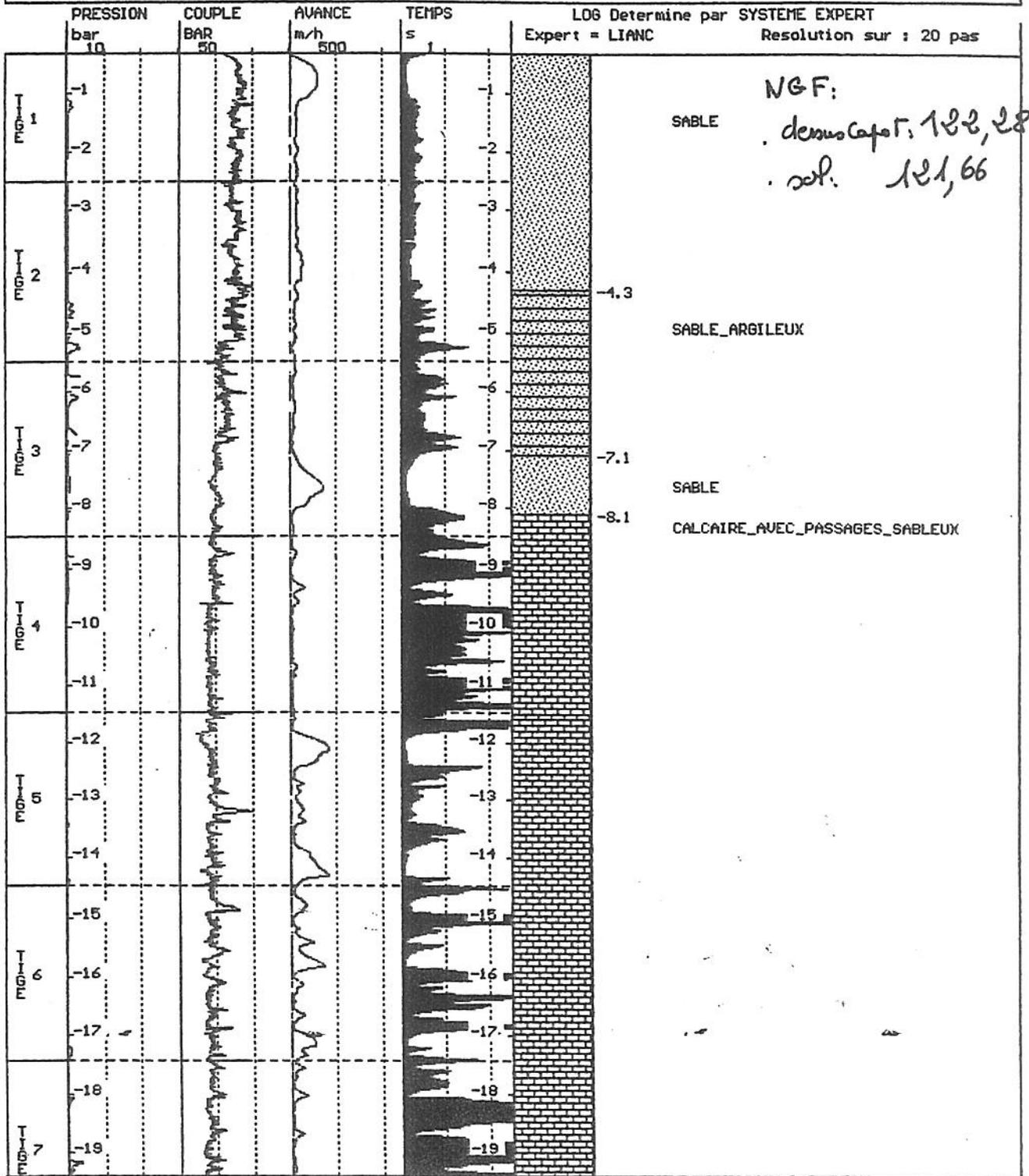


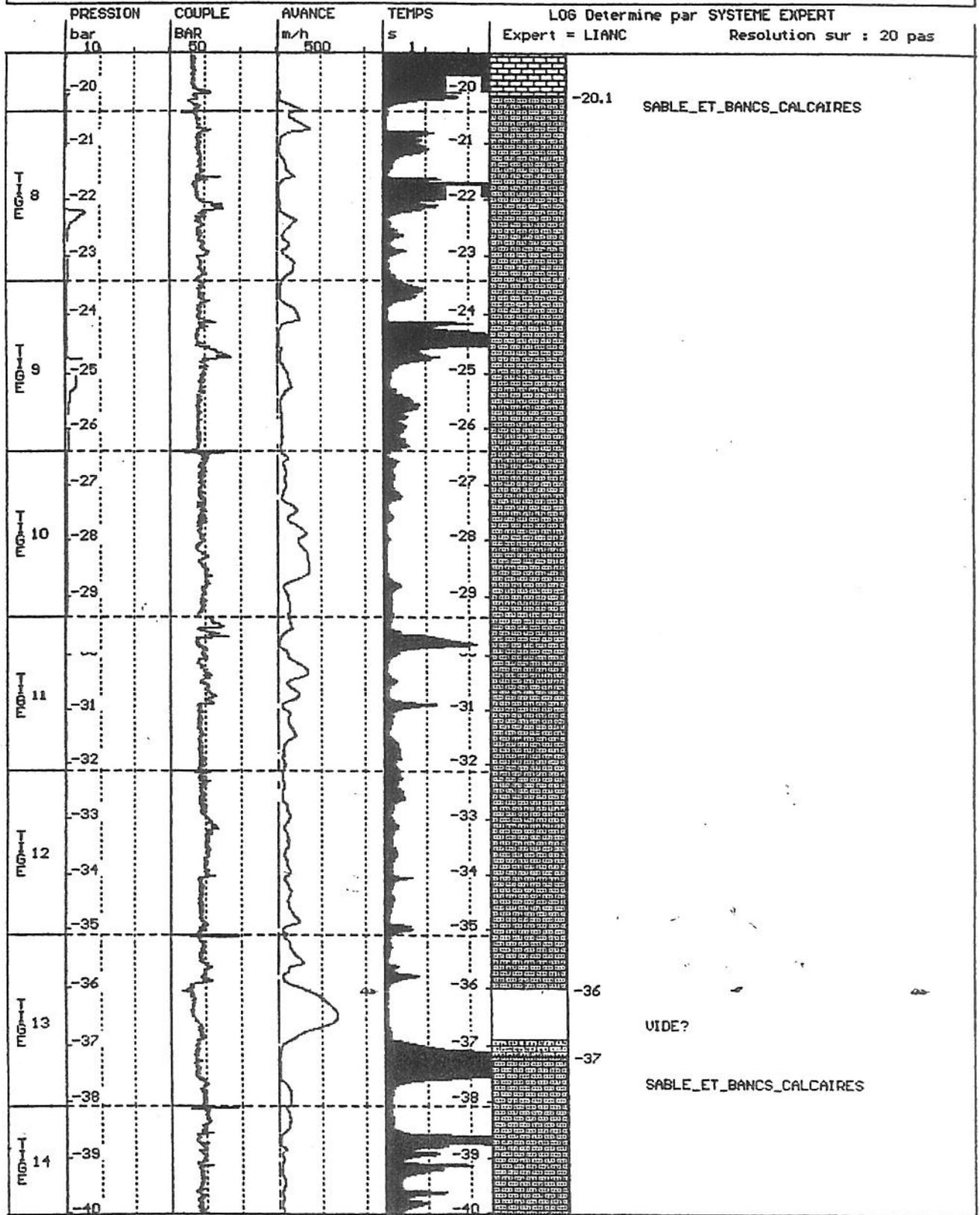
- 1 : tube PVC crépiné
Ø 80/90 mm
fentes 0,5 mm
+ toile filtrante
2 : foration à l'air de 32,50 m à 41,50 m
(outil trilame Ø 219 mm)
3 : gravier siliceux
roulé lavé
Ø 2,00/3,15 mm
4 : tube PVC crépiné vissé droit
Ø 112/125 mm
fentes 1 mm
5 : bouchon de pied PVC

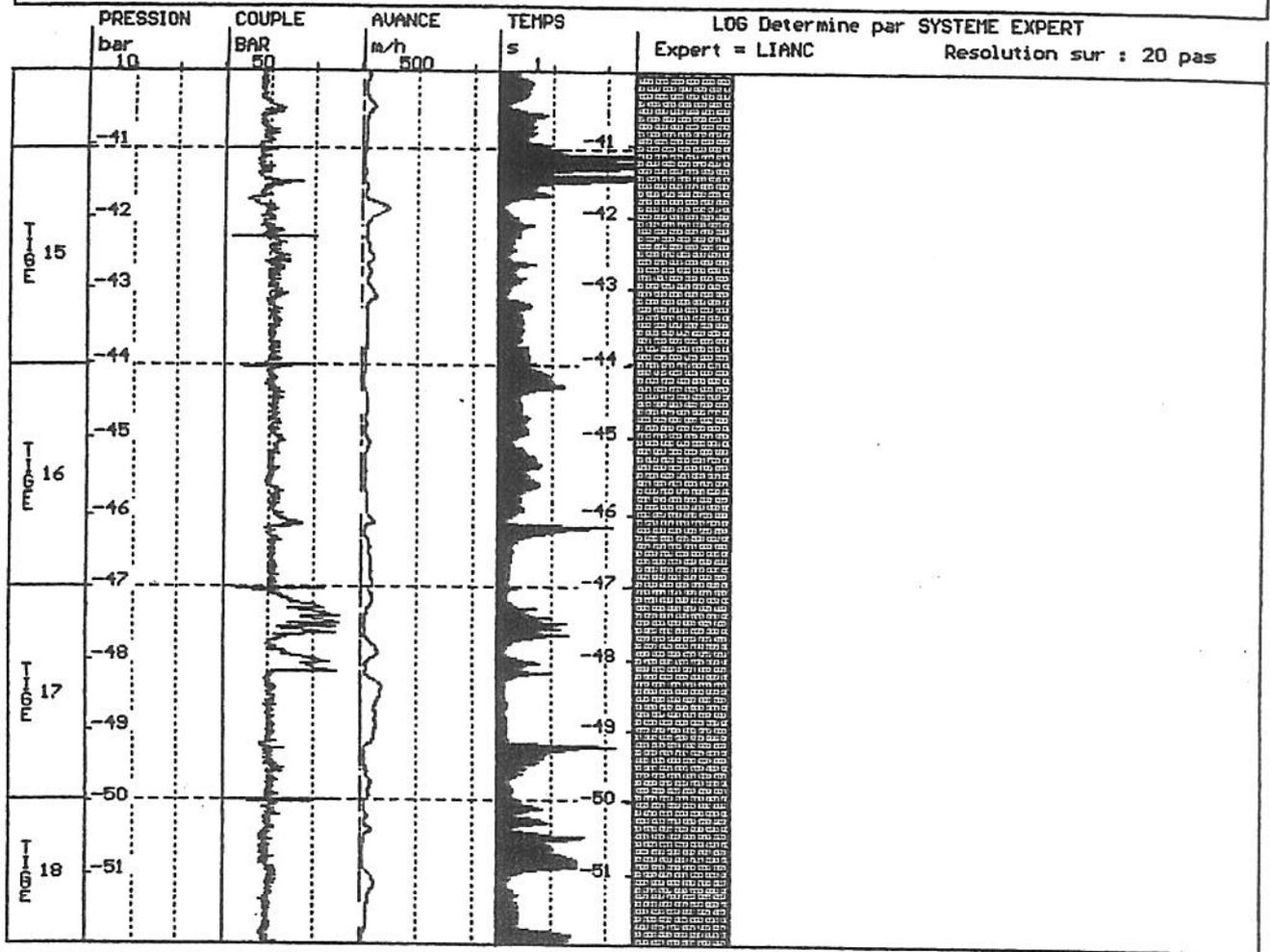
Pompage de nettoyage :

- air lift
- durée : 1 h 30 mn
- pompage à la pompe immergée 3" le 30/03/1999 :
- durée : 7 fois 15 minutes
- vidange progressive en 15 minutes
- débit moyen : 0,6 m³/heure
- eau très sableuse
- piézomètre retubé le 06/04/1999
avec PVC Ø 80/90 mm fentes 0,5 mm
+toile filtrante (≈ 0,1 mm)
- pompage à la pompe immergée 3" le 06/04/1999 :
- durée : 1 heure
- débit : 1,2 m³/heure
- niveau statique : - 32,90 m/sol
- niveau dynamique en fin de pompage : - 35,90 m/sol
- eau non chargée légèrement jaunâtre

Piézomètre II







SOLETANCHE

SOLETANCHE ENTREPRISE

SECTEUR RECONNAISSANCES NORD

rue de Watford • 92000 NANTERRE B.P. 511
Tél : 33 (1) 47 76 42 62 • Télex : 611 722 SOLET F
Télécopie : 33 (1) 47 75 99 10 et 33 (1) 47 73 98 21

Société Anonyme au capital de 50 000 000 F
Registre du commerce : NANTERRE 712 030 154
Code APE : 5 520 - Numéro SIRET : 712 030 154 00157

FRANCE DECHETS

*

LIANCOURT - ST-PIERRE

Centre d'Enfouissement Technique

*

POSE D'UN PIEZOMETRE :

P₂ II.

*

RAPPORT D'EXECUTION

*

SO 1 1 1525

phg.ah 020 ARN

Nanterre, le 3 juin 1991

A la demande et pour le compte de FRANCE DECHETS, SOLETANCHE a mis en palce, fin avril, début mai 1991, un piézomètre de contrôle à proximité du Centre d'Enfouissement Technique de LIANCOURT-ST-PIERRE, dans l'Oise. Ce rapport présente les conditions d'exécution du forage et de pose du piézomètre.

I. SITUATION ET CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le piézomètre est situé à l'extérieur du Centre d'Enfouissement, à une centaine de mètres de sa limite Sud-Ouest (voir plan joint). Il a été placé en bordure d'un petit bois dit Bois du Bochet.

Suivant l'étude géologique effectuée pour l'implantation de la décharge, le piézomètre traverse la succession stratigraphique suivante :

- Limons des plateaux et colluvions éventuels
- Marnes et caillasses du Lutétien supérieur
- Calcaires du Lutétien supérieur
- Calcaires et sables du Lutétien moyen et inférieur.

La nappe phréatique intéressée par le piézomètre est la nappe de la base du Lutétien et des Sables de Cuise.

II. EXECUTION DU FORAGE

Le forage a été réalisé avec une sondeuse longue course, à entraînement hydraulique, montée sur camion, type Mobile Drill B 50 L.

Préalablement au forage proprement dit de pose du piézomètre, un pré-forage a été effectué, en petit diamètre, par rotation au tricône de 3" 7/8. Ce pré-forage a fait l'objet d'un enregistrement numérique des paramètres de foration à l'ENPASOL. Cet appareil conçu et développé par notre société permet l'enregistrement des 7 paramètres caractéristiques suivants :

- . Pression du fluide de perforation
- . Vitesse de rotation de l'outil
- . Couple appliqué
- . Effort de poussée
- . Retenue
- . Vitesse d'avancement ou avance
- . Temps de perforation pour 5 mm d'avance

Le pas de saisie de ces paramètres, de 5 mm, fournit une diagraphie très fine des terrains traversés. Le traitement des données sur ordinateur permet de sélectionner les

paramètres les plus caractéristiques du forage considéré et de les éditer à l'échelle voulue. De plus, les paramètres de forage peuvent être combinés entre eux (paramètres composés) pour faire ressortir, si nécessaire, certaines caractéristiques recherchées du terrain reconnu.

*

Après exécution du forage préalable en petit diamètre, pour enregistrement des paramètres, le forage a été repris comme suit :

- . Forage par rotation à sec, à la tarière continue Ø 8", de 0 à 9 m
- . Mise en place d'un tubage métallique provisoire de tête de 0 à 8,8 m
- . Forage par rotation, au tricône 7" 3/8 jusqu'à 53,6 m. FLuide de perforation : eau claire en début de forage et boue au Revert en fin de forage.

III. EQUIPEMENT PIEZOMETRIQUE

L'équipement piézométrique est constitué de tubes PVC, en éléments de 4 m, assemblés par vissage, Ø 127 x 140 mm. Les crépines sont à fentes de 1 mm.

L'équipement comprend (voir coupe jointe) :

- une partie lisse de 0 à 35,8 m
- une partie crépinée de 35,8 à 51,8 m.

Le massif filtrant mis en place dans l'espace annulaire de 25,0 à 51,8 m, est un gravier calibré siliceux 2-6 mm.

Il est surmonté d'un bouchon de Duranit (palets de bentonite) de 25,0 à 24,0 m, lui-même recouvert par un coulis bentonite-ciment remonté jusqu'en surface.

Après détubage des tubes provisoires Ø 8", la tête du piézomètre a été équipée d'un tubage métallique de protection Ø 183 x 194 mm, muni d'un capôt cadénassé.

IV. COUPE DES TERRAINS

Nous joignons en fin de rapport :

1) Les diagrammes d'enregistrement du forage (3 pages) faisant apparaître 5 paramètres sélectionnés :

- . Pression du fluide de perforation
- . Couple
- . Poussée
- . Vitesse d'avance
- . Temps de perforation pour chaque pas de 5 mm

2) Les mêmes diagrammes, sans paramètre de poussée, accompagnés de la coupe interprétative des terrains traversés (3 pages).

Nous donnons ci-après quelques commentaires concernant l'interprétation des courbes ENPASOL.

La lecture des courbes ENPASOL permet de distinguer dans le cas présent 3 grands types de terrains : les sables, les sables argileux, et les bancs calcaires.

- . Les niveaux sableux sont caractérisés par une vitesse d'avance forte et un couple régulier.
- . Les sables argileux sont mis en évidence par une augmentation de la pression du fluide de perforation et une vitesse d'avance plus lente que dans les sables.
- . Les bancs calcaire sont caractérisés par un temps de perforation important (de l'ordre de 1 seconde pour 5 mm). Le couple est faible dans ces niveaux.

Un niveau de terrain très tendre ayant une vitesse de pénétration comparable à un vide a été rencontré à partir de la cote - 36 m, sur une épaisseur de plusieurs dizaines de centimètres.

De - 8,00 m jusqu'en fond de forage, on rencontre des alternances de niveau durs (bancs calcaire) et tendres (sables), nous les avons regroupés en 2 grandes catégories pour plus de simplicité : calcaires avec passages sableux, et sables et bancs calcaires. Pour plus de précision sur la position des bancs durs, on se reportera au graphique du temps de perforation.

V. NIVEAUX D'EAU ET MESURE DE DEBIT

Un pompage de développement du piézomètre a été effectué pendant 4 heures, à l'air-lift.

La mesure de débit prise en fin de pompage donne :

28,5 l/mn pour un rabattement de 1,15 m.

Sous ce débit, le niveau rabattu est mesuré à 37,35 m pour un niveau statique à 36,20 m (7/05/91).

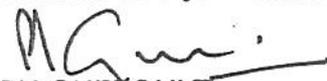
Les autres niveaux statiques relevés sont :

- . 36,10 m le 29.04.91, en cours de forage (début de poste)
- . 35,95 m le 30.04.91, en cours de forage (début de poste)
- . 36,10 m le 13.05.91

VI. CALENDRIER DES TRAVAUX

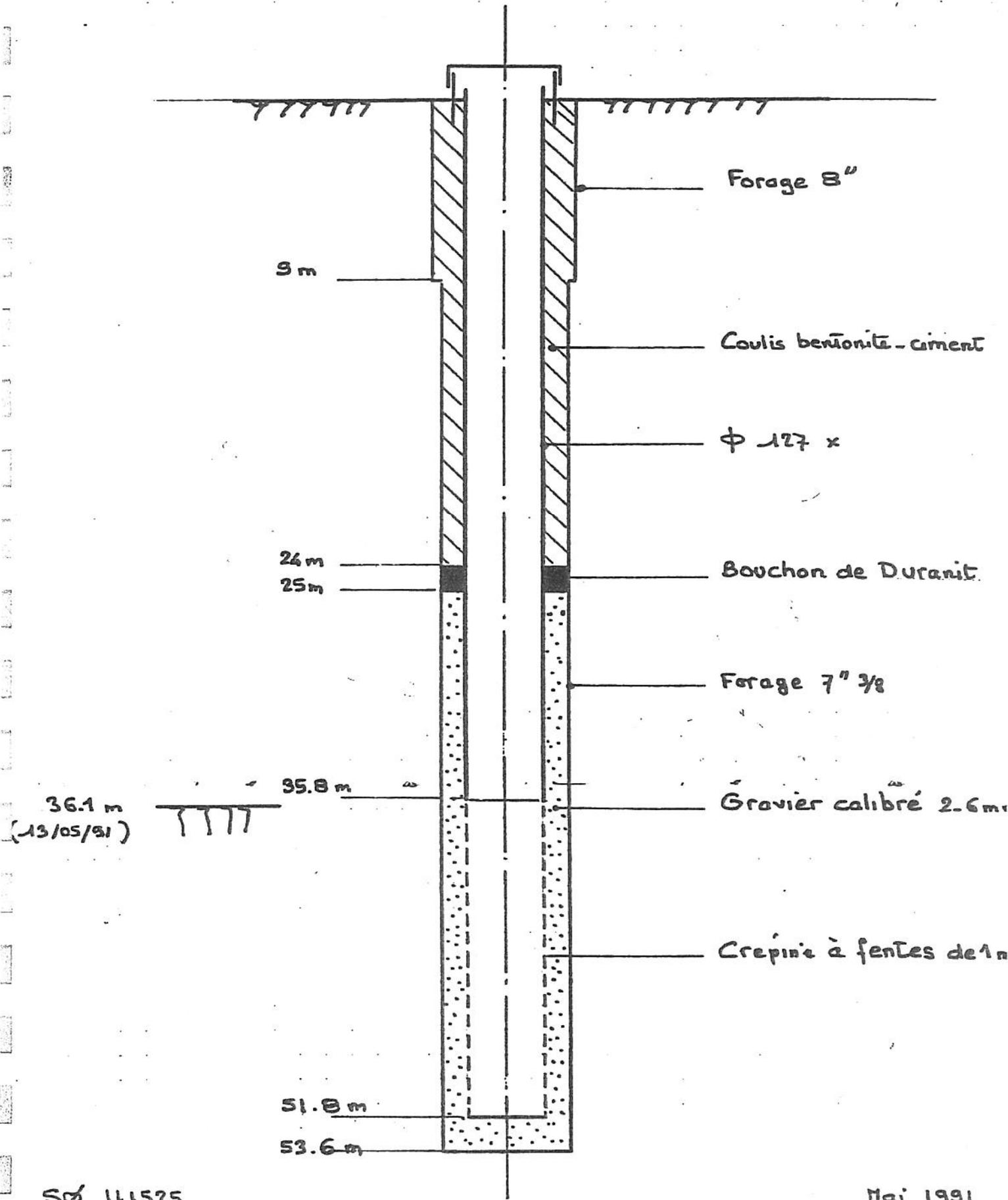
- 25.04.91 - Amenée de la sondeuse et d'une partie du matériel
- 26.04.91 - Forage préalable Ø 3"7/8 avec enregistrement ENPASOL
- 29.04.91 - Amenée complémentaire de matériel. Forage Ø 7"7/8
- 30.04.91 - Fin du forage Ø 7"7/8
- 02.05.91 - Repliement partiel de matériel
- 03.05.91 - Pose du piézomètre
- 07.05.91 - Pompage air-lift et mesures de débit
- 13.05.91 - Repliement final

Fait à Nanterre, le 3 juin 1991


PH GUEROULT

LIANCOURT - St - PIERRE

COUPE DU PIÉZOMÈTRE



Piézomètre III



152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

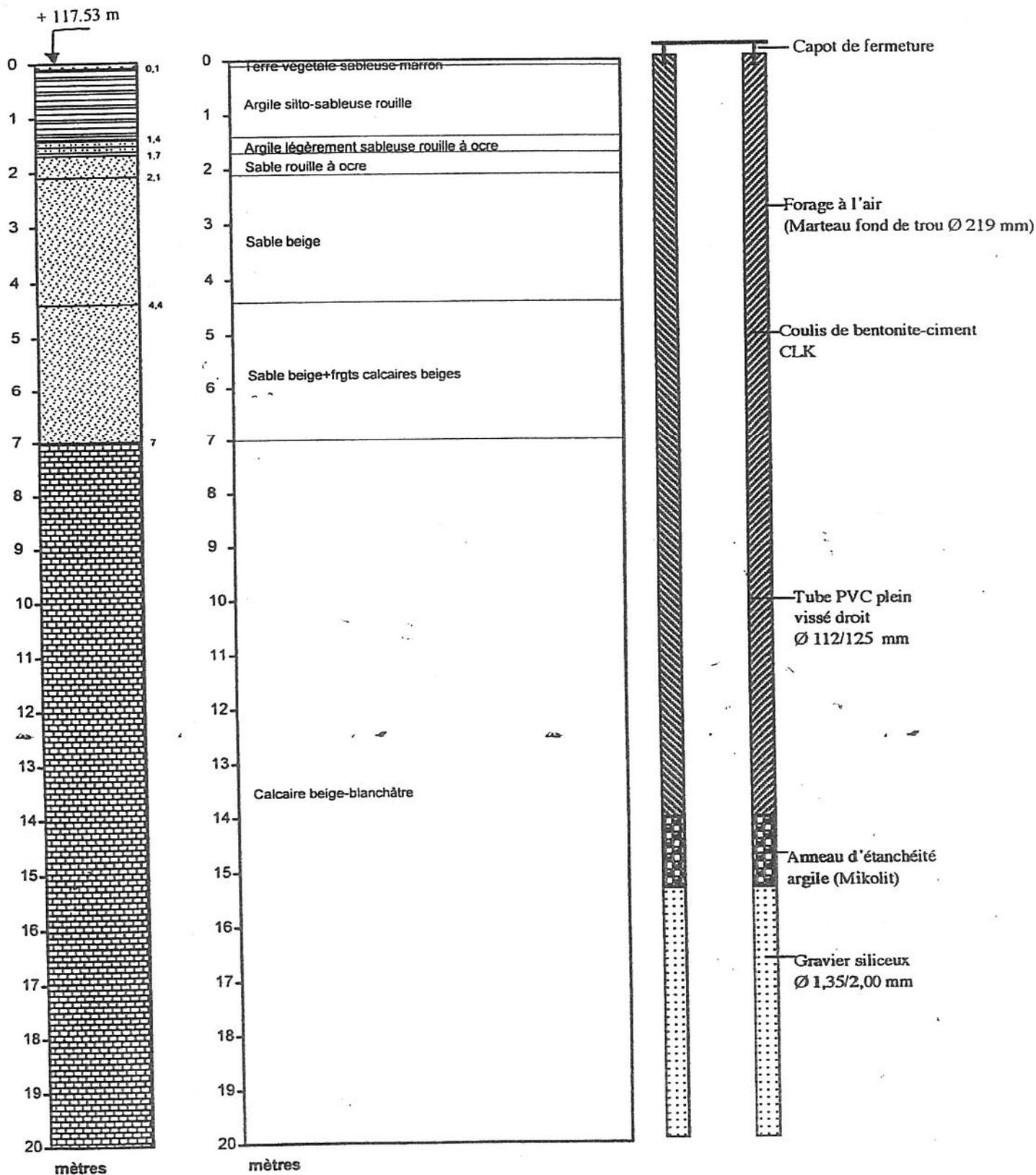
LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)
Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

PzIII

06-07/04/99

SONDAGE PIEZOMETRIQUE PzIII





152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

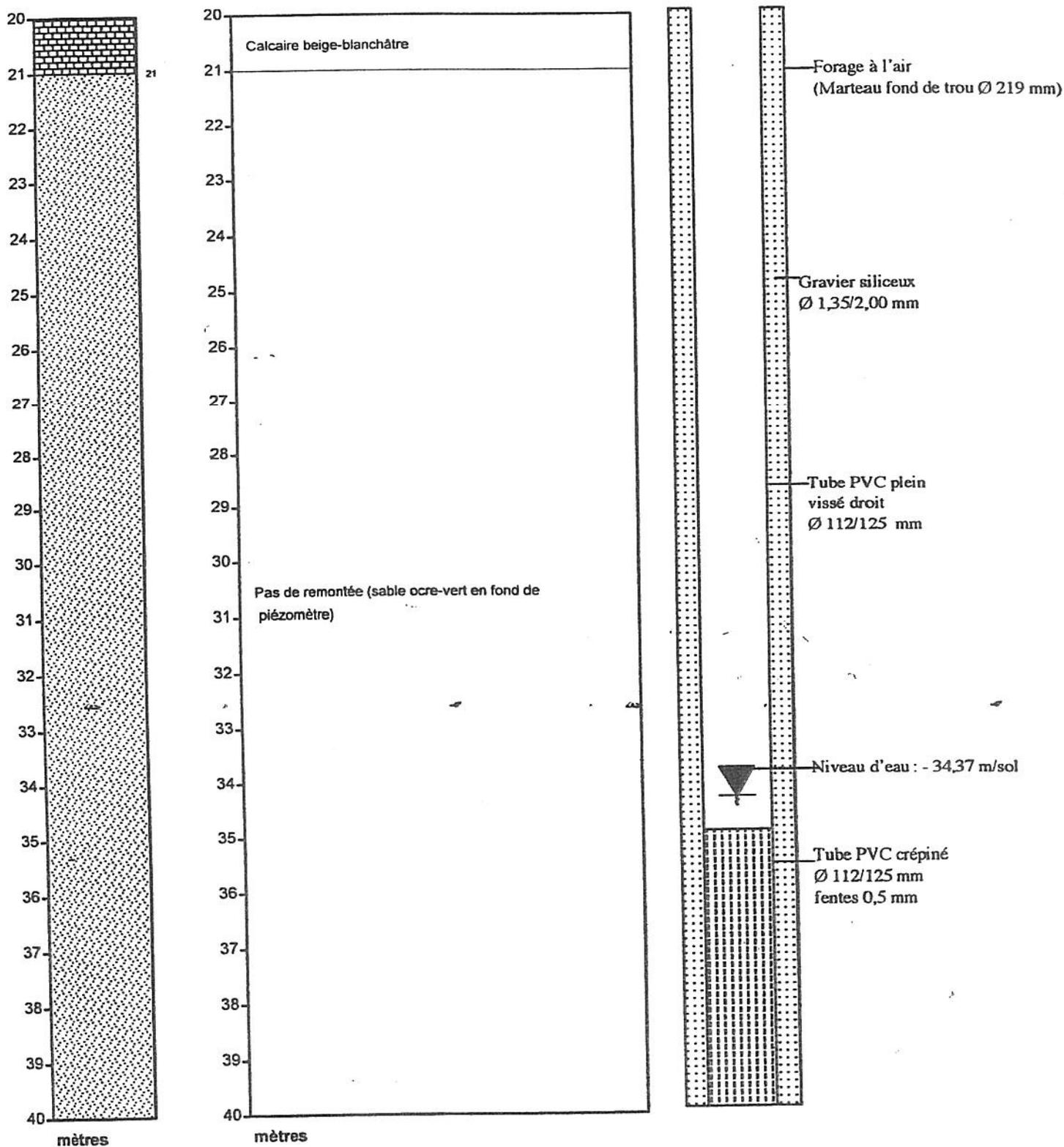
LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)
Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

PzIII

06-07/04/99

SONDAGE PIEZOMETRIQUE PzIII





152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

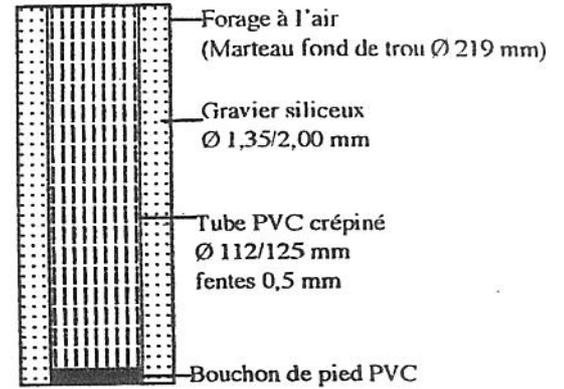
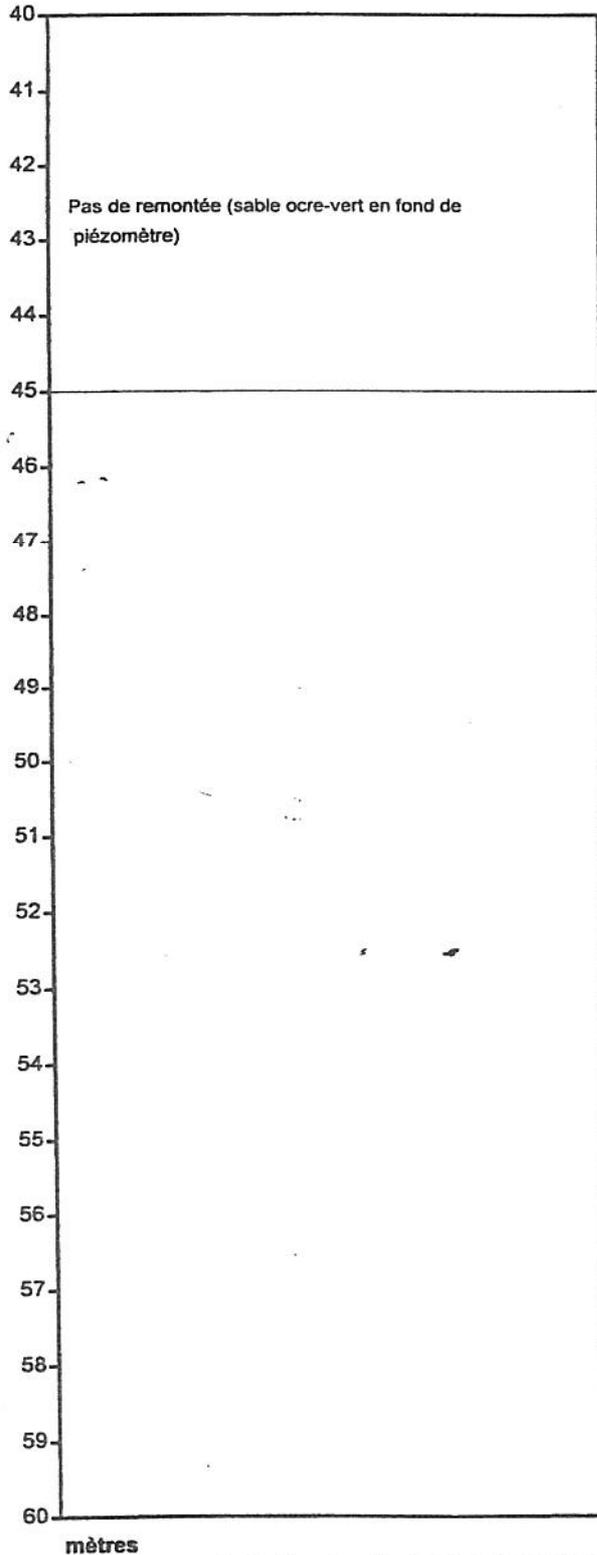
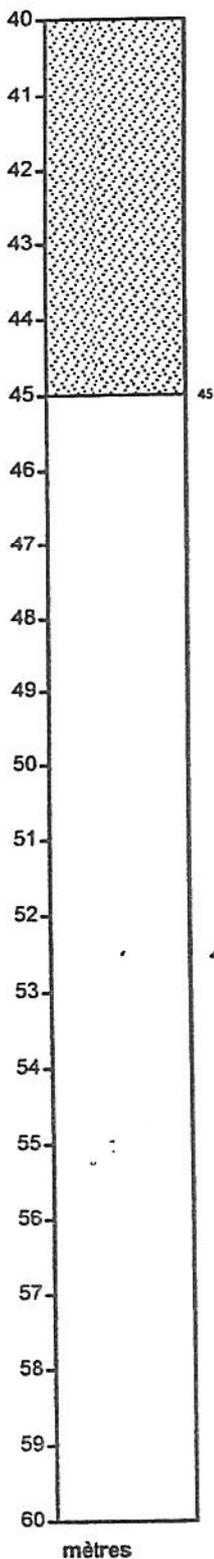
LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)
Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

PzIII

06-07/04/99

SONDAGE PIEZOMETRIQUE PzIII



Pompage de nettoyage :

- air lift
- durée : 1 h 15 mn
- eau sableuse
- pompage à la pompe immergée 3" :
- durée : 2 h 45 mn
- débit : 0,8 m³/heure
- niveau statique : - 34,37 m/sol
- niveau dynamique en fin de pompage : - 39,50 m/sol

Nota bene : coupe indicative à partir de 20 m de profondeur
Où il s'est produit une perte d'air et donc une absence de
Remontée de cuttings.
La limite calcaire/sable a été supposée en fonction d'une

Piézomètre IV



152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

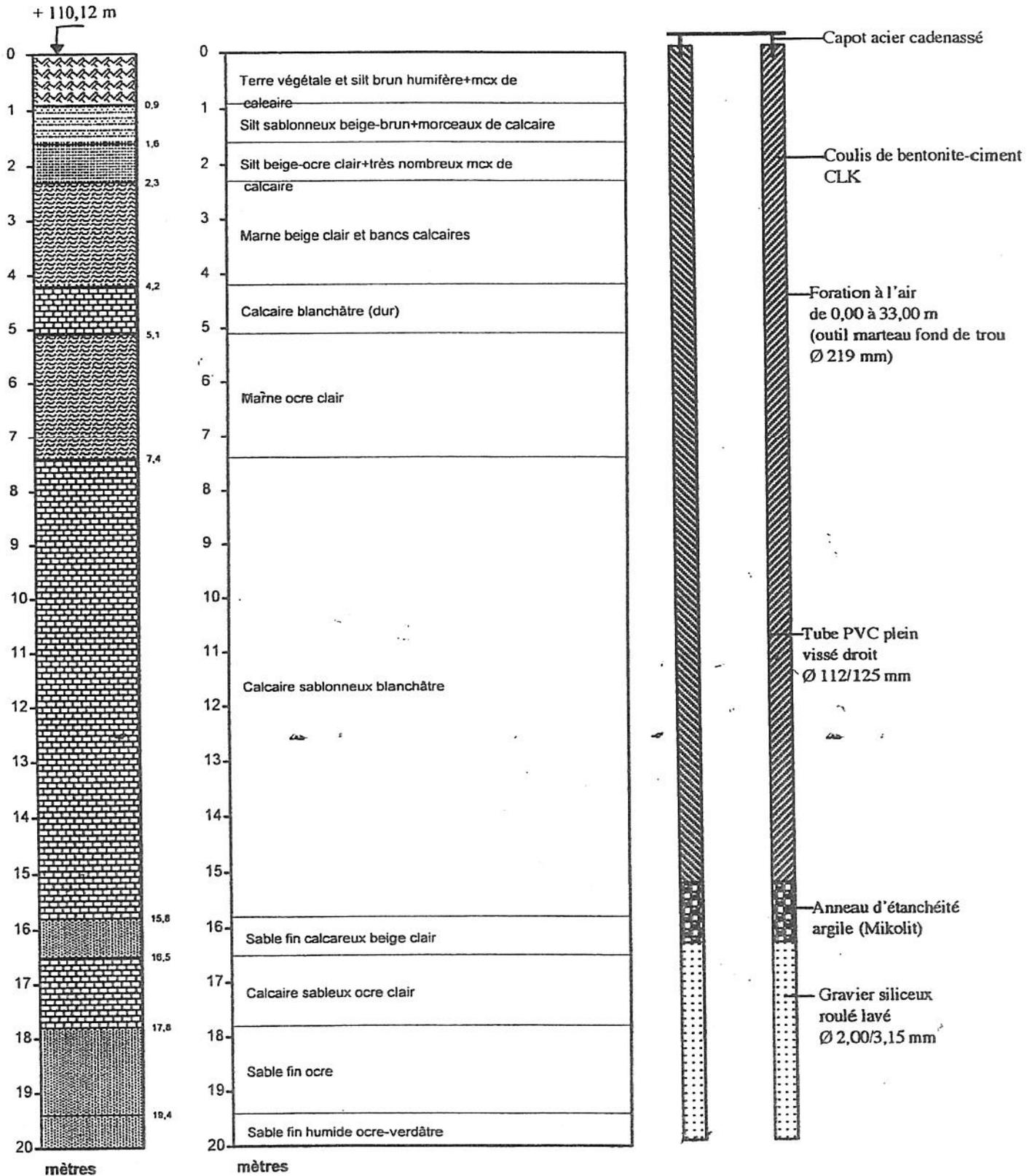
LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)
Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

PzIV

31-02/03-04/99

SONDAGE PIEZOMETRIQUE PzIV





152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

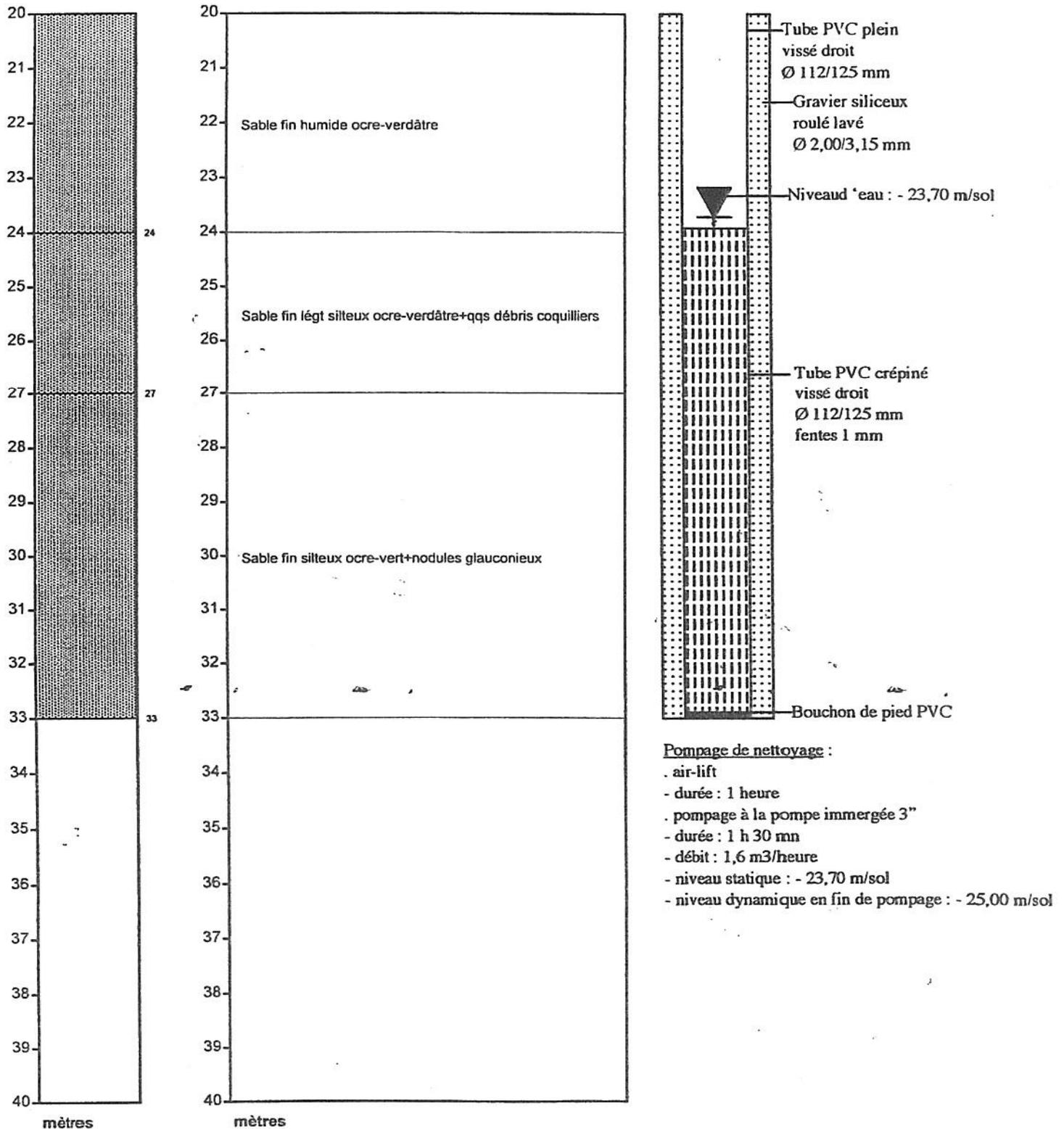
LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)
Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

PzIV

31-02/03-04/99

SONDAGE PIEZOMETRIQUE PzIV

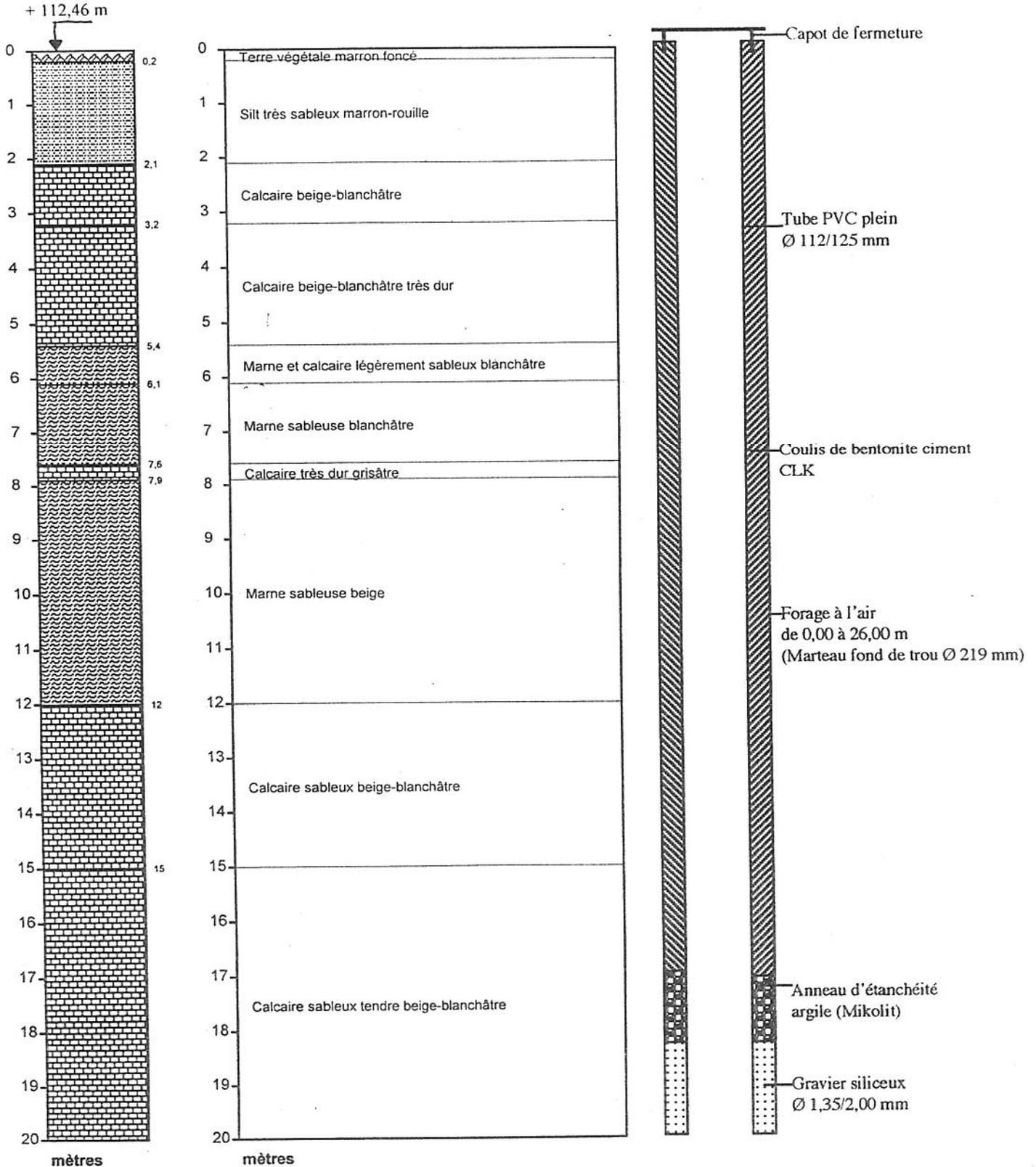


Piézomètre V



152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT
Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

SONDAGE PIEZOMETRIQUE PzV





152, rue Henri Maurice
59494 AUBRY-DU-HAINAUT

Tél : 03 27 46 90 15
Fax : 03 27 46 43 85

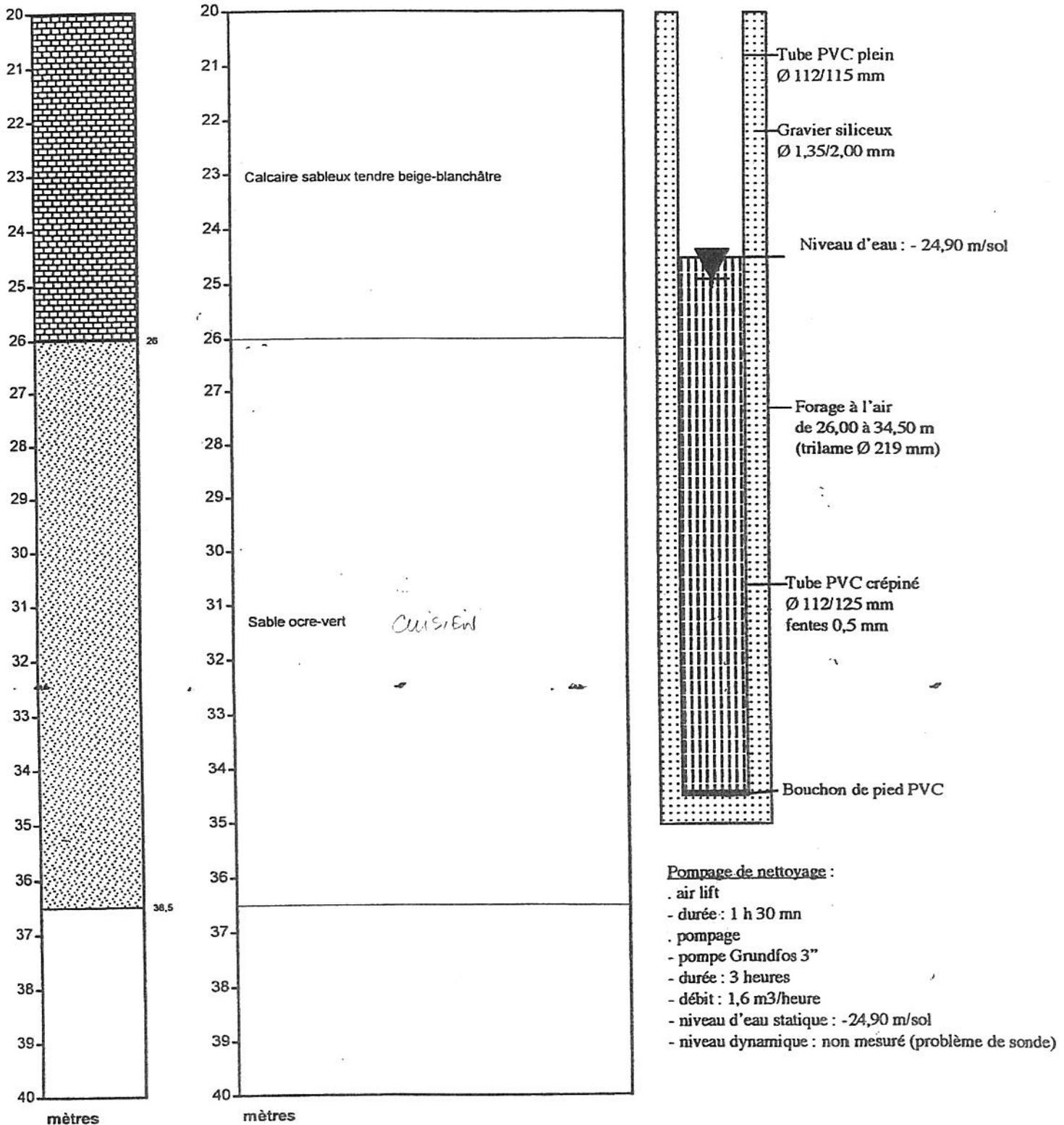
LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)
Lieu-dit "Le Fond du Bouleau"
FRANCE DECHETS
C.E.T.-Réseau de surveillance piézométrique

Annexe

PzV

08-09/04/99

SONDAGE PIEZOMETRIQUE PzV



Annexe 4.

Campagne de sondages et mesures en laboratoire réalisés en 2013

Technosol



MAITRE D'OUVRAGE



K20

AGENCE DE STOCKAGE
19/21, RUE EMILE DUCLAUX
92268 SURESNES CEDEX

SITES

LIEU-DIT « BOIS DU BOCHET »
LIANCOURT SAINT PIERRE
DEPARTEMENT DE L'OISE(60)



MISSION GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE DE FAISABILITE

(Compte rendu des travaux d'investigation géotechnique – Mission G11)

Rédacteur : <i>Jacques-Jean TONDJI BIYO</i>	
Approbateur : <i>Michael REBOUL</i>	
Relecteur : <i>Remi VIALARD</i>	

Rapport n°TEA130256

Pièce 001 - Version C

du 1^{er} août 2014

Nombre de pages : 88

SOMMAIRE

1. DEFINITION DE LA MISSION	3
2. PROJET	6
3. SITE	6
4. RESULTATS OBTENUS	8
4.1. Lithologie	8
4.2. Observations concernant l'eau	8
4.3. Test de perméabilité in-situ	9
4.3.1. Méthodologie	9
4.3.2. Résultats des essais d'infiltration	10
4.4. Essais géotechniques en laboratoire	11
5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	12

ANNEXES

- Plan de situation
- Plan d'implantation des sondages
- Procès verbaux des différents résultats
- classification des missions d'ingénierie géotechnique types (NF P 94-500 de décembre 2006)
- schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

1. DEFINITION DE LA MISSION

A la demande et pour le compte de **K2O** du groupe « SITA SUEZ Environnement », et dans le cadre des Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux et de l'extension LSP3 au sein des communes de LIANCOURT SAINT PIERRE et LIERVILLE dans le département de l'Oise (60), nous avons procédé à une reconnaissance de sols sur des terrains agricoles jouxtant le « Bois du Bochet ».

La présente mission rentre dans le cadre d'une étude géotechnique préliminaire de site (mission de type G11) selon la norme NFP 94-500 de Décembre 2006, sur la classification des missions géotechniques. Les travaux et essais géotechniques, anciennement G0, sont inclus dans la mission précitée qui devra permettre essentiellement :

- d'établir une synthèse géologique sommaire du site,
- de mettre en place un ouvrage de suivi hydrogéologique (suivi non compris dans cette mission),
- de déterminer en différents emplacements, le coefficient de perméabilité à des cotes variant entre 109 et 89 m NGF,
- de réaliser quelques essais en laboratoire.

Dans le cadre de notre mission et afin de préciser la nature des couches superficielles et semi-profondes, de déterminer leurs coefficients d'infiltration et de poser des ouvrages piézométriques, nous avons procédé, conformément à la demande de notre client, aux investigations suivantes :

IN SITU,

- ❖ Préparation du chantier, visite et implantation sommaire des sondages sur le site en compagnie de Mrs A. SIMAO représentant du Maître d'œuvre délégué et B. BRETAUDEAU du bureau d'étude ACG Environnement.
- ❖ Un sondage carotté référencé SC1, descendu jusqu'à 20 m de profondeur sans prélèvement d'échantillons intacts mais avec mise en caisse des différentes carottes entreposées sur site.
- ❖ Trois sondages destructifs référencés SK1 à SK3, de gros diamètre (≥ 150 mm), descendus jusqu'à 12 à 16 m de profondeur avec enregistrement des paramètres de forage sur toute la hauteur et destinés surtout à la réalisation des essais de perméabilité. Nous avons également prélevé dans ces sondages des échantillons intacts avec ;
 - Au droit de SK1, deux échantillons intacts entre 10.5 et 11 m (EI1) et entre 11 et 12 m (EI2),
 - Au droit de SK2, trois échantillons intacts entre 1.5 et 2.0 m (EI1), entre 2 et 3 m (EI2) puis entre 5.5 et 7.0 m (EI3).

- ❖ Un sondage destructif référencé PZVII descendu jusqu'à 45 m de profondeur avec enregistrement numérisé des paramètres de forage sur toute la hauteur et mise en place d'un équipement piézométrique. Cet ouvrage a été développé par pompage pendant au moins une heure.
- ❖ Réalisation, dans des lanternes de hauteur 1 à 2 m environ, de dix sept essais d'infiltration in-situ selon les normes NF P 94-132 et surtout NF X30-423 et ainsi repartis :
 - PZVII descendu jusqu'à 45.01 m de profondeur avec 2 essais ;
 - entre 18.0 m et 19.0 m de profondeur,
 - entre 30.0 m et 31.0 m de profondeur.
 - SK1 descendu jusqu'à 16.0 m de profondeur avec 5 essais ;
 - entre 10.0 m et 11.0 m de profondeur,
 - entre 11.0 m et 12.0 m de profondeur,
 - entre 12.0 m et 13.0 m de profondeur,
 - entre 13.0 m et 14.0 m de profondeur,
 - entre 14.0 m et 15.0 m de profondeur.
 - SK2 descendu jusqu'à 12.0 m de profondeur environ avec 5 essais ;
 - entre 7.0 m et 8.0 m de profondeur,
 - entre 8.0 m et 9.0 m de profondeur,
 - entre 9.0 m et 10.0 m de profondeur,
 - entre 10.0 m et 11.0 m de profondeur,
 - entre 11.0 m et 12.0 m de profondeur.
 - SK3 descendu jusqu'à 15.0 m de profondeur environ avec 5 essais ;
 - entre 6.0 m et 8.0 m de profondeur,
 - entre 8.0 m et 10.0 m de profondeur,
 - entre 11.5 m et 12.5 m de profondeur,
 - entre 12.5 m et 13.5 m de profondeur,
 - entre 13.5 m et 14.50 m de profondeur.
- ❖ Mesures de diagraphies différées de type gamma ray dans les sondages SC1, SK1, SK2 SK3 et PZVII.
- ❖ Réalisation, non loin du sondage SC1, de sondages semi destructifs à la tarière de diamètre 100 mm. Aucune tarière n'est descendue au-delà de 8 m de profondeur.
- ❖ *Nettoyage sommaire* de chaque emplacement après rebouchage au coulis de ciment/bentonite des différents sondages à l'exception de PZ.

Notre intervention sur site s'est déroulée du 07 au 21 octobre 2013.

EN LABORATOIRE,

- ❖ Les échantillons intacts prélevés particulièrement au droit du sondage SK2 ont fait l'objet d'essais en laboratoire conformes aux normes. Il a ainsi été réalisé :
 - des identifications selon le GTR avec ;
 - Teneur en eau (2),
 - granulométrie (2),
 - valeur de bleu du sol et/ou limites d'Atterberg (2).
 - des essais de cisaillement rectiligne à la boîte de casagrande de type
 - consolidé drainé (CD) au nombre de deux.
 - deux essais d'infiltration sur perméamètre à charge hydraulique variable selon la norme X30-441/442 voire XP CEN ISO/TS 17892 (P 94-512-11) à partir d'une cellule œdométrique (**quatre essais** ont été réalisés in fine pour tenir compte de nombreuses alternances de sable et d'argile).

NB Les EI au droit de SK1 tout comme EI3 au droit de SK2 ce sont révélés essentiellement calcareux avec juste quelques joints marneux ne permettant la réalisation d'essais sur sol.

- ❖ Les tarières réalisées autour de SC1 et descendues jusqu'à 8 m de profondeur environ, ont permis d'obtenir un échantillon moyen (TH1) entre 1.5 et 8 m de profondeur, sur lequel ont été réalisés les essais ci-dessous :
 - des identifications selon le GTR avec ;
 - Une teneur en eau,
 - Une analyse granulométrie,
 - Une mesure de la valeur de bleu du sol.
 - Préparation de deux échantillons supplémentaires traités à la bentonite avec ;
 - Un échantillon traité avec 2% de bentonite,
 - Un échantillon traité avec 4% de bentonite.
 - Essai de compactage à l'énergie proctor avec;
 - Un essai Proctor normal au moule CBR sur matériau naturel,
 - Un essai Proctor normal au moule CBR sur matériau traité avec 2%,
 - Un essai Proctor normal au moule CBR sur matériau traité avec 4%,,
 - Essai de perméabilité à charge variable au perméamètre de compactage avec;
 - Essai de perméabilité sur matériau naturel compacté à l'optimum,
 - Essai de perméabilité sur matériau traité avec 2% de bentonite et compacté à l'optimum,
 - Essai de perméabilité sur matériau traité avec 4% de bentonite et compacté à l'optimum,

Matériel utilisé pour cette intervention in situ :

- Sondeuse : machine hydraulique de type SEDIDRILL 250/90 montée sur chenillard,
- Un dispositif d'isolement de la cavité de mesure,
- Une sonde de suivi du niveau d'eau,
- Un thermomètre.

2. PROJET

Extension des Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux au sein des communes de LIANCOURT SAINT PIERRE et LIERVILLE.

3. SITE

- ✓ Le site, avant notre intervention, correspondait à :
 - une parcelle occupée par une broussaille dense (arbres et arbustes) futur emplacement de PZVII,



- un champ en culture (betterave) pour SK1 à SK3, SC1 et TH.



Notre intervention sur site s'est déroulée à l'issue de la récolte de la betterave.

✓ D'après l'emplacement de ce site, nos précédentes études, la géologie probable au droit du projet, particulièrement pour les terrains de subsurface devait correspondre essentiellement à :

- des recouvrements,
- des Sables et grès de Beauchamp,
- des Marnes et calcaires du Lutétien.

✓ Pour le nivellement des têtes de sondages, seules les coordonnées altimétriques nous ont été transmises par Mr BRETAUDEAU de ACG Environnement à ce jour. Elles sont consignées dans le tableau ci-dessous.

	X	Y	Z
SC1	/	/	114.96
SK1	/	/	115.85
SK2	/	/	112.40
SK3	/	/	117.45
PZVIII	/	/	124.50

Dans la suite de cette étude, les niveaux géologiques et géotechniques seront donnés en termes de profondeur par rapport à la tête des sondages réalisés depuis le terrain existant au moment de notre intervention du 07 au 21 octobre 2013.

4. RESULTATS OBTENUS

4.1. Lithologie

Les coupes lithologiques données ci-dessous ont été établies à partir :

- du sondage carotté (SC1) qui permettent de fixer avec précision, la nature et la position des terrains traversés au droit du site,
- des cuttings (débris de terrain) mélangés au fluide de forage et déstructurés par la technique des sondages destructifs (SK et PZ).
- de l'interprétation des diagraphies instantanées et/ou différées enregistrées au droit des différents sondages.

La lithologie au droit du site peut être résumée dans le tableau ci-dessous comme suit :

		Campagne de sondage d'octobre 2013				
Formations	Sondages	SC1	SK1	SK2	SK3	PZVIII
		Cote tête (m NGF)	≈114.96	≈115.85	≈112.40	≈117.45
(Rb/Rec)	Prof. (m)	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2
	Cote base	≈ 113.96	≈ 114.85	≈ 111.40	≈ 116.25	≈123.30
Sables et Grès de Beauchamp	Prof. (m)	12.6	/	5.9	4.8	8.0
	Cote base	≈ 102.36	/	≈ 106.50	≈ 112.65	≈ 116.50
Marnes et Caillasses	Prof.(m)	≈ Abs	11.8	9.7	13.8	18.2
	Cote base	≈ Abs	≈ 104.05	≈ 102.70	≈ 103.65	≈ 106.30
Calcaires sableux du Lutétien	Prof. (m)	≥ 20.0	≥ 16.0	≥ 12.01	15.04	≥ 45.01
	Cote base	<95.0	<99.0	<100.39	<102.41	<79.49

Les différents logs lithologiques sont joints en annexe.

4.2. Observations concernant l'eau

Les différents sondages ont été réalisés en rotation et/ou en rotoperçusion avec utilisation d'un fluide de forage correspondant à de l'eau claire. Ceci permet alors de commencer la saturation (pour les zones non saturées) pendant la foration, mais rend difficile la détermination du niveau statique de la nappe sous-jacente.

Au droit de l'ouvrage piézométrique PZVIII nous avons mesuré un niveau d'eau **non stabilisé** à 34.27 m / sol extérieur (soit vers 85.73 m NGF).

Ce niveau d'eau bien que vraisemblablement influencé par le fluide de forage pourrait toutefois correspondre à la nappe phréatique des calcaire du Lutétien, sans refléter l'amplitude des variations de cette nappe au cours du temps.

Le suivi d'évolution de la nappe au droit des différents ouvrages présents sur site devrait permettre de statuer sur la nature, le niveau statique voire sur l'amplitude de variations de cette éventuelle nappe.

4.3. Test de perméabilité in-situ

4.3.1. Méthodologie

➤ La localisation et la profondeur des essais dans les différents sondages SK et PZ ont été fixées par Mr Boris BRETAUDEAU de A.C.G. ENVIRONNEMENT. Ces essais ont été réalisés selon la norme NF X 30-423 représentatives des gammes de perméabilité très faibles (comprises entre 10^{-6} et 10^{-9} m/s) conformément à la demande de notre client. Il s'agit essentiellement des essais de perméabilité à charge variable en forage ouvert.

Nous avons utilisé comme dispositif d'isolement de la cavité de mesure :

- un tubage provisoire en acier mis en place par fonçage et/ou battage,
- un obturateur dilatable et amovible.

Pour interpréter ces différents essais, nous avons utilisé deux méthodes permettant de suivre la variation de la charge hydraulique mesurée (méthode 1) ou du logarithme de la charge hydraulique (méthode 2) au cours du temps.

Avec la méthode 1, on peut facilement remarquer pour un certain nombre d'essais que la courbe théorique ne s'ajuste plus (au bout d'un moment) avec les points de mesure. Ceci traduit généralement un colmatage. Dans cette configuration, l'interprétation de ces essais qui utilise les premiers points de mesure conduit généralement à l'obtention d'une valeur de perméabilité a priori un peu plus importante (donc pénalisante).

➤ Dans le cas de perméabilités plus importantes ($> 10^{-6}$ m/s), tout en restant généralement dans la configuration des essais de perméabilité à charge variable en forage ouvert, nous avons réalisé des essais hors nappe de type Nasberg en suivant la remontée (par injection) et/ou la descente seulement (Exemple : SK2 entre 7 et 8 m de profondeur).

D'autre part, pour des descentes beaucoup plus rapide (ou injection pas suffisante) pour un bon contrôle de la mesure, nous avons utilisé le débit de la pompe pour estimer une valeur approximative de la perméabilité (de l'ordre de 10^{-5} m/s). C'est le cas notamment en :

- SK2 entre 9 et 10 m de profondeur,
- SK3 entre 6 et 8 m ; entre 8 et 10 m puis entre 11.5 et 12.5 m de profondeur.

4.3.2. Résultats des essais d'infiltration

Les résultats des essais d'eau sont synthétisés dans le tableau récapitulatif ci-dessous et les différents procès verbaux en annexe.

	FORMATION TESTEE	PROFONDEUR (m)	PERMEABILITE MOYENNE K (m/s)
PZVIII	Marne et calcaire sableux	18 à 19 m	4.2 E-06
	Marne et calcaire !	30 à 31 m	1.6 E-06
SK1	Marne et calcaire sableux	10 à 11 m	3.9 E-08
	Marne et calcaire sableux	11 à 12 m	1.9 E-06
	Marne et calcaire	12 à 13 m	2.9 E-09
	Marne et calcaire	13 à 14 m	1.2 E-07
	Marne et calcaire	14 à 15 m	3.3 E-08
SK2	Marne et calcaire	7 à 8 m	8.8 E-06
			2.9 E-05
	Marne et calcaire	8 à 9 m	3.0 E-08
	Marne et calcaire sableux	9 à 10 m	≈ 1 E-05
	Marne et calcaire sableux	10 à 11 m	5.2 E-07
	Calcaire et marne	11 à 12 m	9.8 E-09
SK3	Marne plus ou moins calcareuse	6 à 8 m	5.0 E-05
	Marne et calcaire sableux	8 à 10 m	≈ 1 E-05
	Marne et calcaire sableux	11.5 à 12.5 m	≈ 3 E-05
	Marne et calcaire sableux	12.5 à 13.5 m	1.8 E-07
	Marne et calcaire sableux	13.5 à 14.5 m	≈ 1 E-05

4.4. Essais géotechniques en laboratoire

Les essais en laboratoire réalisés à partir de deux échantillons intacts prélevés au droit de SK2 (EI1 de 1.5 à 2.0 m et EI2 de 2 à 3 m) et à partir des échantillons plus ou moins remaniés préparés à partir de la tarière TH ont permis d'obtenir des résultats qui sont synthétisés dans le tableau récapitulatif ci-dessous.

Echantillons	Profondeur (m)	Description	W _N (%)	ρ _h (T/m ³)	ρ _d (T/m ³)	ρ _s (T/m ³)	Granulométrie		VBS
							Dmax (mm)	C ₈₀ (%)	
EI1	1.5 à 2.0	Sable	22.3	1.99	1.63	2.65	3.0	38.6	1.6
EI2 de 2 à 3 m	2.1 à 2.2	Sable	/	/	/	2.63	/	/	/
	2.6 à 2.7	Sable argileux	24.2	1.96	1.58	2.68	7.9	75.0	4.3
	2.8 à 2.9	Sable fin				2.70			
THA (naturel)	1.5 à 8	Sable +/- argileux	7.4				9.0	15.7	1.3
THB (à 2% de bentonite)	1.5 à 8	Sable +/- argileux							
THC (à 4% de bentonite)	1.5 à 8	Sable +/- argileux							

Echantillons	Profondeur (m)	Description	W _N (%)	Perméabilité sur matériau compacté au moule CBR à l'optimum (m/s)	Perméabilité au moule Oedo (m/s)	Cisaillement rectiligne à la boîte	Cohésion (KPa)		Frottement (°)	
							Pic	Final	Pic	Final
EI1	1.5 à 2.0	Sable	22.3		1.1E-05	Type CD	12	3	27	29
EI2 de 2 à 3	2.1 à 2.2	Sable	/		3.6E-06		/	/	/	/
	2.6 à 2.7	Sable argileux	24.2		1.3E-09	Type CD	1	0	26	26
	2.8 à 2.9	Sable fin			2.1E-09		/	/	/	/
							Réf de compactage			
							W OPN		ρ _d OPN	
THA (naturel)	1.5 à 8m	Sable +/- argileux	7.4	1.7 E-7			13.2 (%)		1.76 (T/m ³)	
THB (à 2% de bentonite)	1.5 à 8m	Sable +/- argileux		2.4 E-10			14.0 (%)		1.82 (T/m ³)	
THC (à 4% de bentonite)	1.5 à 8m	Sable +/- argileux		4.7 E-10			14.5 (%)		1.53 (T/m ³)	

Pour les essais d'infiltrations comme pour tous les autres essais, les différents résultats obtenus lors de cette intervention sont consignés dans les procès verbaux en annexe.

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Nous rappelons que les terrains examinés et testés, correspondent essentiellement à

- une formation sableuse avec une présence de fines et même une matrice argileuse dont l'importance va influencer la valeur de coefficient de perméabilité obtenue pour les différents essais d'infiltration
- des marnes et calcaire sableux.

Les différents essais d'infiltration ont donnés des résultats compris entre 10^{-5} et 10^{-9} m/s aussi bien In situ qu'en laboratoire.

Concernant la formation sableuse compactée à l'optimum proctor d'une part puis traitée à la bentonite (2 % et 4 %) on ne note pas une diminution flagrante du coefficient de perméabilité au niveau des sol traité avec ;

- Sable argileux compacté non traité ; K de l'ordre de 10^{-7} m/s.
- Sable argileux compacté et traité à 2% de bentonite ; K de l'ordre de 10^{-10} m/s.
- Sable argileux compacté et traité à 4% de bentonite ; K de l'ordre de 10^{-10} m/s.

En annexe de ce document, nous présentons l'ensemble des procès verbaux résultants des investigations réalisées selon le classement suivant :

Annexe 1 : Plans (de situation et d'implantation)

Annexe 2 : Sondage carotté SC1 ;

- coupe lithologique du sondage carotté SC1,
- diagraphie Gamma Ray,
- photographies (à la charge d'ACG),

Annexe 3 : Sondage destructif SK1;

- coupe lithologique et paramètres instantanées du forage SK1,
- diagraphie différée Gamma Ray,
- photographie des échantillons intacts,
- essai d'infiltration de 10.0 à 11.0 m
- essai d'infiltration de 11.0 à 12.0 m
- essai d'infiltration de 12.0 à 13.0 m
- essai d'infiltration de 13.0 à 14.0 m
- essai d'infiltration de 14.0 à 15.0 m

Annexe 4 : Sondage destructif SK2 ;

- coupe lithologique et paramètres instantanées du forage SK2,
- diagraphie différée Gamma Ray,

- photographie des échantillons intacts,
- essai d'infiltration de 7.0 à 8.0 m
- essai d'infiltration de 8.0 à 9.0 m
- essai d'infiltration de 9.0 à 10.0 m
- essai d'infiltration de 10.0 à 11.0 m
- essai d'infiltration de 11.0 à 12.0 m

Annexe 5 : Sondage destructif SK3 ;

- coupe lithologique et paramètres instantanées du forage SK3,
- diagraphie différée Gamma Ray,
- essai d'infiltration de 6.0 à 8.0 m
- essai d'infiltration de 8.0 à 10.0 m
- essai d'infiltration de 11.5 à 12.5 m
- essai d'infiltration de 12.5 à 13.5 m
- essai d'infiltration de 13.5 à 14.5 m

Annexe 6 : Sondage piézométrique PZVII ;

- coupe lithologique et paramètres instantanées du forage PZVII,
- diagraphie différée Gamma Ray,
- fiche technique de l'ouvrage
- essai d'infiltration de 18.0 à 19.0 m
- essai d'infiltration de 30.0 à 31.0 m

Annexe 7 : Essais en laboratoire ;

- Essais sur échantillons intacts au droit du sondage SK2,
- Essais sur échantillons remaniés au droit de TH.

Nous restons à la disposition du Maître de l'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et essais d'infiltration.

Annexe 1 : Plan de situation Plan d'implantation

PLAN DE SITUATION



Indice	Libellé	Date	Dessin	Etabli	Approuvé
A	PLAN DE SITUATION				
N° de dossier : TEA130256			VC	JTB	MR
Chantier : 60 - LIANCOURT		Format du fichier : word			Echelle : sans
Adresse : Lieu-dit du Bois Bochet					



Tél 01 69 09 14 51
 Fax 01 64 48 23 56
 Route de la Grange aux Cercles
 91160 Ballainvilliers

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



LEGENDE :

-  SONDAGE DESTRUCTIF AVEC ENREGISTREMENT DES PARAMETRES DE FORAGE
-  SONDAGE CAROTTE
-  PIEZOMETRE

Ind.	Libellé	Date	Dessin	Etabli	Approuvé
A	PLAN D'IMPLANTATION				
N° de dossier : TEA130256			VC	JJTB	MR
Format du fichier : word				Echelle : sans	
Chantier : 60 – LIANCOURT SAINT PIERRE					
Adresse : Lieu-dit du Bois Bochet					



Annexe 2 :
Sondage carotté SC1 ;
Coupe lithologique du sondage carotté SC1,
Diagraphie Gamma Ray,
Photographies (à la charge d'ACG),



Dossier: TEA130256 **Site :** 60 - LIANCOURT ST PIERRE

Lieu-dit du Bois Bochet

Forage : SC1

Type : **SONDAGE CAROTTE**

Client : **K20**

Echelle : **1 / 100**

date début de forage : **07/10/2013**

Etude : **Mission géotechnique G11**

X :

date fin de forage : **08/10/2013**

Y :

Z : **114,96 m**

Longueur : **20 m**

Machine : *SEDIDRILL 250/90*

COTE (m)	PROF.	COUPE LITHOLOGIQUE	STRATI.	Ech. Intacts	EAU	PIEZO	TUBAGE	OUTIL	CAROTTAGE (%)					ROD (%)				
									0	25	50	75	100					
114.96	0.00	Limons bruns	REC				0.0											
113.96	1.00	Sable fin brun clair	Sables et Grés de Beauchamp				Tubage provisoire Ø 140 mm											
102.36	12.60	Sable calcaireux	Zone de transition				12.0											
101.16	13.80	Marne et calcaire et calcaire sableux du Lutétien	Calcaire du Lutétien					Carottier Ø 116 mm										
95.86	19.10	Calcaire à milioles dur et massif																
95.60	19.36																	

Le 8/10/13 - 15.64 m / TN

CD: Couronne diamant

CC: Couronne carbure

CB: Carottier Battu

C: Carottier

NOTA :



Dossier: TEA130256 **Site :** 60 - LIANCOURT ST PIERRE

Lieu-dit du Bois Bochet

Forage : SC1

Type : **SONDAGE CAROTTE**

Client : **K20**

Echelle : **1 / 100**

date début de forage : **07/10/2013**

Etude : **Mission géotechnique G11**

X :

date fin de forage : **08/10/2013**

Y :

Z : **114,96 m**

Longueur : **20 m**

Machine : *SEDIDRILL 250/90*

COTE (m)	PROF.	COUPE LITHOLOGIQUE	STRATI.	Ech. Intacts	EAU	PIEZO	TUBAGE	OUTIL	CAROTTAGE (%)					RQD (%)
									0	25	50	75	100	
95.60	19.36	Calcaire à milioles dur et massif	alcali du					Carotte Ø 116 mm						
94.96	20.00													

CD: Couronne diamant CC: Couronne carbure CB: Carottier Battu C: Carottier

NOTA :



DIAGRAPHIE GAMMA RAY

SC1

DOSSIER : TEA130256

Client:

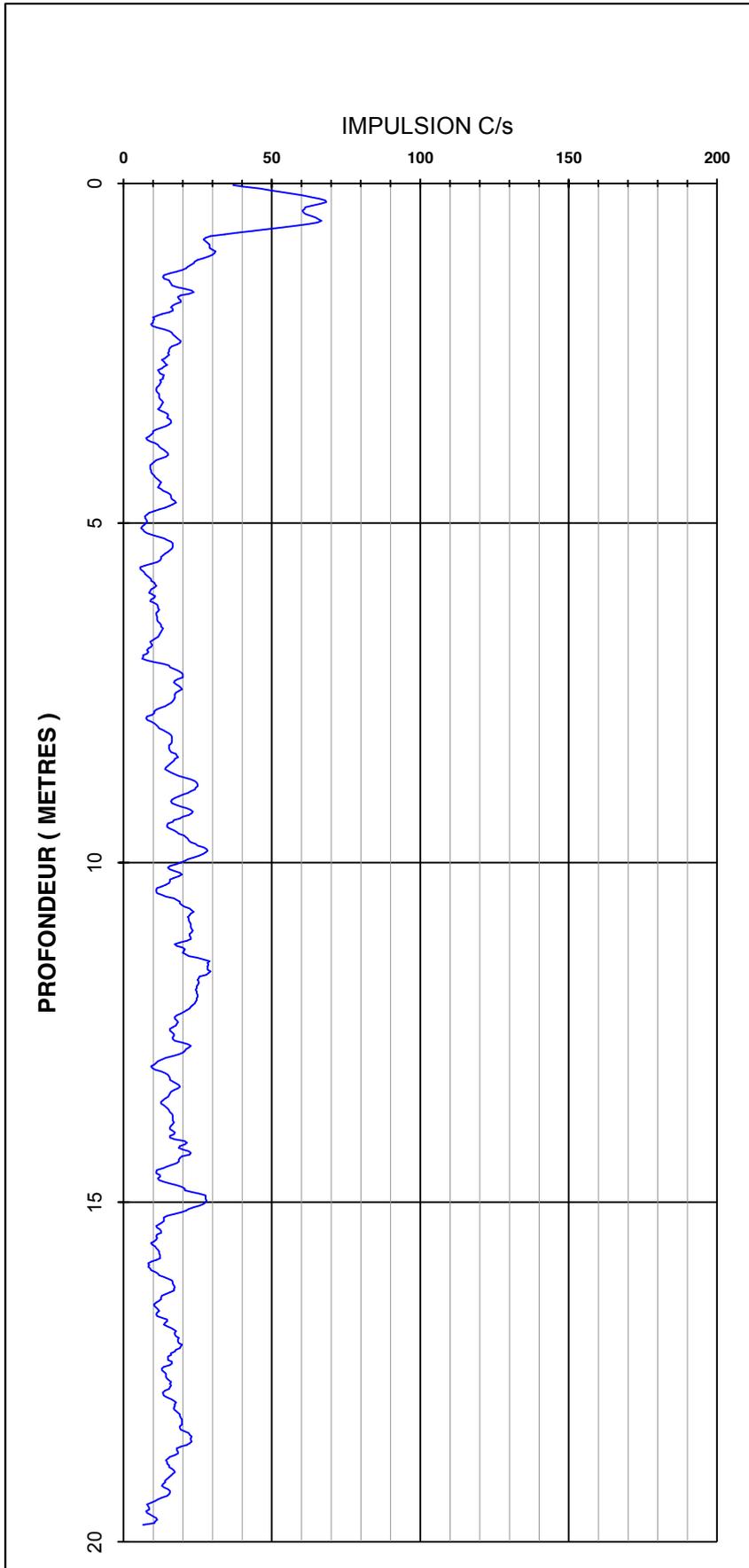
K20

CHANTIER: LIANCOURT (60)

SENS DE MESURES:

MONTEE

PROFONDEUR ATTEINTE: 19,75 mètres



Annexe 3 : **Sondage destructif SK1;**

Coupe lithologique et paramètres instantanées du forage SK1,
Diagraphie différée Gamma Ray,
Photographie des échantillons intacts,
Essai d'infiltration de 10.0 à 11.0 m
Essai d'infiltration de 11.0 à 12.0 m
Essai d'infiltration de 12.0 à 13.0 m
Essai d'infiltration de 13.0 à 14.0 m
Essai d'infiltration de 14.0 à 15.0 m



Dossier : **TEA130256**

Site : **60 - LIANCOURT ST PIERRE**

Lieu-dit du Bois Bochet

Forage : **SK1**

Type : **SONDAGE DESTRUCTIF**

Client : **K20**

Echelle : **1/100**

Date début de forage : **15/10/2013**

Etude : **Mission géotechnique G11**

X :

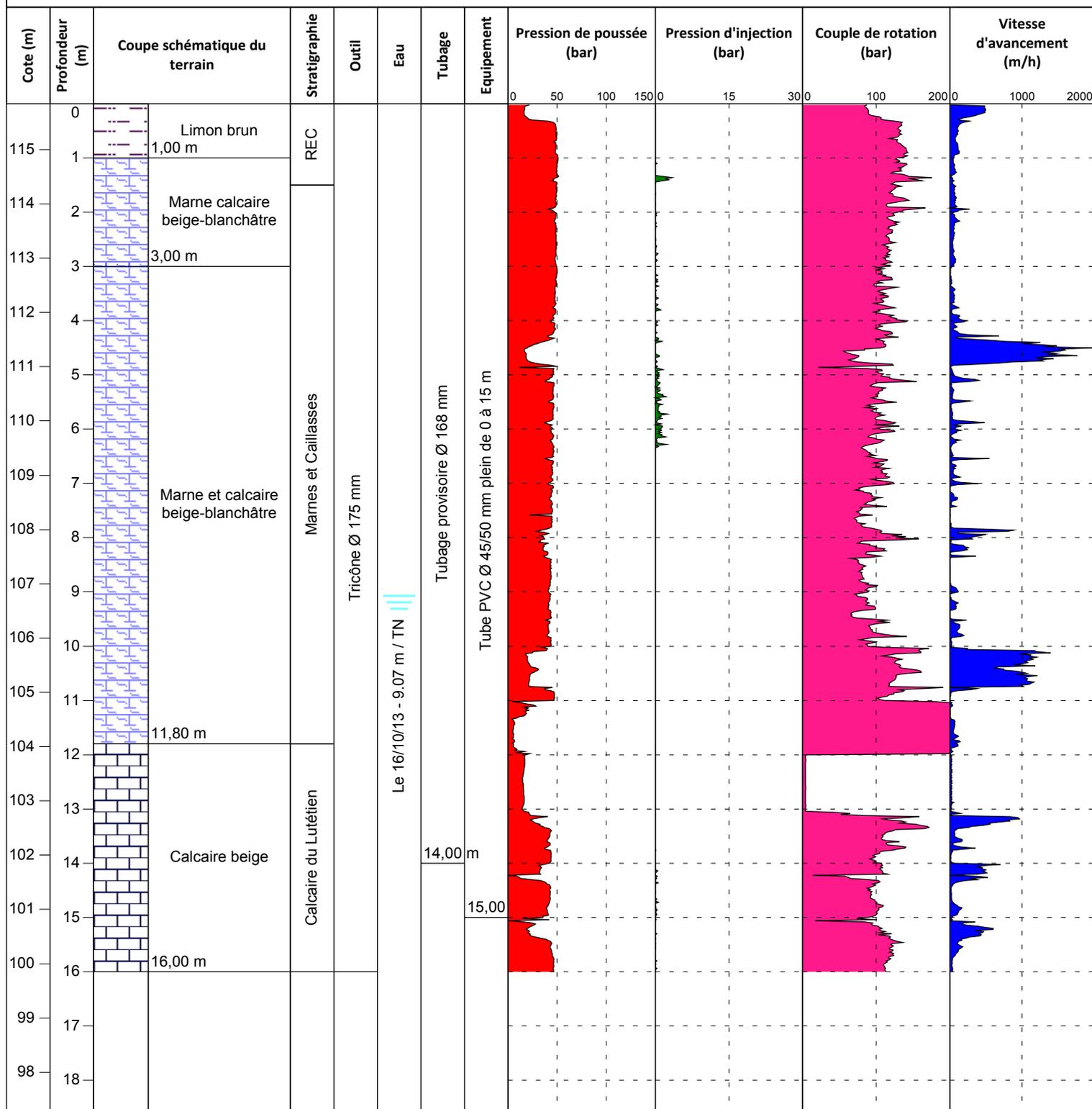
Date fin de forage : **17/10/2013**

Y :

Z : **115.85**

Longueur : **16,00m**

Machine : **SEDIDRILL 250/90**



NOTA :

MODELE PRESENTATION : T DESTRUCTIF

EXGTE 3.15/LUT3EPF506FR

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutzsa.fr



DIAGRAPHIE GAMMA RAY

SK1

DOSSIER : TEA130256

Client:

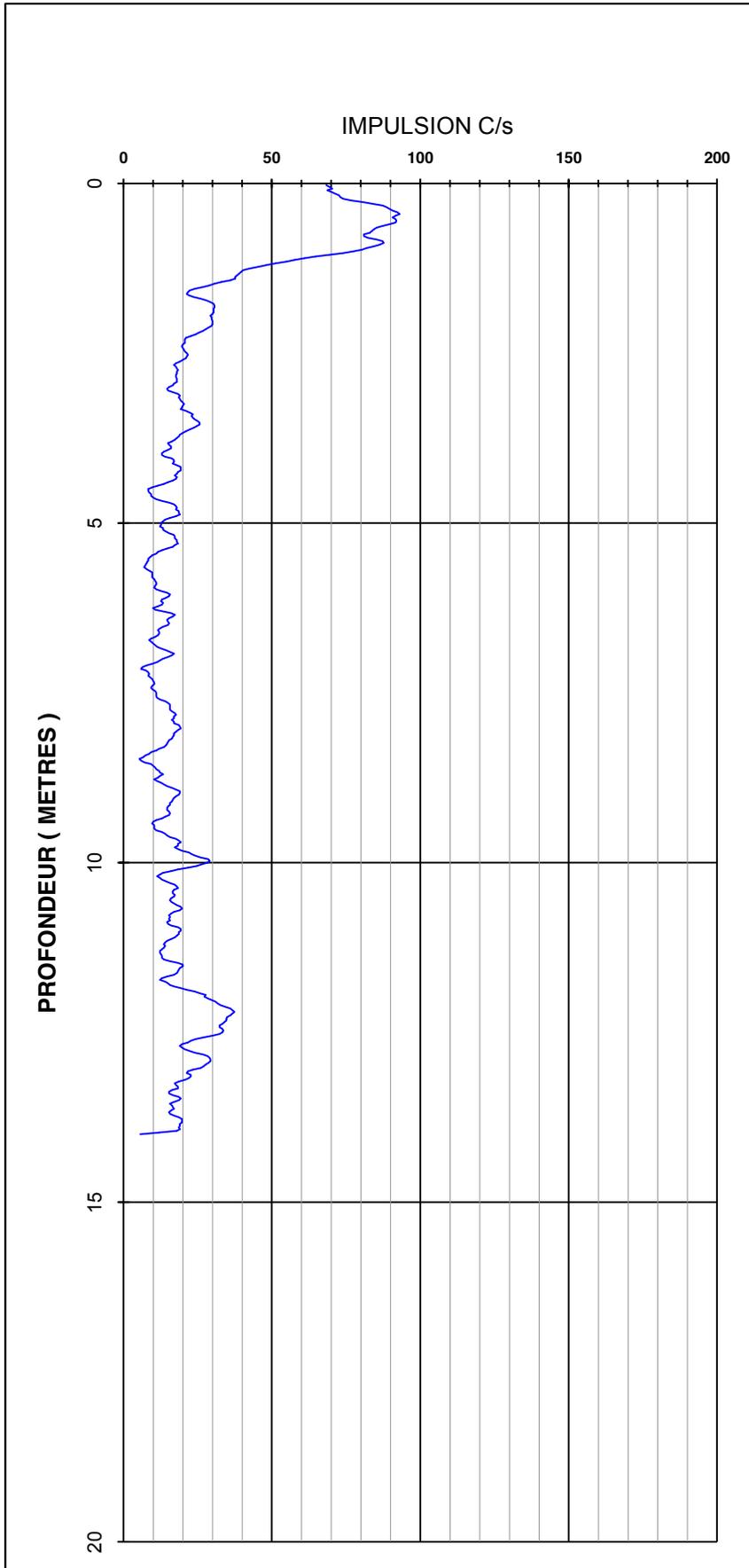
K20

CHANTIER: LIANCOURT (60)

SENS DE MESURES:

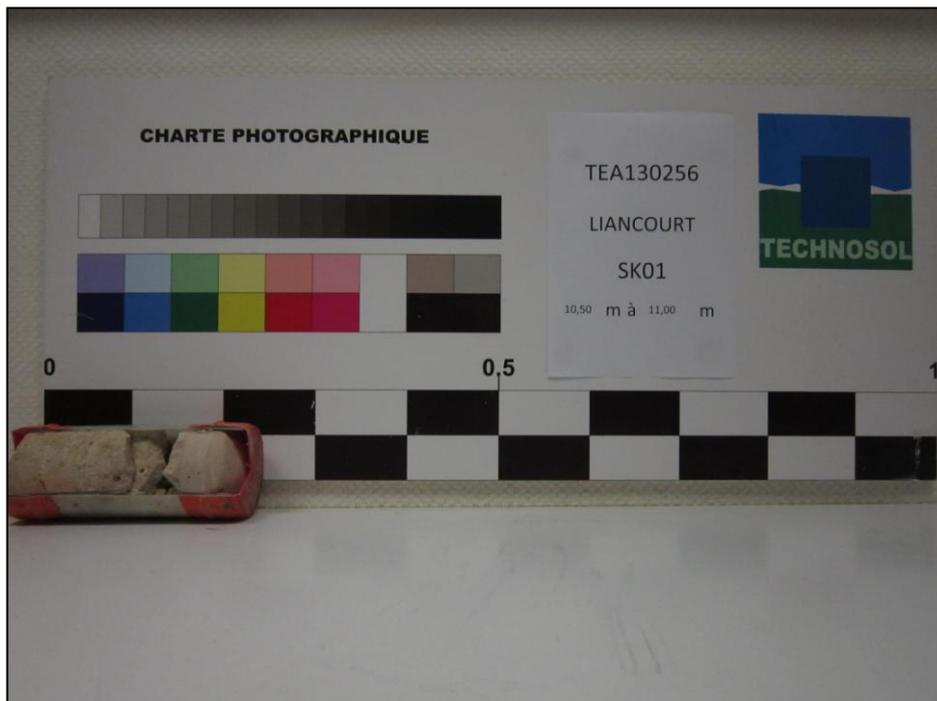
MONTEE

PROFONDEUR ATTEINTE: 14,0 mètres



ECHANTILLONS INTACTS SK1

de 10.50 à 11.00 m de profondeur



de 11.00 à 12.00 m de profondeur



Ind.	Libellé	Date	Dessin	Etabli	Approuvé
A	ECHANTILLONS INTACTS				
N° de dossier : TEA130256			VC	JJTB	MR
		Format du fichier : word			Echelle : sans
Chantier : 60 – LIANCOURT SAINT PIERRE Adresse : Lieu-dit du Bois Bochet					



Tél 01 69 09 14 51
Fax 01 64 48 23 56
Route de la Grange aux Cercles
91160 Ballainvilliers



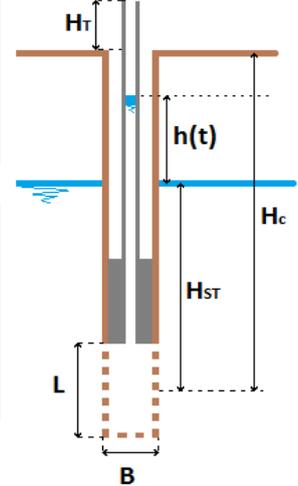
Essai à charge variable en forage ouvert

(Norme française NF X 30-423, septembre 2002)

Date d'essai

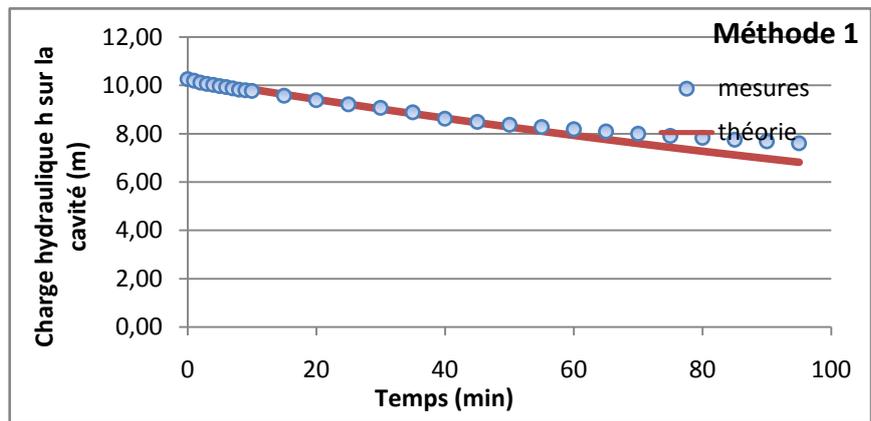
15/10/2013

Chantier	Lieu-dit du Bois Bochet	Dossier	TEA130256
	LIANCOURT	Sondage	SK1
Opérateur	J.Mo	Passé d'essai	10 à 11 m
Nature du sol	Marne et calcaire	Cote sondage (m NGF)	115

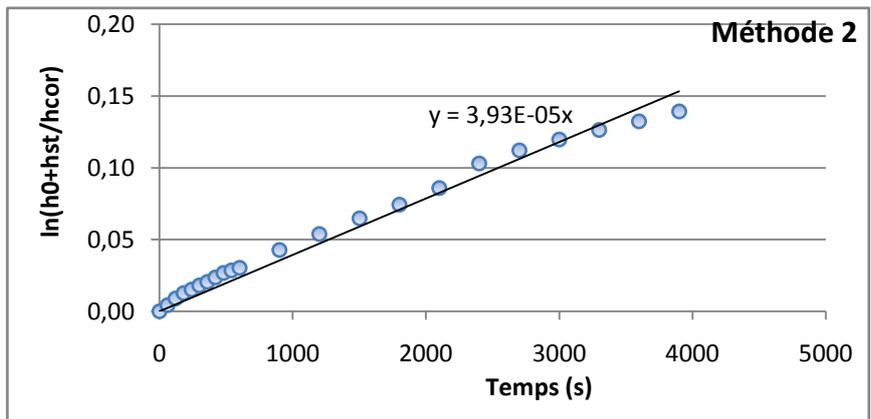


Longueur de la cavité L (m)	1	Section du tube Ai (m ²)	1,8E-03
Diamètre de la cavité B (m)	0,116	Mise en charge initiale ho (m)	10,27
Profondeur de la cavité/TN Hc (m)	10,5	Élancement de la cavité c	8,62
Hauteur du tube/TN Ht (m)	1,2	Facteur de forme m	19,00
Charge hydraulique d'équilibre Hst (m)	9,07	Erreur systématique hst (m)	6,5
Température T (°C)	15		

t(s)	h(m)
0	10,27
60	10,2
120	10,12
180	10,06
240	10,02
300	9,97
360	9,93
420	9,88
480	9,83
540	9,8
600	9,77
900	9,57
1200	9,39
1500	9,22
1800	9,07
2100	8,89
2400	8,63
2700	8,49
3000	8,38
3300	8,28
3600	8,19
3900	8,09
4200	8
4500	7,91
4800	7,83
5100	7,75
5400	7,68
5700	7,61
6000	



$$k_{\text{méthode1}} = 5,21E-08 \text{ m/s}$$



$$k_{\text{méthode2}} = 2,61E-08 \text{ m/s}$$

D'où **k = 3,91E-08 m/s**

Commentaires:

Établi par: JJTB

le 21/01/2014



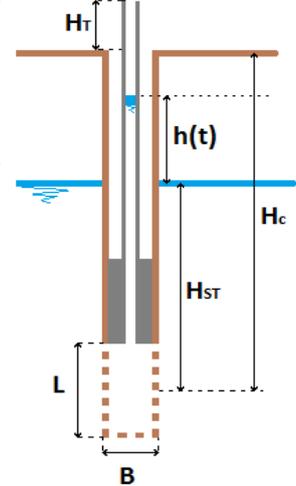
Essai à charge variable en forage ouvert

(Norme française NF X 30-423, septembre 2002)

Date d'essai

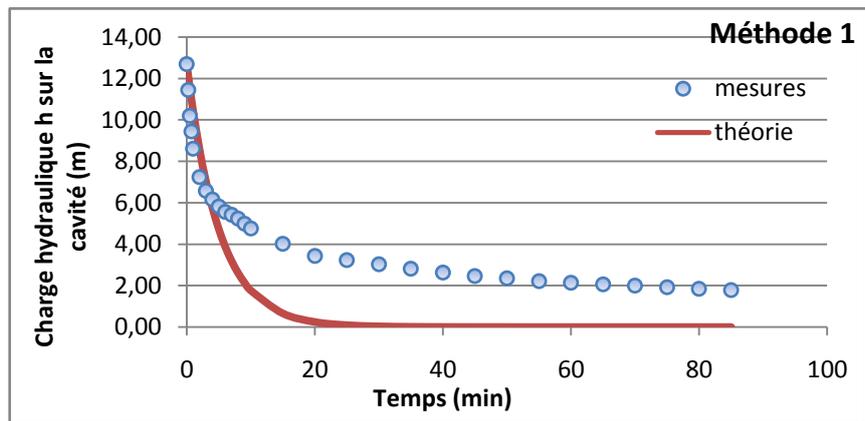
15/10/2013

Chantier	Lieu-dit du Bois Bochet	Dossier	TEA130256
	LIANCOURT	Sondage	SK1
Opérateur	J.Mo	Passé d'essai	11 à 12 m
Nature du sol	Marne et calcaire	Cote sondage (m NGF)	115

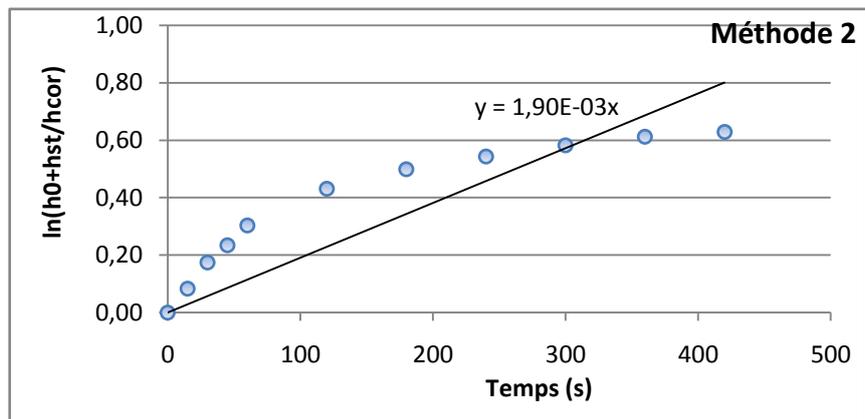


Longueur de la cavité L (m)	1	Section du tube Ai (m ²)	1,8E-03
Diamètre de la cavité B (m)	0,116	Mise en charge initiale h0 (m)	12,7
Profondeur de la cavité/TN Hc (m)	11,5	Elancement de la cavité c	8,62
Hauteur du tube/TN Ht (m)	1,2	Facteur de forme m	19,00
Charge hydraulique d'équilibre Hst (m)	13	Erreur systématique hst (m)	2,9
Température T (°C)	16		

t(s)	h(m)
0	12,7
15	11,45
30	10,2
45	9,45
60	8,62
120	7,24
180	6,57
240	6,16
300	5,82
360	5,56
420	5,42
480	5,23
540	4,99
600	4,75
900	4,02
1200	3,43
1500	3,23
1800	3,03
2100	2,82
2400	2,63
2700	2,46
3000	2,35
3300	2,22
3600	2,14
3900	2,06
4200	1,99
4500	1,92
4800	1,85
5100	1,78



$k_{\text{methode1}} = 2,44\text{E-}06 \text{ m/s}$



$k_{\text{methode2}} = 1,41\text{E-}06 \text{ m/s}$

D'où **k = 1,93E-06 m/s**

Commentaires:

Etabli par: JJTB le 21/01/2014



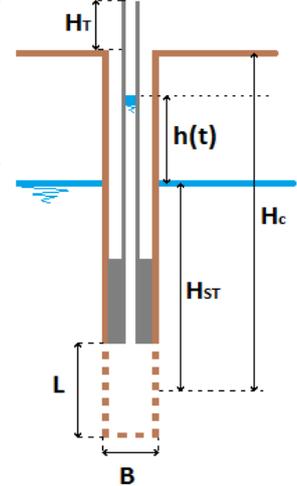
Essai à charge variable en forage ouvert

(Norme française NF X 30-423, septembre 2002)

Date d'essai

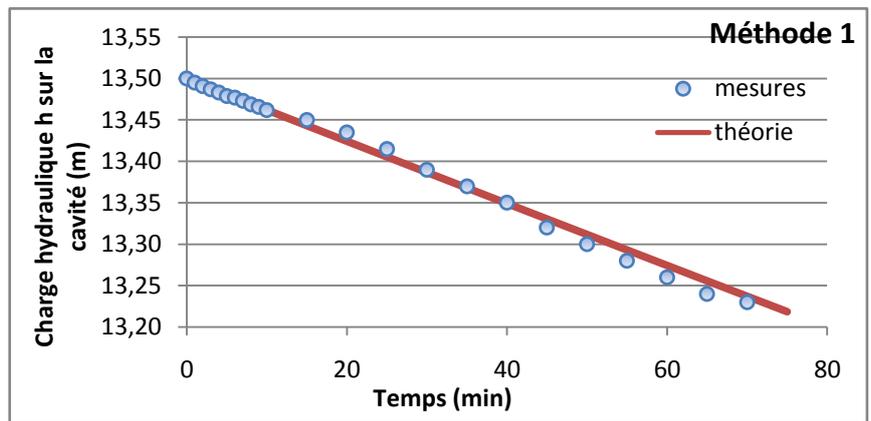
16/10/2013

Chantier	Lieu-dit du Bois Bochet	Dossier	TEA130256
	LIANCOURT	Sondage	SK1
Opérateur	J.Mo	Passé d'essai	12 à 13 m
Nature du sol	Marne et calcaire	Cote sondage (m NGF)	115

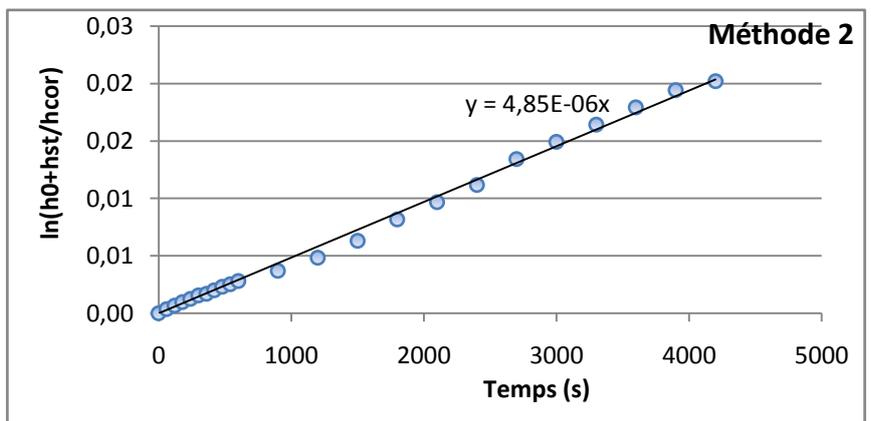


Longueur de la cavité L (m)	1	Section du tube Ai (m ²)	1,8E-03
Diamètre de la cavité B (m)	0,15	Mise en charge initiale ho (m)	13,5
Profondeur de la cavité/TN Hc (m)	12,5	Élancement de la cavité c	6,67
Hauteur du tube/TN Ht (m)	1	Facteur de forme m	16,14
Charge hydraulique d'équilibre Hst (m)	13	Erreur systématique hst (m)	0,00034
Température T (°C)	15		

t(s)	h(m)
0	13,5
60	13,495
120	13,491
180	13,487
240	13,483
300	13,479
360	13,477
420	13,473
480	13,469
540	13,466
600	13,462
900	13,45
1200	13,435
1500	13,415
1800	13,39
2100	13,37
2400	13,35
2700	13,32
3000	13,3
3300	13,28
3600	13,26
3900	13,24
4200	13,23
4500	13,22



$k_{\text{méthode1}} = 3,09E-09 \text{ m/s}$



$k_{\text{méthode2}} = 2,76E-09 \text{ m/s}$

D'où **k = 2,93E-09 m/s**

Commentaires:

Etabli par: JJTB

le 21/01/2014



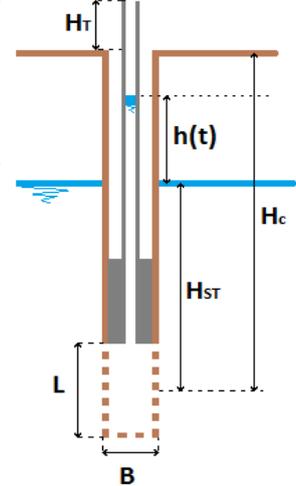
Essai à charge variable en forage ouvert

(Norme française NF X 30-423, septembre 2002)

Date d'essai

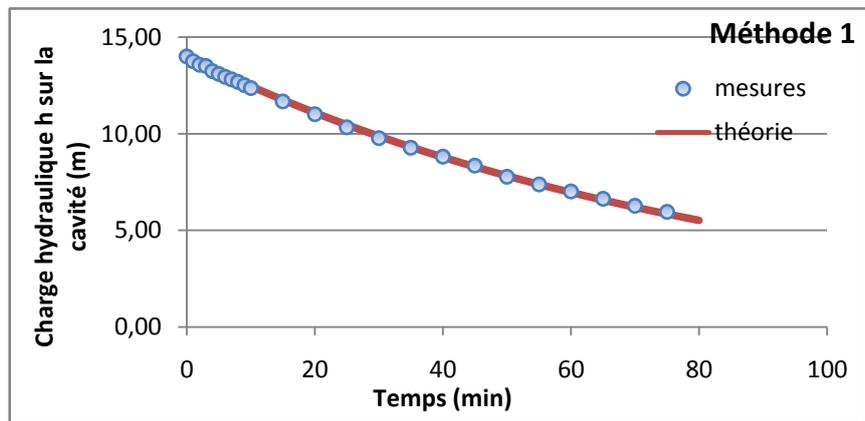
15/10/2013

Chantier	Lieu-dit du Bois Bochet	Dossier	TEA130256
	LIANCOURT	Sondage	SK1
Opérateur	J.Mo	Passé d'essai	13 à 14 m
Nature du sol	Marne et calcaire	Cote sondage (m NGF)	115

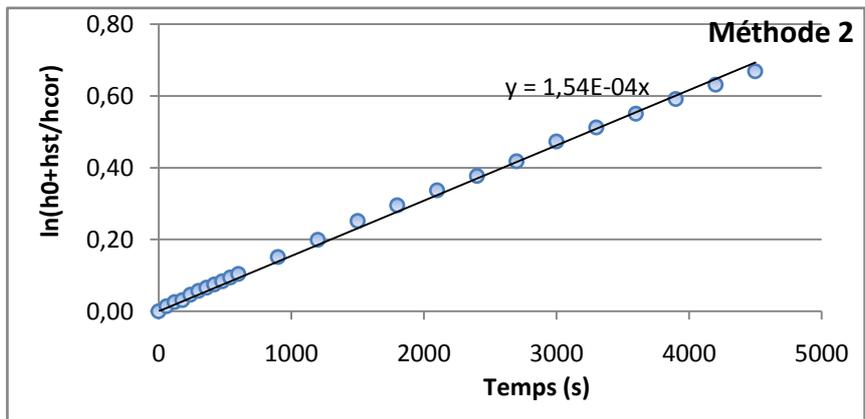


Longueur de la cavité L (m)	1	Section du tube Ai (m ²)	1,8E-03
Diamètre de la cavité B (m)	0,15	Mise en charge initiale ho (m)	14
Profondeur de la cavité/TN Hc (m)	13,5	Élancement de la cavité c	6,67
Hauteur du tube/TN Ht (m)	1	Facteur de forme m	16,14
Charge hydraulique d'équilibre Hst (m)	13	Erreur systématique hst (m)	2,5
Température T (°C)	15		

t(s)	h(m)
0	14
60	13,76
120	13,58
180	13,5
240	13,25
300	13,09
360	12,95
420	12,81
480	12,68
540	12,51
600	12,37
900	11,68
1200	11,02
1500	10,33
1800	9,78
2100	9,28
2400	8,81
2700	8,36
3000	7,78
3300	7,38
3600	7,01
3900	6,63
4200	6,27
4500	5,95
4800	5,64
5100	
5400	



$k_{\text{méthode1}} = 1,28E-07 \text{ m/s}$



$k_{\text{méthode2}} = 1,02E-07 \text{ m/s}$

D'où

$k = 1,15E-07 \text{ m/s}$

Commentaires:

Etabli par: JJTB

le 21/01/2014



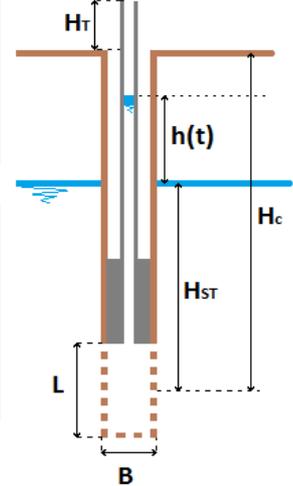
Essai à charge variable en forage ouvert

(Norme française NF X 30-423, septembre 2002)

Date d'essai

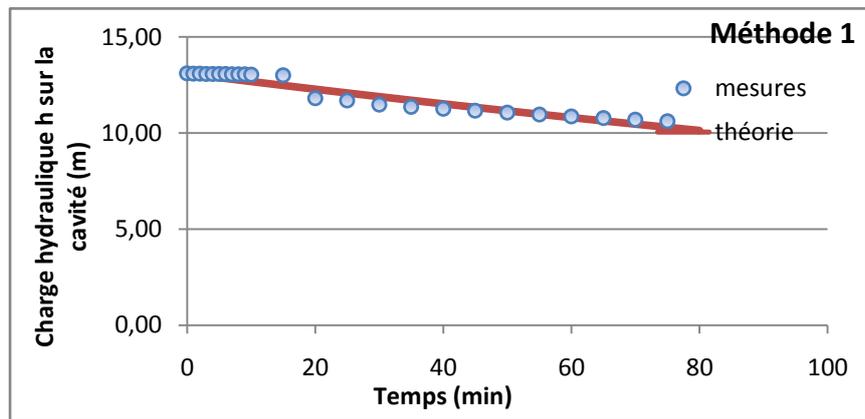
15/10/2013

Chantier	Lieu-dit du Bois Bochet	Dossier	TEA130256
	LIANCOURT	Sondage	SK1
Opérateur	J.Mo	Passé d'essai	14 à 15 m
Nature du sol	Marne et calcaire	Cote sondage (m NGF)	115

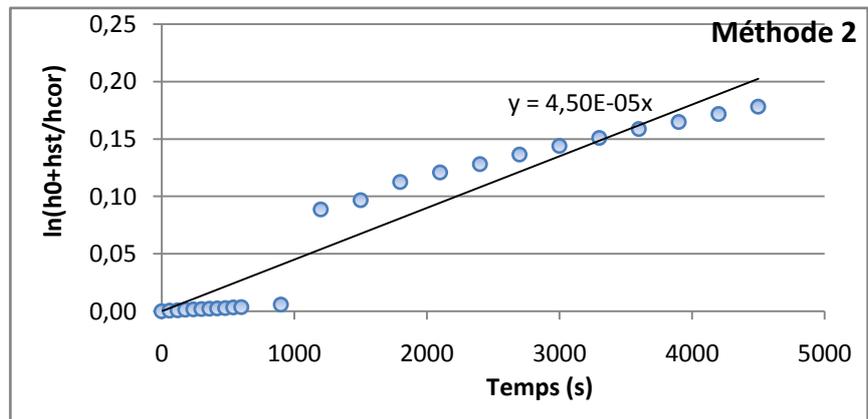


Longueur de la cavité L (m)	1	Section du tube Ai (m ²)	1,8E-03
Diamètre de la cavité B (m)	0,15	Mise en charge initiale h0 (m)	13,1
Profondeur de la cavité/TN Hc (m)	14,5	Élancement de la cavité c	6,67
Hauteur du tube/TN Ht (m)	0,1	Facteur de forme m	16,14
Charge hydraulique d'équilibre Hst (m)	13	Erreur systématique hst (m)	2,1
Température T (°C)	15		

t(s)	h(m)
0	13,1
60	13,092
120	13,086
180	13,081
240	13,076
300	13,072
360	13,067
420	13,062
480	13,057
540	13,05
600	13,044
900	13,011
1200	11,81
1500	11,7
1800	11,48
2100	11,37
2400	11,27
2700	11,16
3000	11,06
3300	10,97
3600	10,87
3900	10,79
4200	10,7
4500	10,62
4800	10,53
5100	
5400	



$k_{\text{methode1}} = 3,53E-08 \text{ m/s}$



$k_{\text{methode2}} = 2,97E-08 \text{ m/s}$

D'où $k_{\text{moyenne}} = 3,25E-08 \text{ m/s}$

Commentaires:

Etabli par: JJTB

le 21/01/2014

Annexe 4 : Sondage destructif SK2 ;

Coupe lithologique et paramètres instantanées du forage SK2,
Diagraphie différée Gamma Ray,
Photographie des échantillons intacts,
Essais d'infiltration de 7.0 à 8.0 m
Essai d'infiltration de 8.0 à 9.0 m
Essai d'infiltration de 9.0 à 10.0 m
Essai d'infiltration de 10.0 à 11.0 m
Essai d'infiltration de 11.0 à 12.0 m



Dossier : **TEA130256**

Site : **60 - LIANCOURT ST PIERRE**

Lieu-dit du Bois Bochet

Forage : **SK2**

Type : **SONDAGE DESTRUCTIF**

Client : **K20**

Echelle : **1/100**

Date début de forage : **17/10/2013**

Etude : **Mission géotechnique G11**

X :

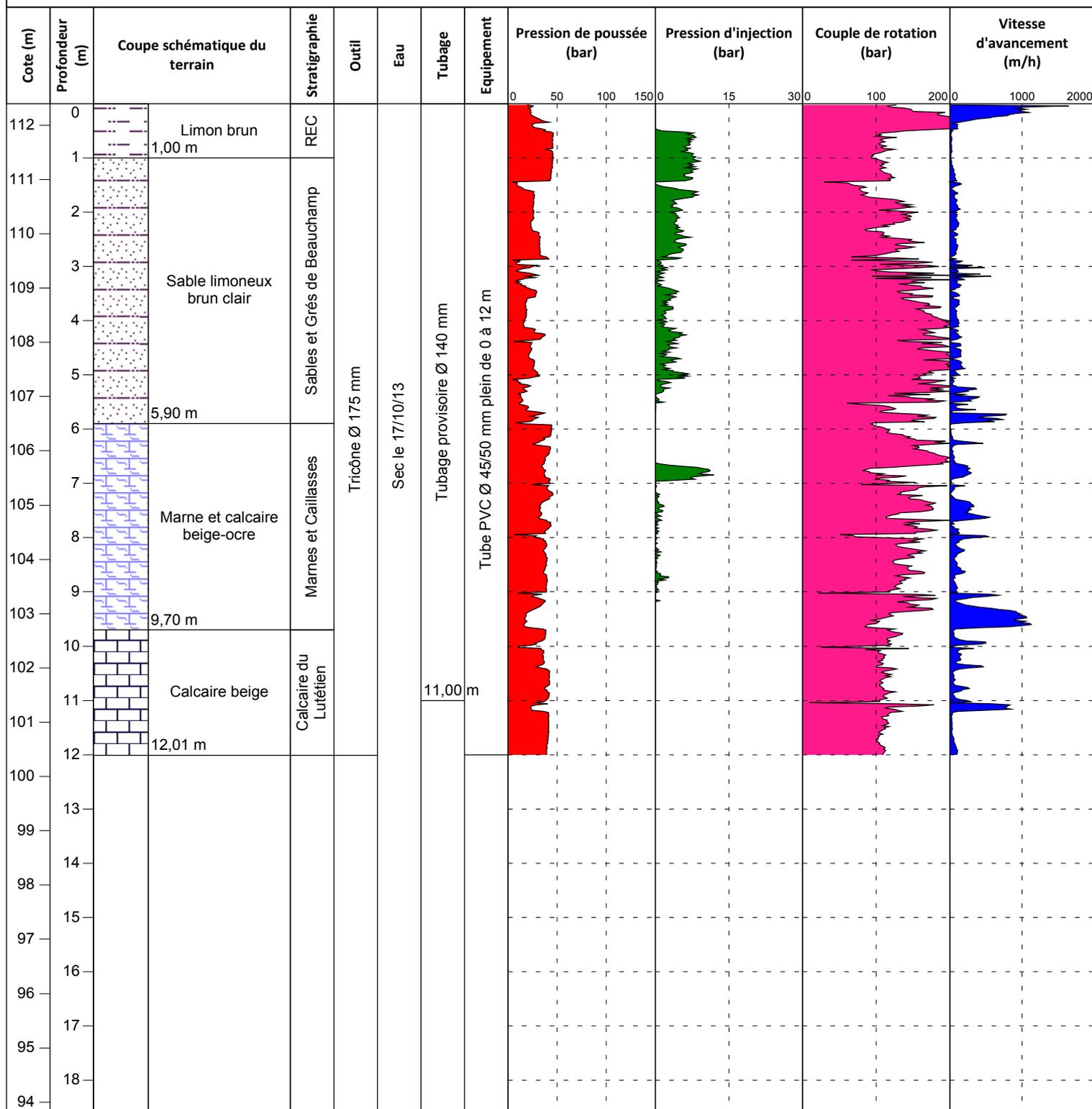
Date fin de forage : **18/10/2013**

Y :

Z : **112.4**

Longueur : **12,01m**

Machine : **SEDIDRILL 250/90**



EXGTE 3.15/LUT3EPF506FR

NOTA :

MODELE PRESENTATION : T DESTRUCTIF

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutzsa.fr



DIAGRAPHIE GAMMA RAY

SK2

DOSSIER : TEA130256

Client:

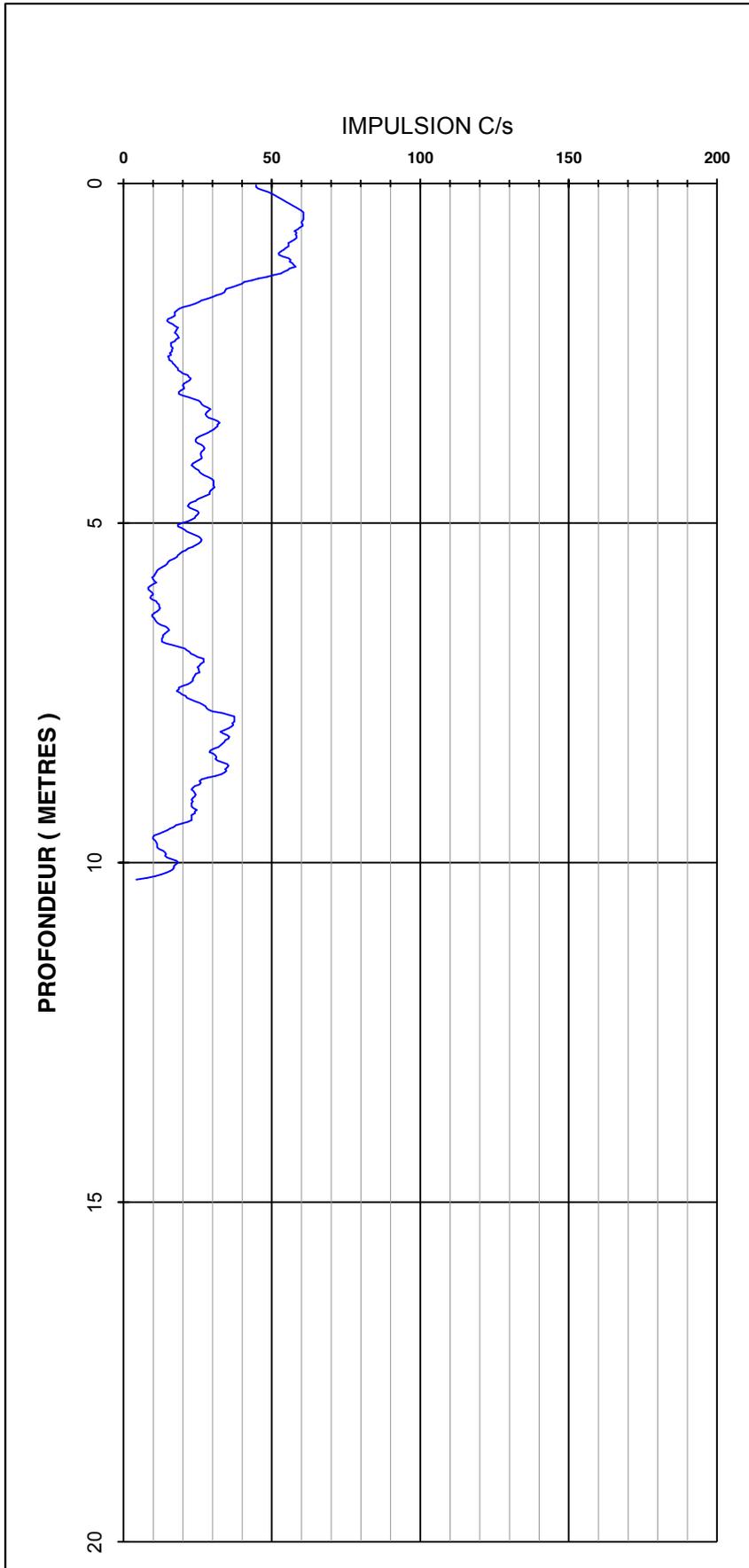
K20

CHANTIER: LIANCOURT (60)

SENS DE MESURES:

MONTEE

PROFONDEUR ATTEINTE: 10,25 mètres



ECHANTILLONS INTACTS SK2

de 1.50 à 2.00 m de profondeur



de 2.00 à 3.00 m de profondeur

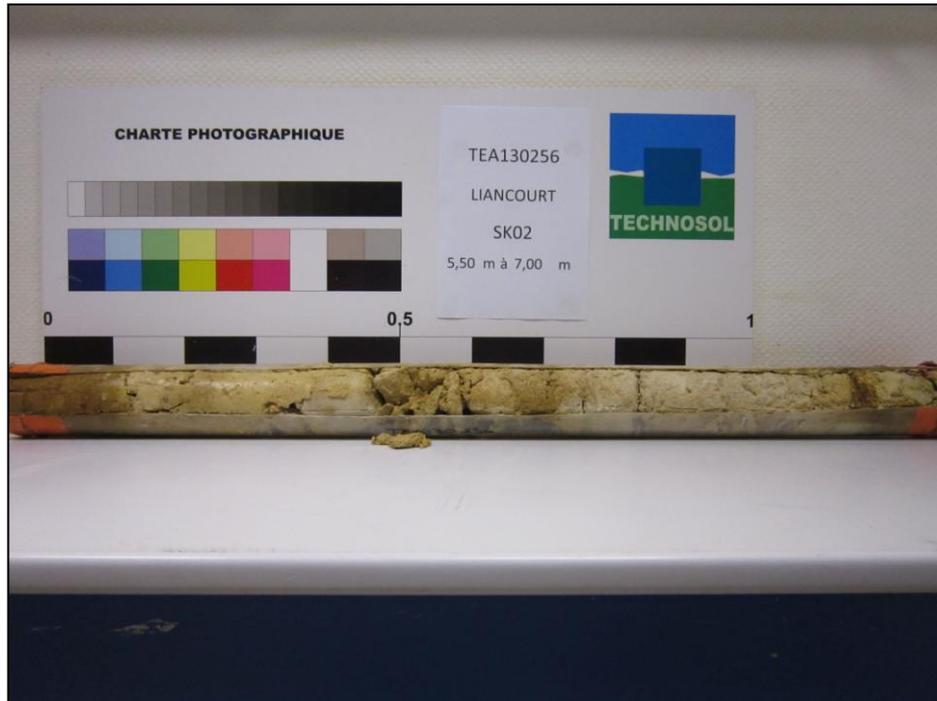


Ind.	Libellé	Date	Dessin	Etabli	Approuvé
A	ECHANTILLONS INTACTS				
N° de dossier : TEA130256			VC	JJTB	MR
		Format du fichier : word			Echelle : sans
Chantier : 60 – LIANCOURT SAINT PIERRE Adresse : Lieu-dit du Bois Bochet					



ECHANTILLONS INTACTS SK2

De 5.50 à 7.00 m de profondeur



Ind.	Libellé	Date	Dessin	Etabli	Approuvé
A	ECHANTILLONS INTACTS				
N° de dossier : TEA130256			VC	JTB	MR
		Format du fichier : word			Echelle : sans
Chantier : 60 – LIANCOURT SAINT PIERRE Adresse : Lieu-dit du Bois Bochet					



Tél 01 69 09 14 51
Fax 01 64 48 23 56
Route de la Grange aux Cercles
91160 Ballainvilliers



Procès-Verbal

ESSAI D'EAU NASBERG

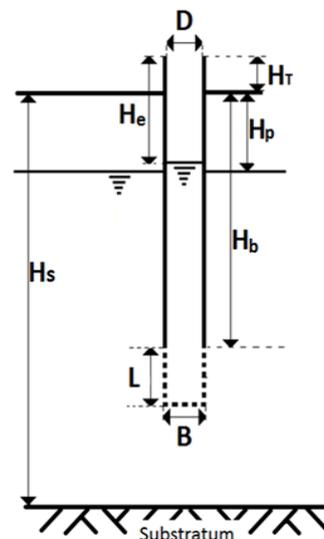
réalisé conformément à la norme NF P 94-132

Date d'essai

17/10/2013

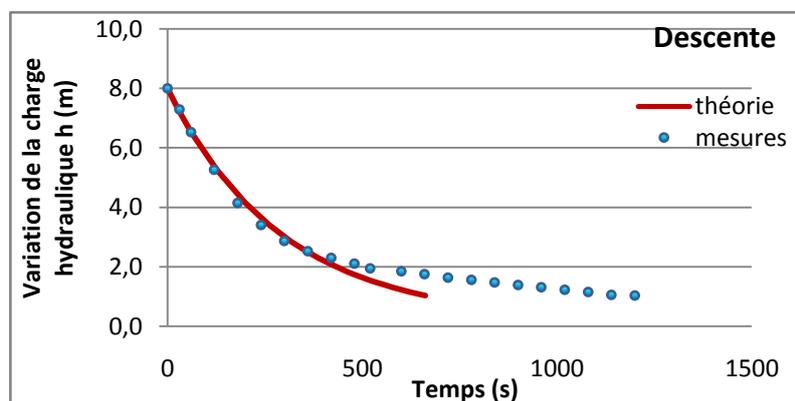
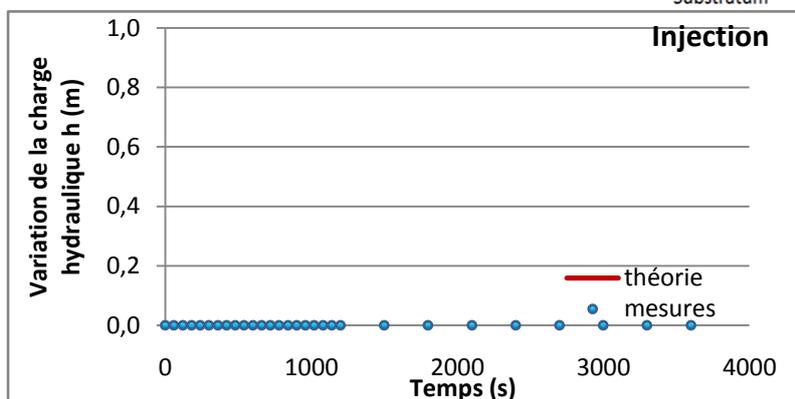
Dossier n°	TEA130256	Sondage	SK2
Chantier	Lieu-dit du Boic Bochet, LIANCOURT (60)	Passé d'essai	7 à 8 m
		Opérateur	J.Mo.

Diamètre du tube D (m)	0,156	Diamètre de la cavité B (m)	0,15
Hauteur du tube Ht (m)	0,5	Longueur de la cavité L (m)	1
Profondeur du bas du tube Hb (m)	7	Débit d'injection Qa (m3/s)	1,4E-05



Injection		Descente	
t (s)	He (m)	t (s)	He (m)
0		0	0,000
60		30	0,710
120		60	1,470
180		120	2,740
240		180	3,850
300		240	4,590
360		300	5,130
420		360	5,470
480		420	5,700
540		480	5,890
600		520	6,050
660		600	6,150
720		660	6,250
780		720	6,360
840		780	6,440
900		840	6,520
960		900	6,610
1020		960	6,690
1080		1020	6,770
1140		1080	6,850
1200		1140	6,940
1500		1200	6,970
1800		1260	
2100		1320	
2400		1380	
2700		1440	
3000		1500	
3300		1560	
3600		1620	
		1680	
		1740	
		1800	

Section du tube S (m2)	1,91E-02
Diamètre équivalent B' (m)	0,39
Mise en charge initiale Ho (m)	8,00
Cote du sondage (m NGF)	112,5



k= 2,9E-05 m/s

Observations: - colmatage en fin d'essai

Dépuillé par: C.B le 21/01/2014



Procès-Verbal

ESSAI D'EAU NASBERG

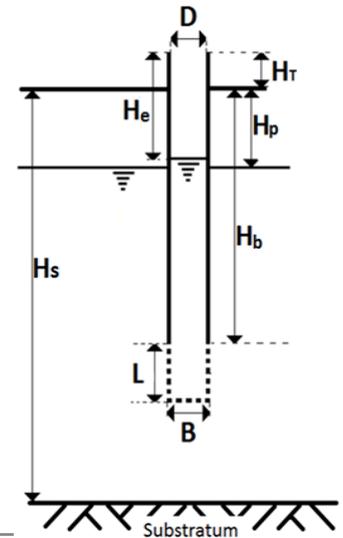
Date d'essai

09/10/2013

réalisé conformément à la norme NF P 94-132

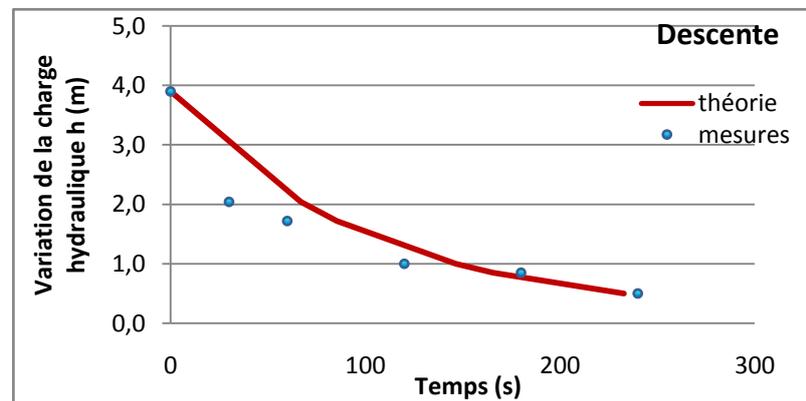
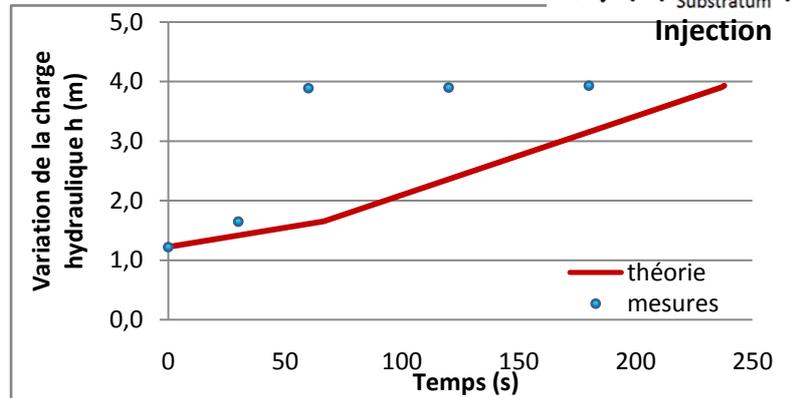
Dossier n°	TEA130256	Sondage	SK2
Chantier	Lieu-dit du Boic Bochet, LIANCOURT (60)	Passé d'essai	9 à 10 m
		Opérateur	J.Mo.

Diamètre du tube D (m)	0,156	Diamètre de la cavité B (m)	0,15
Hauteur du tube Ht (m)	0	Longueur de la cavité L (m)	1
Profondeur du bas du tube Hb (m)	9	Débit d'injection Qa (m3/s)	1,2E-05



Injection		Descente	
t (s)	He (m)	t (s)	He (m)
0	8,280	0	5,600
60	7,850	30	7,460
120	5,610	60	7,780
180	5,600	120	8,500
240	5,570	180	8,650
300	5,310	240	9,000
360	4,350	300	
420	4,300	360	
480		420	
540		480	
600		520	
660		600	
720		660	
780		720	
840		780	
900		840	
960		900	
1020		960	
1080		1020	
1140		1080	
1200		1140	
1500		1200	
1800		1260	
2100		1320	
2400		1380	
2700		1440	
3000		1500	
3300		1560	
3600		1620	
		1680	
		1740	
		1800	

Section du tube S (m2)	1,91E-02
Diamètre équivalent B' (m)	0,39
Mise en charge initiale Ho (m)	1,22
Cote du sondage (m NGF)	120



k= 1,0E-05 m/s

Observations:

Dépeillé par: JJTB le 21/01/2014



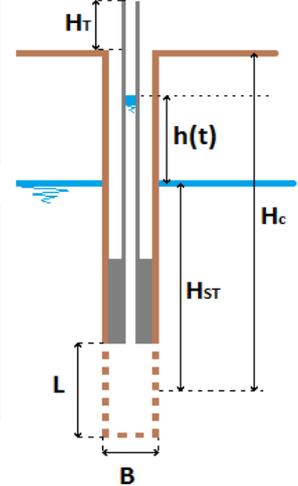
Essai à charge variable en forage ouvert

(Norme française NF X 30-423, septembre 2002)

Date d'essai

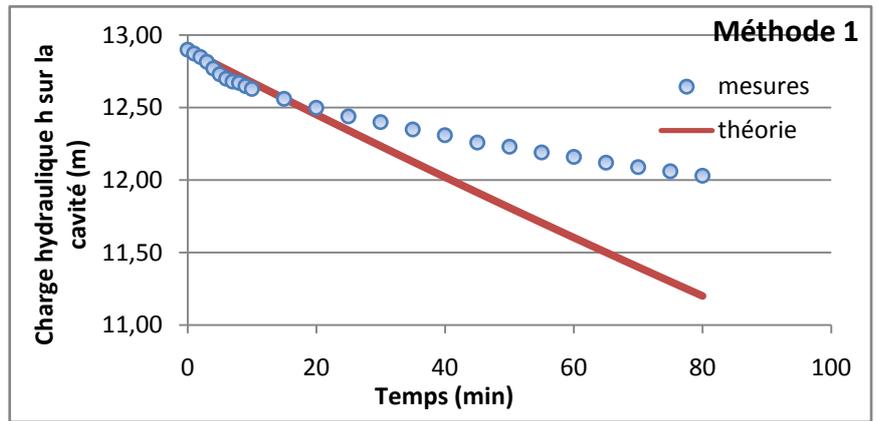
17/10/2013

Chantier	Lieu-dit du Bois Bochet	Dossier	TEA130256
	LIANCOURT	Sondage	SK2
Opérateur	J.Mo	Passé d'essai	11 à 12 m
Nature du sol	Marne et calcaire	Cote sondage (m NGF)	112,5

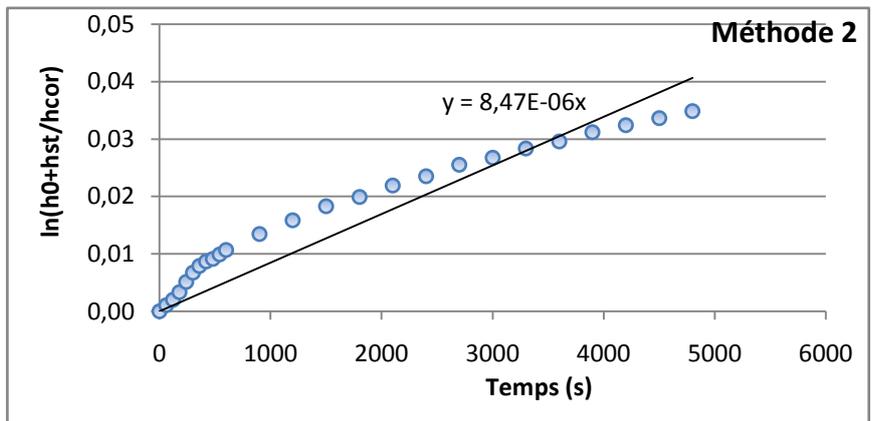


Longueur de la cavité L (m)	1	Section du tube Ai (m ²)	1,8E-03
Diamètre de la cavité B (m)	0,15	Mise en charge initiale ho (m)	12,9
Profondeur de la cavité/TN Hc (m)	11,5	Élancement de la cavité c	6,67
Hauteur du tube/TN Ht (m)	1,4	Facteur de forme m	16,14
Charge hydraulique d'équilibre Hst (m)	12	Erreur systématique hst (m)	12,5
Température T (°C)	13		

t(s)	h(m)
0	12,9
60	12,873
120	12,849
180	12,816
240	12,77
300	12,73
360	12,7
420	12,68
480	12,67
540	12,65
600	12,63
900	12,56
1200	12,5
1500	12,44
1800	12,4
2100	12,35
2400	12,31
2700	12,26
3000	12,23
3300	12,19
3600	12,16
3900	12,12
4200	12,09
4500	12,06
4800	12,03
5100	12



$k_{\text{methode1}} = 1,84E-08$ m/s



$k_{\text{methode2}} = 1,24E-09$ m/s

D'où $k_{\text{moyenne}} = 9,83E-09$ m/s

Commentaires:

Etabli par: JJTB le 21/01/2014

Annexe 5 : Sondage destructif SK3 ;

Coupe lithologique et paramètres instantanées du forage SK3,
Diagraphie différée Gamma Ray,
Essai d'infiltration de 6.0 à 8.0 m
Essai d'infiltration de 8.0 à 10.0 m
Essai d'infiltration de 11.5 à 12.5 m
Essai d'infiltration de 12.5 à 13.5 m
Essai d'infiltration de 13.5 à 14.5 m



Dossier : **TEA130256**

Site : **60 - LIANCOURT ST PIERRE**

Lieu-dit du Bois Bochet

Forage : **SK3**

Type : **SONDAGE DESTRUCTIF**

Client : **K20**

Echelle : **1/100**

Date début de forage : **19/10/2013**

Etude : **Mission géotechnique G11**

X :

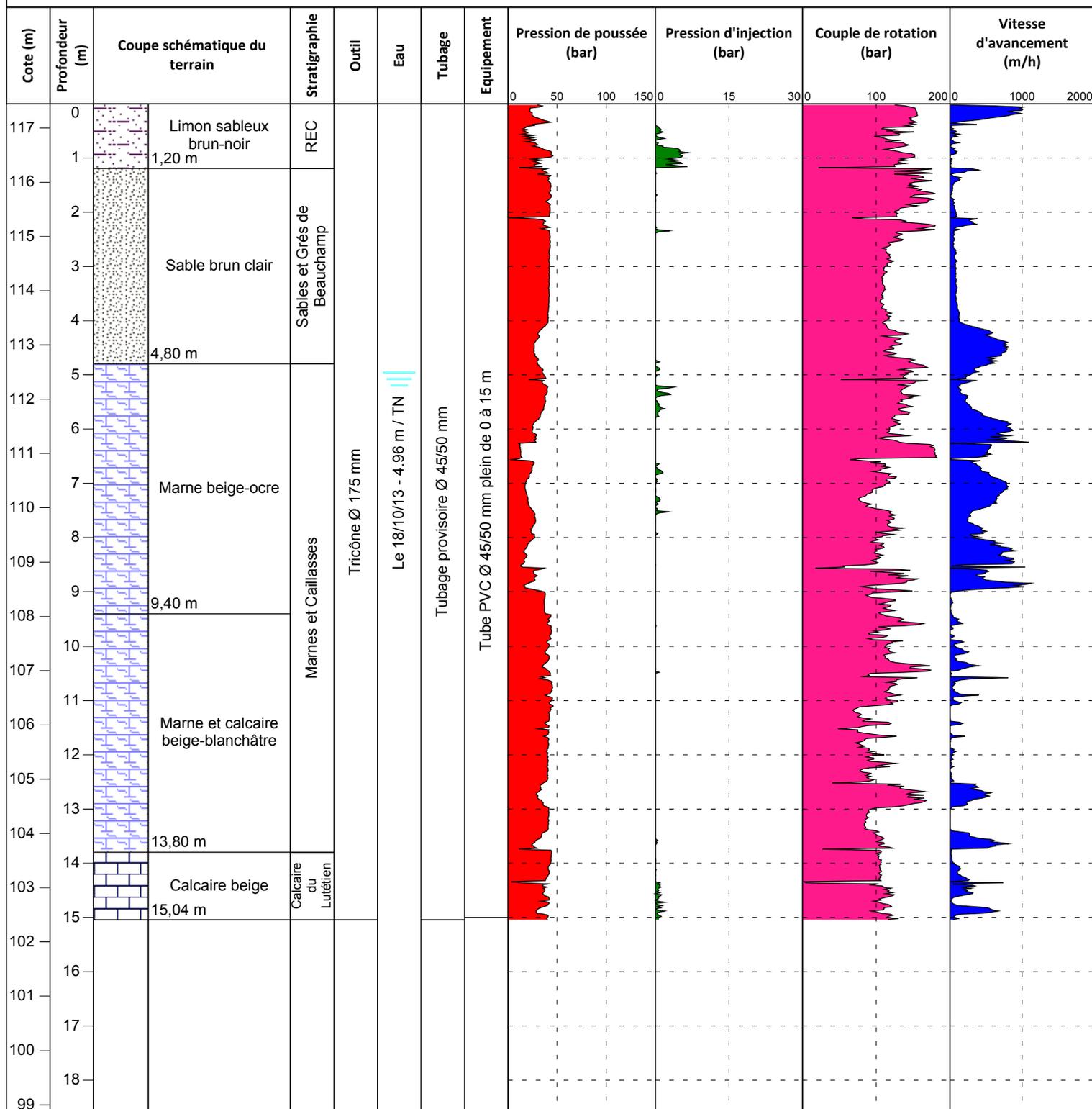
Date fin de forage : **22/10/2013**

Y :

Machine : **SEDIDRILL 250/90**

Z : **117.45**

Longueur : **15,04m**



EXGTE 3.15/LUT3EPF506FR

NOTA :

MODELE PRESENTATION : T DESTRUCTIF

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutzsa.fr



DIAGRAPHIE GAMMA RAY

SK3

DOSSIER : TEA130256

Client:

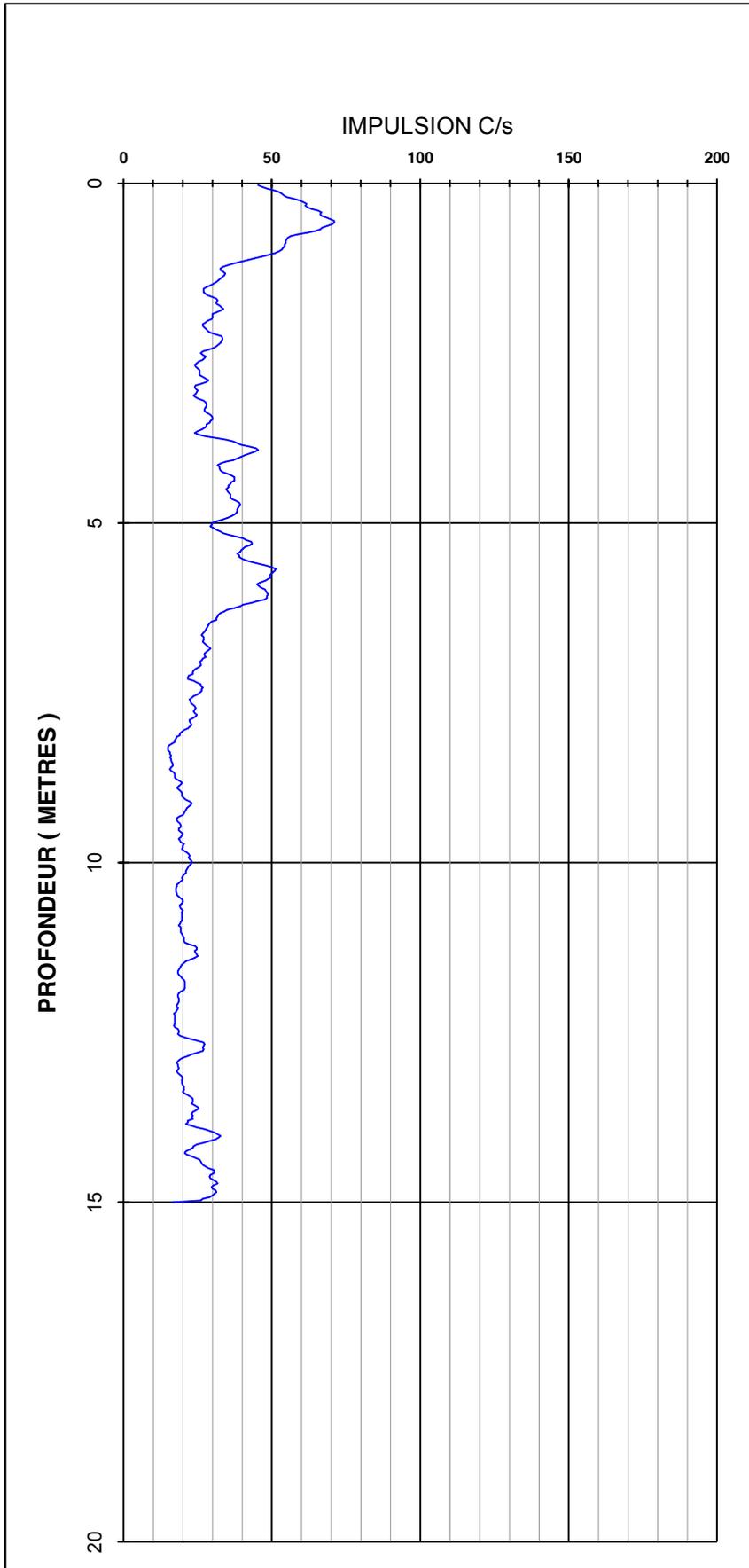
K20

CHANTIER: LIANCOURT (60)

SENS DE MESURES:

MONTEE

PROFONDEUR ATTEINTE: 15,0 mètres





Procès-Verbal

ESSAI D'EAU NASBERG

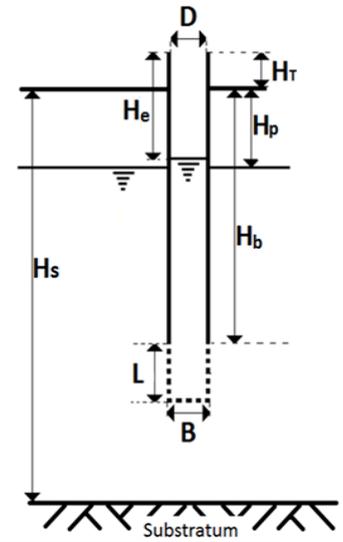
réalisé conformément à la norme NF P 94-132

Date d'essai

17/10/2013

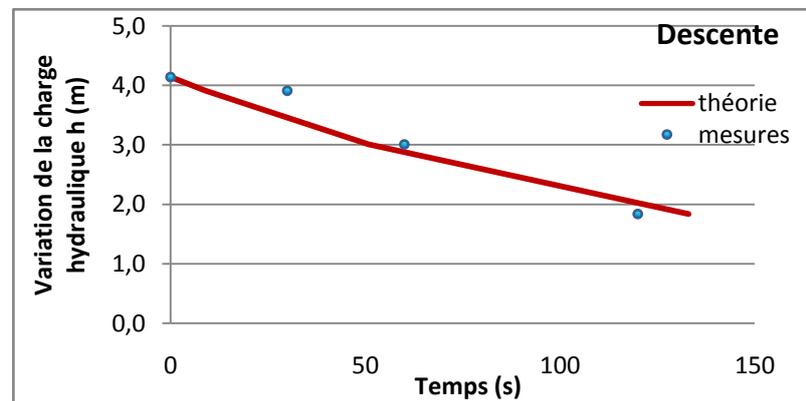
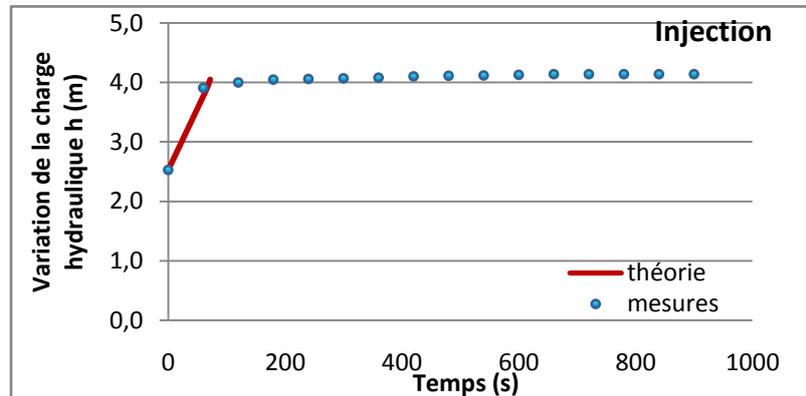
Dossier n°	TEA130256	Sondage	SK3
Chantier	Lieu-dit du Boic Bochet, LIANCOURT (60)	Passé d'essai	6 à 8 m
		Opérateur	J.Mo.

Diamètre du tube D (m)	0,156	Diamètre de la cavité B (m)	0,15
Hauteur du tube Ht (m)	0	Longueur de la cavité L (m)	2
Profondeur du bas du tube Hb (m)	6	Débit d'injection Qa (m3/s)	1,2E-04



Injection		Descente	
t (s)	He (m)	t (s)	He (m)
0	4,470	0	2,860
60	3,090	30	3,090
120	3,000	60	3,990
180	2,950	120	5,160
240	2,940	180	
300	2,930	240	
360	2,920	300	
420	2,900	360	
480	2,890	420	
540	2,880	480	
600	2,870	520	
660	2,860	600	
720	2,860	660	
780	2,860	720	
840	2,860	780	
900	2,860	840	
960		900	
1020		960	
1080		1020	
1140		1080	
1200		1140	
1500		1200	
1800		1260	
2100		1320	
2400		1380	
2700		1440	
3000		1500	
3300		1560	
3600		1620	
		1680	
		1740	
		1800	

Section du tube S (m2)	1,91E-02
Diamètre équivalent B' (m)	0,55
Mise en charge initiale Ho (m)	2,53
Cote du sondage (m NGF)	117



k= 5,0E-05 m/s

Observations: -

Dépuillé par: JJTB le 21/01/2014



Procès-Verbal

ESSAI D'EAU NASBERG

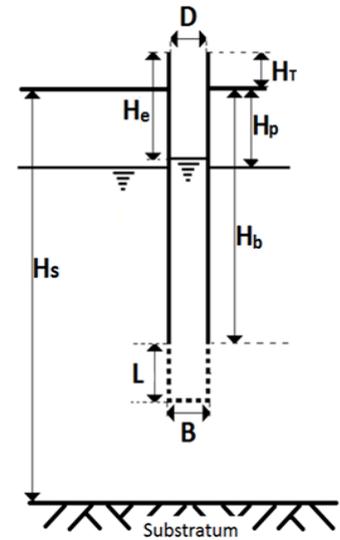
réalisé conformément à la norme NF P 94-132

Date d'essai

17/10/2013

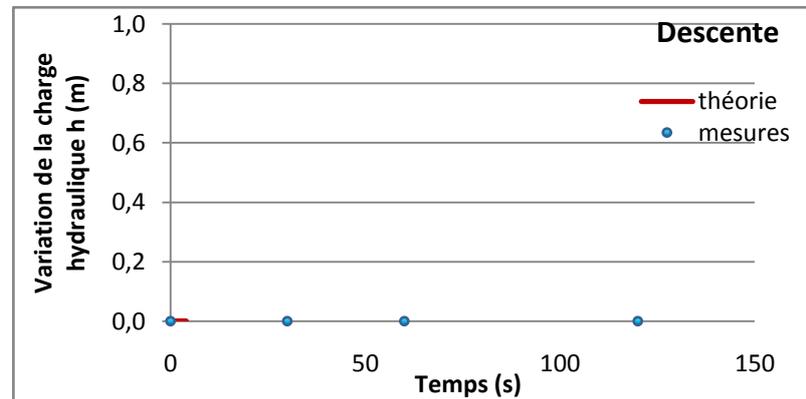
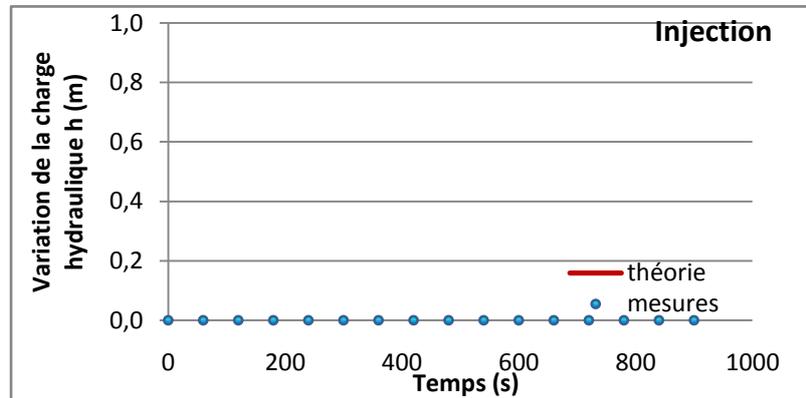
Dossier n°	TEA130256	Sondage	SK3
Chantier	Lieu-dit du Boic Bochet, LIANCOURT (60)	Passé d'essai	8 à 10 m
		Opérateur	J.Mo.

Diamètre du tube D (m)	0,156	Diamètre de la cavité B (m)	0,15
Hauteur du tube Ht (m)	0,5	Longueur de la cavité L (m)	2
Profondeur du bas du tube Hb (m)	8	Débit d'injection Qa (m3/s)	4,0E-03



Injection		Descente	
t (s)	He (m)	t (s)	He (m)
0		0	
60		30	
120		60	
180		120	
240		180	
300		240	
360		300	
420		360	
480		420	
540		480	
600		520	
660		600	
720		660	
780		720	
840		780	
900		840	
960		900	
1020		960	
1080		1020	
1140		1080	
1200		1140	
1500		1200	
1800		1260	
2100		1320	
2400		1380	
2700		1440	
3000		1500	
3300		1560	
3600		1620	
		1680	
		1740	
		1800	

Section du tube S (m2)	1,91E-02
Diamètre équivalent B' (m)	0,55
Mise en charge initiale Ho (m)	
Cote du sondage (m NGF)	117



k= 1,0E-05 m/s

Observations: - Perméabilité déduite à partir du volume d'eau injecté: soit K de l'ordre de 10-5 m/s

Dépeuillé par: JJTB le 21/01/2014



Procès-Verbal ESSAI D'EAU NASBERG

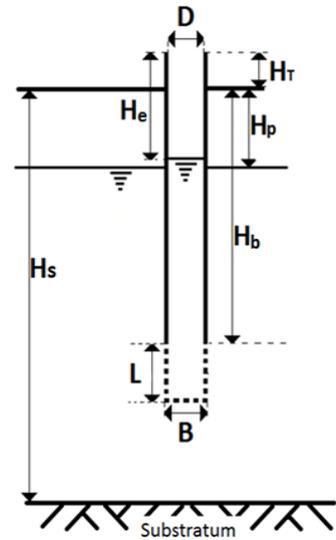
Date d'essai

17/10/2013

réalisé conformément à la norme NF P 94-132

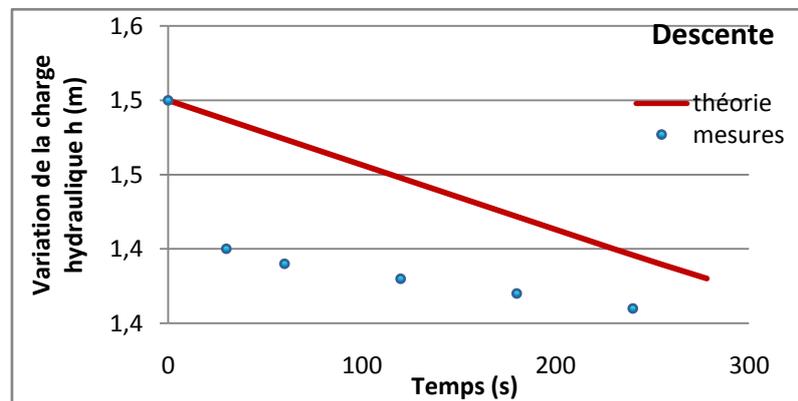
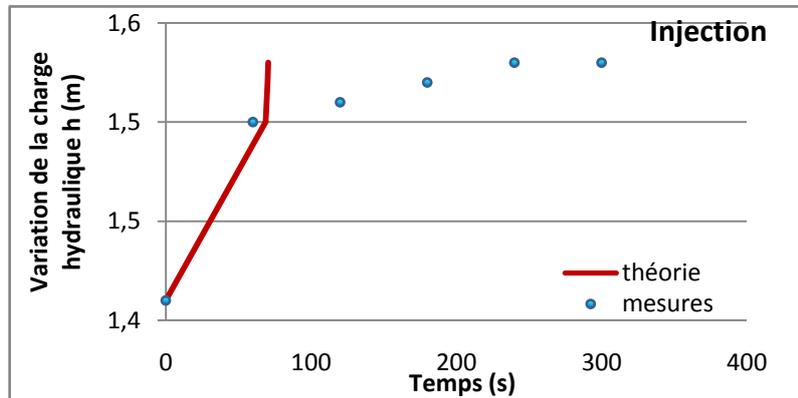
Dossier n°	TEA130256	Sondage	SK3
Chantier	Lieu-dit du Boic Bochet, LIANCOURT (60)	Passé d'essai	11,5 à 12,5 m
		Opérateur	J.Mo.

Diamètre du tube D (m)	0,16	Diamètre de la cavité B (m)	0,15
Hauteur du tube Ht (m)	0,5	Longueur de la cavité L (m)	1
Profondeur du bas du tube Hb (m)	11,5	Débit d'injection Qa (m3/s)	4,0E-03



Injection		Descente	
t (s)	He (m)	t (s)	He (m)
0	11,090	0	11,000
60	11,000	30	11,100
120	10,990	60	11,110
180	10,980	120	11,120
240	10,970	180	11,130
300	10,970	240	11,140
360		300	11,160
420		360	11,170
480		420	11,180
540		480	11,190
600		520	11,200
660		600	11,210
720		660	11,220
780		720	11,230
840		780	
900		840	
960		900	
1020		960	
1080		1020	
1140		1080	
1200		1140	
1500		1200	
1800		1260	
2100		1320	
2400		1380	
2700		1440	
3000		1500	
3300		1560	
3600		1620	
		1680	
		1740	
		1800	

Section du tube S (m2)	1,91E-02
Diamètre équivalent B' (m)	0,39
Mise en charge initiale Ho (m)	1,41
Cote du sondage (m NGF)	117



k= 2,7E-05 m/s

Observations: - Estimation à partir des débits de rinçage et de saturation et à partir des graphiques ci-dessus

Dépouillé par: JJTB le 21/01/2014



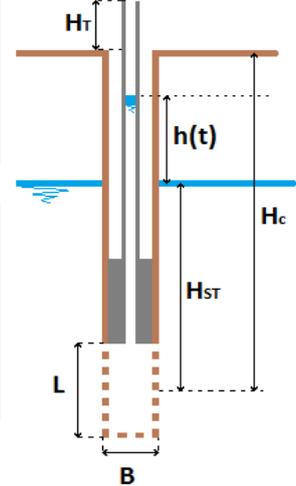
Essai à charge variable en forage ouvert

(Norme française NF X 30-423, septembre 2002)

Date d'essai

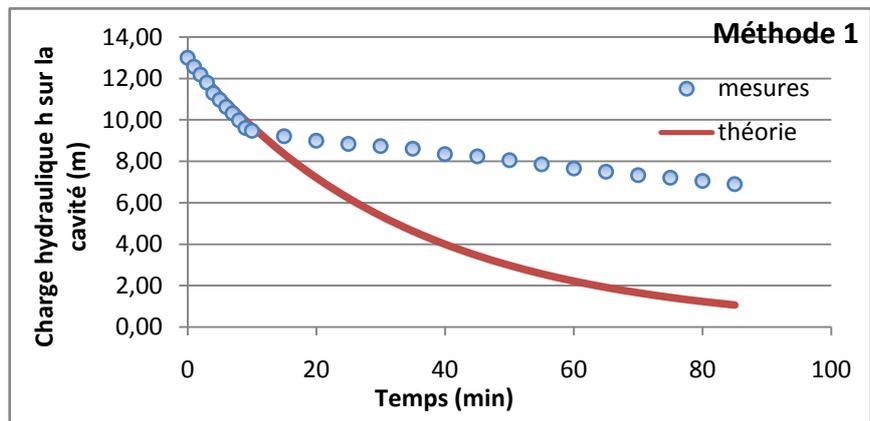
21/10/2013

Chantier	Lieu-dit du Bois Bochet	Dossier	TEA130256
	LIANCOURT	Sondage	SK3
Opérateur	J.Mo	Passé d'essai	12,5 à 13,5 m
Nature du sol	Marne et calcaire	Cote sondage (m NGF)	117

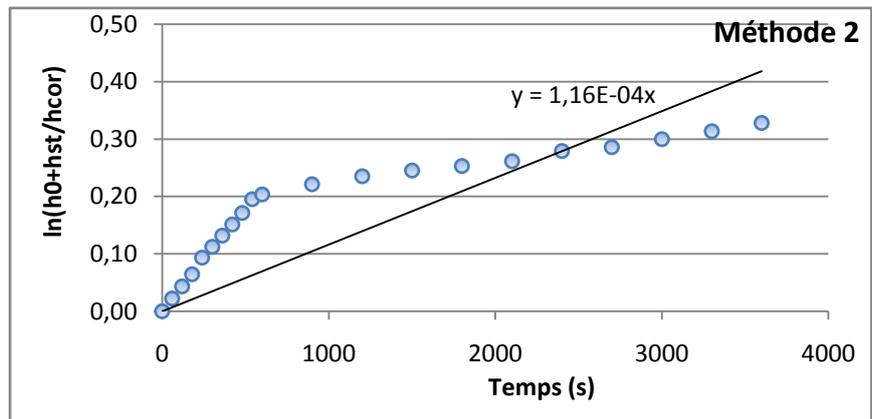


Longueur de la cavité L (m)	1	Section du tube Ai (m ²)	1,8E-03
Diamètre de la cavité B (m)	0,15	Mise en charge initiale ho (m)	13
Profondeur de la cavité/TN Hc (m)	13	Élancement de la cavité c	6,67
Hauteur du tube/TN Ht (m)	1	Facteur de forme m	16,14
Charge hydraulique d'équilibre Hst (m)	12	Erreur systématique hst (m)	6,1
Température T (°C)	14		

t(s)	h(m)
0	13
60	12,58
120	12,19
180	11,81
240	11,3
300	10,97
360	10,64
420	10,32
480	9,99
540	9,61
600	9,48
900	9,21
1200	9
1500	8,85
1800	8,73
2100	8,61
2400	8,35
2700	8,25
3000	8,05
3300	7,86
3600	7,66
3900	7,5
4200	7,33
4500	7,21
4800	7,06
5100	6,9
5400	6,79



$$k_{\text{méthode1}} = 3,16E-07 \text{ m/s}$$



$$k_{\text{méthode2}} = 5,08E-08 \text{ m/s}$$

D'où $k_{\text{moyenne}} = 1,84E-07 \text{ m/s}$

Commentaires:

Etabli par: JJTB le 21/01/2014



Procès-Verbal ESSAI D'EAU NASBERG

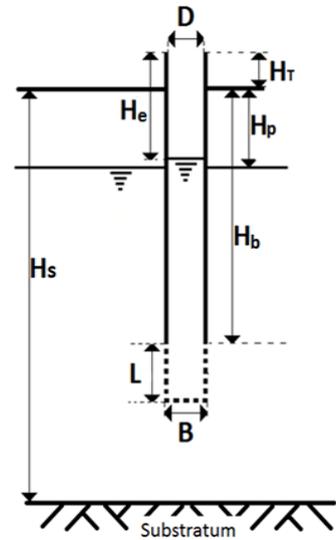
Date d'essai

17/10/2013

réalisé conformément à la norme NF P 94-132

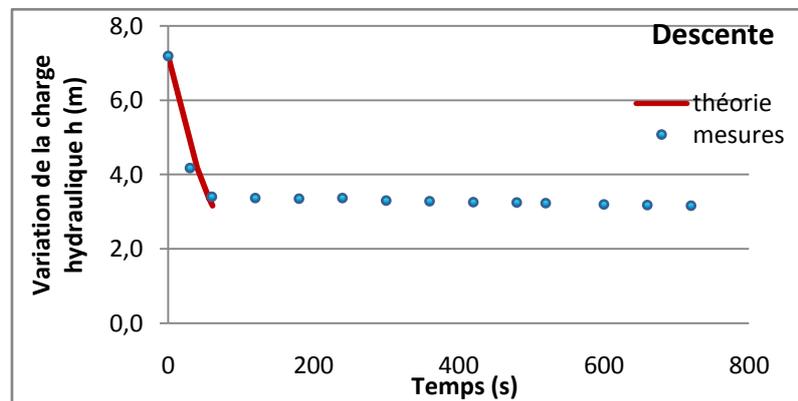
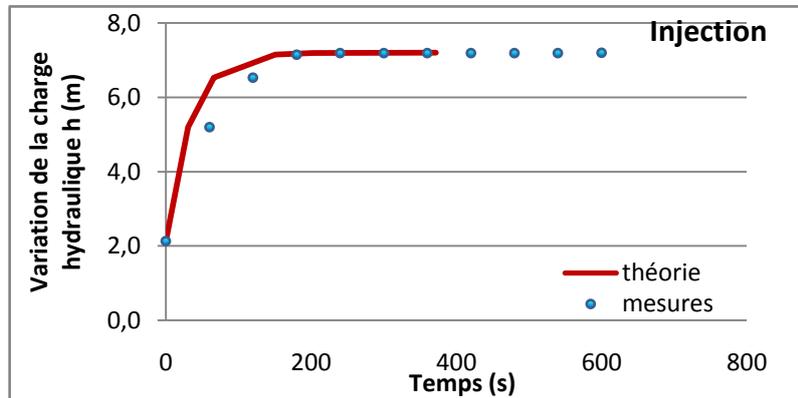
Dossier n°	TEA130256	Sondage	SK3
Chantier	Lieu-dit du Bois Bochet, LIANCOURT (60)	Passé d'essai	13,5 à 14,5 m
		Opérateur	J.Mo.

Diamètre du tube D (m)	0,16	Diamètre de la cavité B (m)	0,15
Hauteur du tube Ht (m)	0,5	Longueur de la cavité L (m)	1
Profondeur du bas du tube Hb (m)	13,5	Débit d'injection Qa (m3/s)	4,0E-03



Injection		Descente	
t (s)	He (m)	t (s)	He (m)
0	12,370	0	7,310
60	9,300	30	10,320
120	7,970	60	11,100
180	7,350	120	11,130
240	7,310	180	11,150
300	7,310	240	11,130
360	7,310	300	11,200
420	7,310	360	11,220
480	7,310	420	11,240
540	7,310	480	11,250
600	7,300	520	11,270
660		600	11,300
720		660	11,320
780		720	11,340
840		780	11,360
900		840	11,370
960		900	11,380
1020		960	11,400
1080		1020	11,410
1140		1080	11,420
1200		1140	11,430
1500		1200	11,435
1800		1260	11,440
2100		1320	11,450
2400		1380	11,160
2700		1440	11,464
3000		1500	11,470
3300		1560	
3600		1620	
		1680	
		1740	
		1800	

Section du tube S (m2)	1,91E-02
Diamètre équivalent B' (m)	0,39
Mise en charge initiale Ho (m)	2,13
Cote du sondage (m NGF)	117



k= 1,2E-05 m/s

Observations: -

Dépouillé par: JJTB le 21/01/2014

Annexe 6 :
Sondage piézométrique PZVII ;
Coupe lithologique et paramètres instantanées du forage PZVII,
Diagraphie différée Gamma Ray,
Fiche technique de l'ouvrage
Essai d'infiltration de 18.0 à 19.0 m
Essai d'infiltration de 30.0 à 31.0 m



Dossier: TEA130256 **Site :** 60 - LIANCOURT ST PIERRE

Lieu-dit du Bois Bochet

Forage : PZ VIII

Type : **PIEZOMETRE**

Client : **K20**

Echelle : 1 / 100

date début de forage : 09/10/2013

Etude : **Mission géotechnique G11**

X :

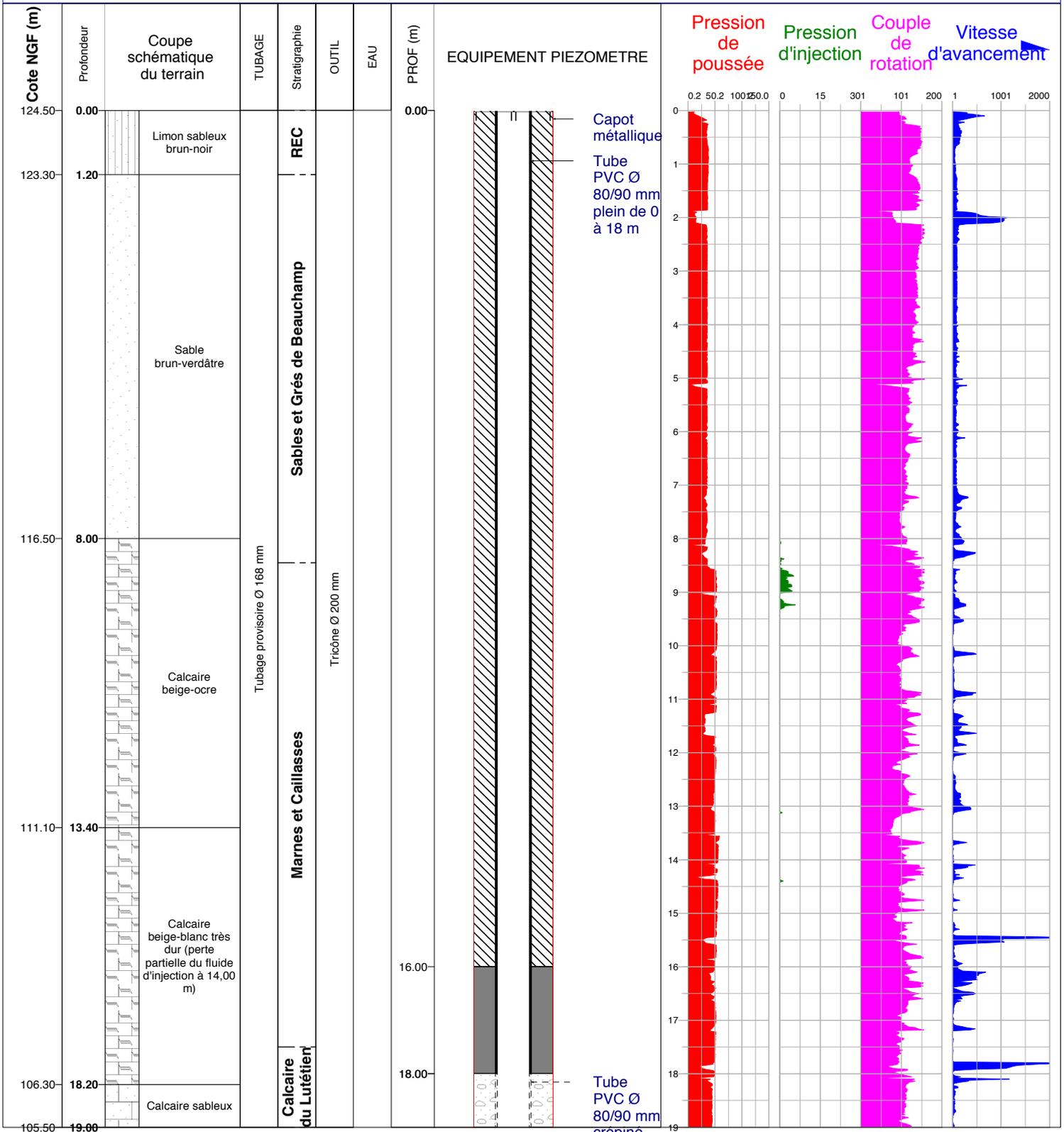
date fin de forage : 09/10/2013

Y :

Z : 124,5 m

Longueur : 45,01 m

Machine : SEDIDRILL 250/90



NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PIEZO + VIA 2000



Dossier: TEA130256 **Site :** 60 - LIANCOURT ST PIERRE

Lieu-dit du Bois Bochet

Forage : PZ VIII

Type : **PIEZOMETRE**

Client : **K20**

Echelle : 1 / 100

date début de forage : 09/10/2013

Etude : **Mission géotechnique G11**

X :

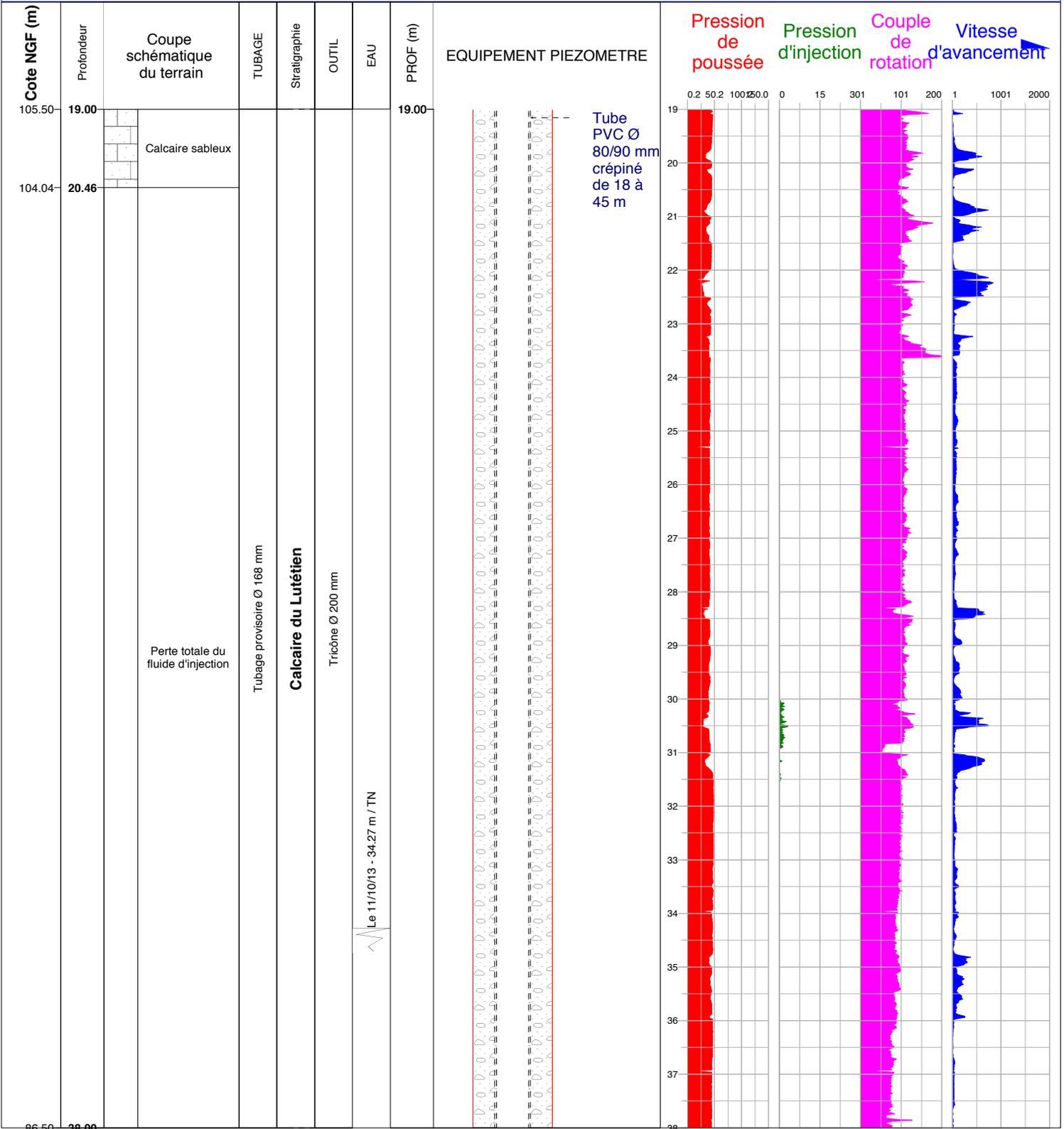
date fin de forage : 09/10/2013

Y :

Z : 124,5 m

Longueur : 45,01 m

Machine : SEDIDRILL 250/90



NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PIEZO + VIA 2000



Dossier: TEA130256 **Site :** 60 - LIANCOURT ST PIERRE

Lieu-dit du Bois Bochet

Forage : PZ VIII

Type : **PIEZOMETRE**

Client : **K20**

Echelle : 1 / 100

date début de forage : 09/10/2013

Etude : **Mission géotechnique G11**

X :

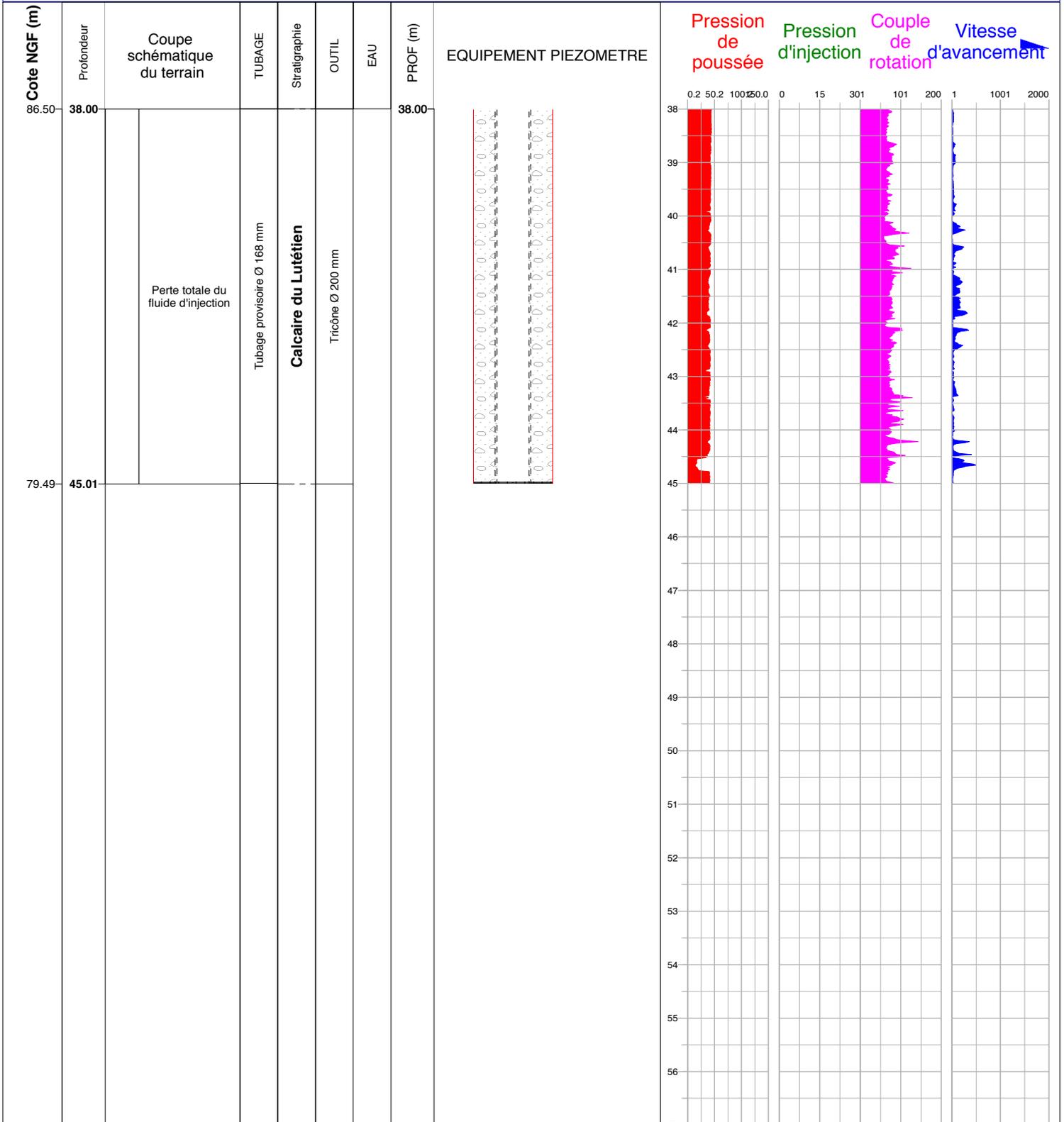
date fin de forage : 09/10/2013

Y :

Z : 124,5 m

Longueur : 45,01 m

Machine : SEDIDRILL 250/90



NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PIEZO + VIA 2000



DIAGRAPHIE GAMMA RAY

PZ VIII

DOSSIER : TEA130256

Client:

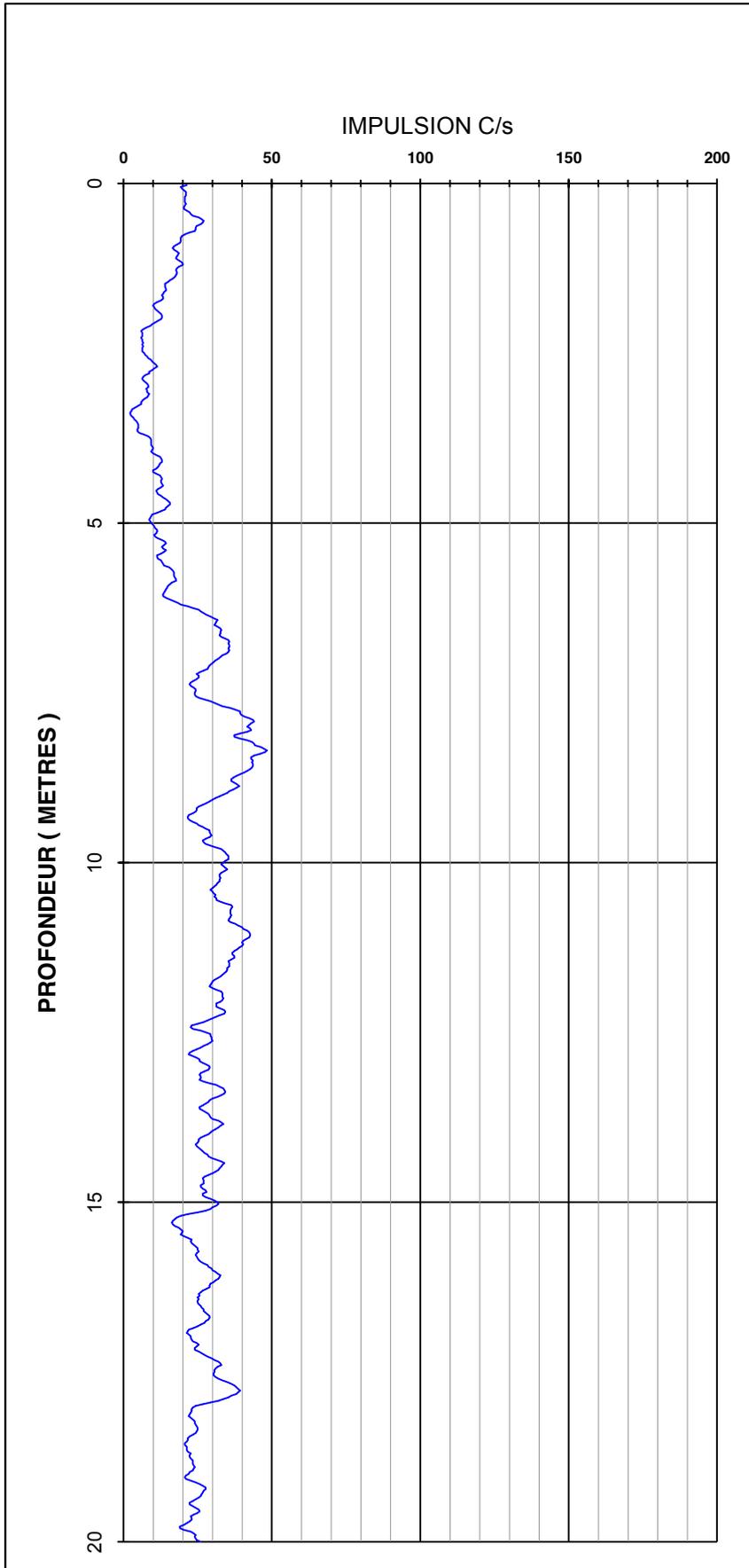
K20

CHANTIER: LIANCOURT (60)

SENS DE MESURES:

MONTEE

PROFONDEUR ATTEINTE: 44,0 mètres





DIAGRAPHIE GAMMA RAY

PZ VIII

DOSSIER : TEA130256

Client:

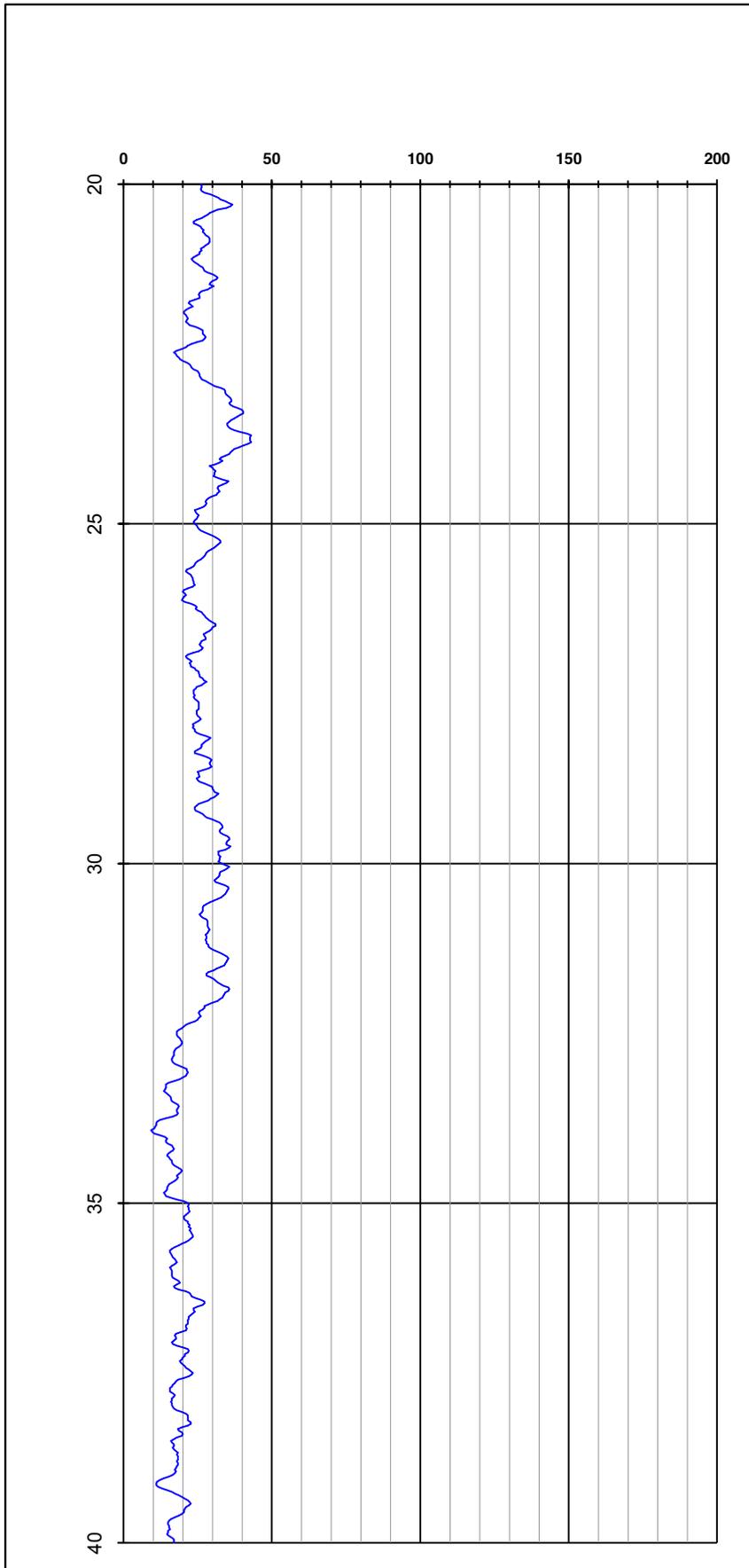
K20

CHANTIER: LIANCOURT (60)

SENS DE MESURES:

MONTEE

PROFONDEUR ATTEINTE: 44,0 mètres





DIAGRAPHIE GAMMA RAY

PZ VIII

DOSSIER : TEA130256

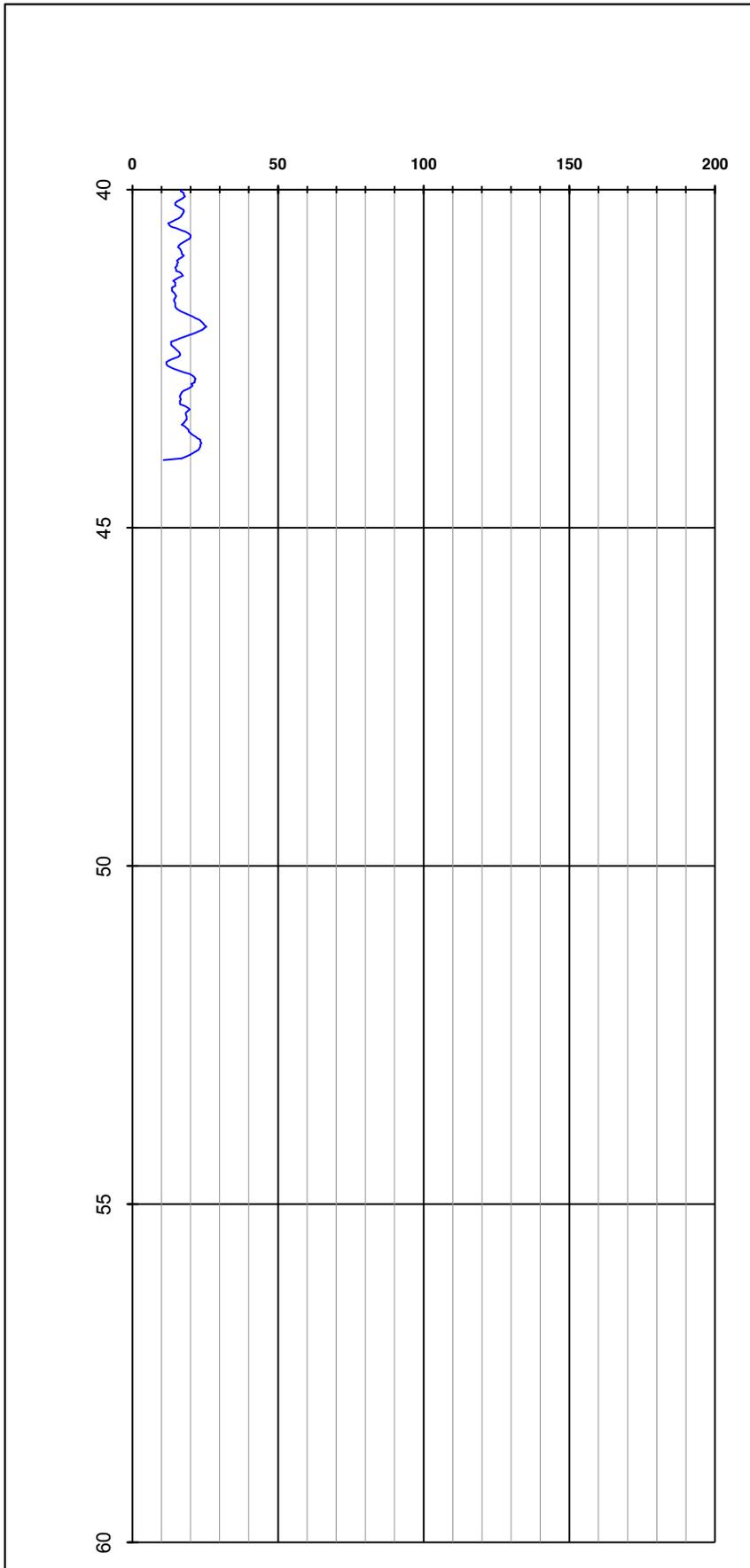
CLIENT :

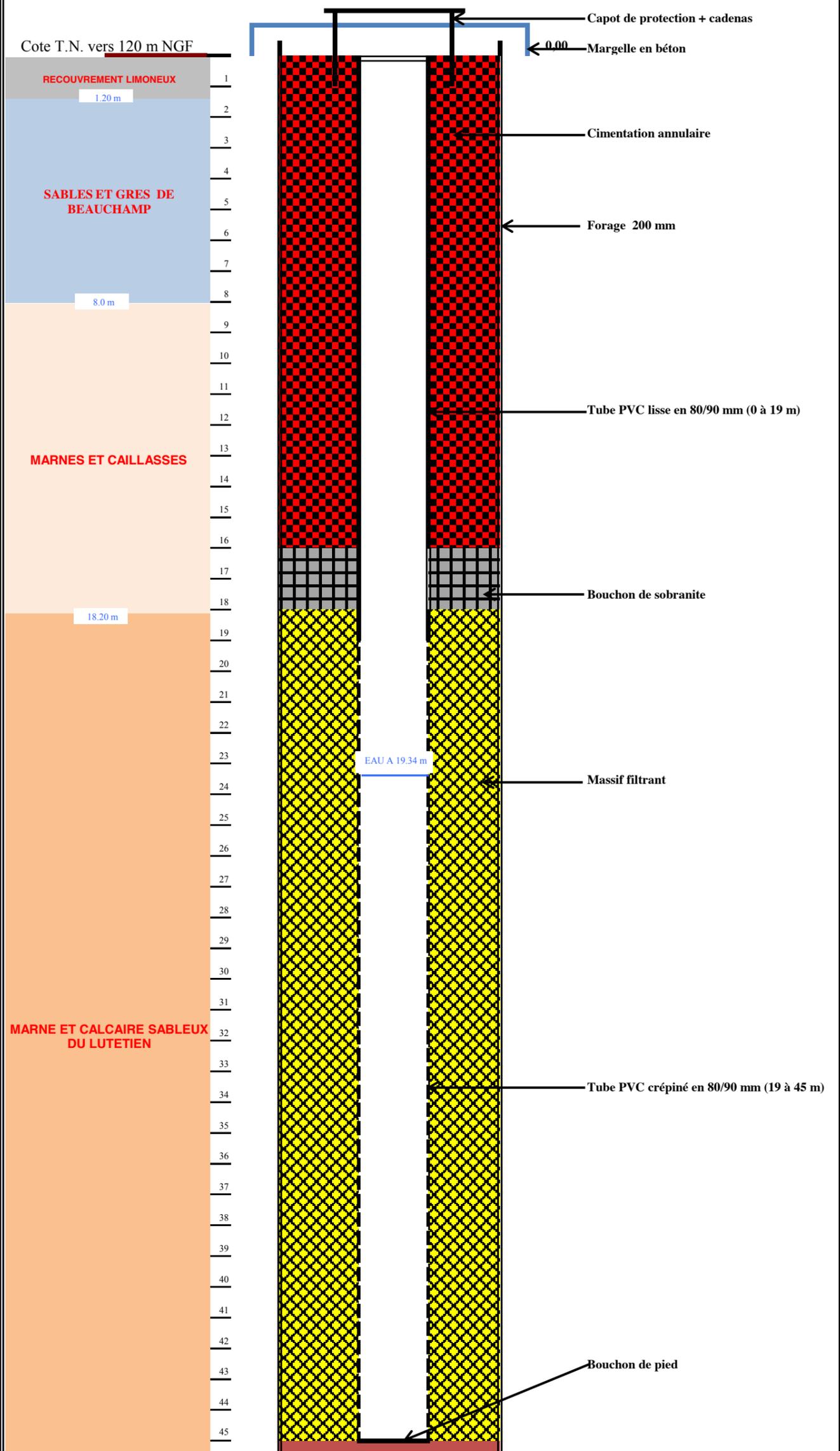
CHANTIER: LIANCOURT (60)

SENS DE MESURES

K20
MONTEE

PROFONDEUR ATTEINTE: 44,0 mètres







Procès-Verbal

ESSAI D'EAU NASBERG

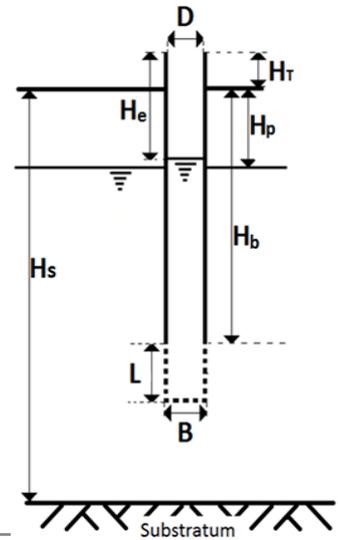
réalisé conformément à la norme NF P 94-132

Date d'essai

09/10/2013

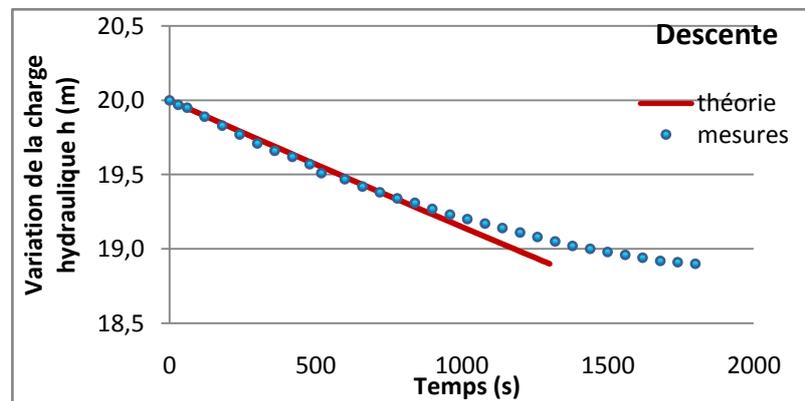
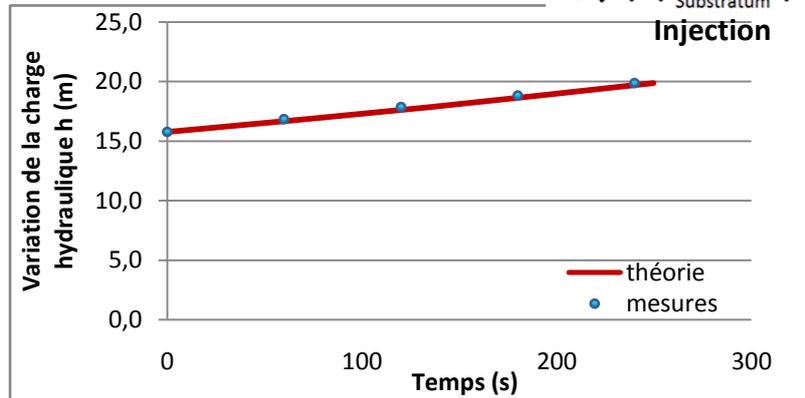
Dossier n°	TEA130256	Sondage	PZ
Chantier	Lieu-dit du Boic Bochet, LIANCOURT (60)	Passé d'essai	18 à 19 m
		Opérateur	J.Mo.

Diamètre du tube D (m)	0,156	Diamètre de la cavité B (m)	0,15
Hauteur du tube Ht (m)	1,5	Longueur de la cavité L (m)	1
Profondeur du bas du tube Hb (m)	18	Débit d'injection Qa (m3/s)	1,2E-05



Injection		Descente	
t (s)	He (m)	t (s)	He (m)
0	4,230	0	0,000
60	3,160	30	0,030
120	2,130	60	0,050
180	1,180	120	0,110
240	0,120	180	0,170
300		240	0,230
360		300	0,290
420		360	0,340
480		420	0,380
540		480	0,430
600		520	0,490
660		600	0,530
720		660	0,580
780		720	0,620
840		780	0,660
900		840	0,690
960		900	0,730
1020		960	0,770
1080		1020	0,800
1140		1080	0,830
1200		1140	0,860
1500		1200	0,890
1800		1260	0,920
2100		1320	0,950
2400		1380	0,980
2700		1440	1,000
3000		1500	1,020
3300		1560	1,040
3600		1620	1,060
		1680	1,080
		1740	1,090
		1800	1,100

Section du tube S (m2)	1,91E-02
Diamètre équivalent B' (m)	0,39
Mise en charge initiale Ho (m)	15,77
Cote du sondage (m NGF)	120



k = 4,2E-06 m/s

Observations:

Dépeillé par: JJTB le 21/01/2014



Procès-Verbal

ESSAI D'EAU NASBERG

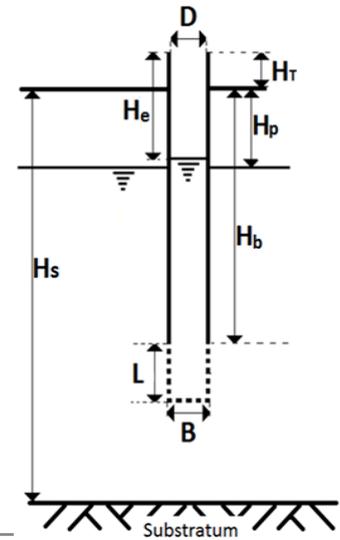
réalisé conformément à la norme NF P 94-132

Date d'essai

10/10/2013

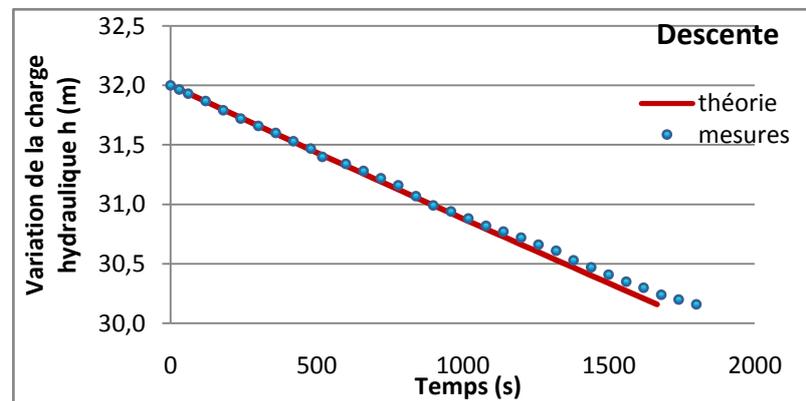
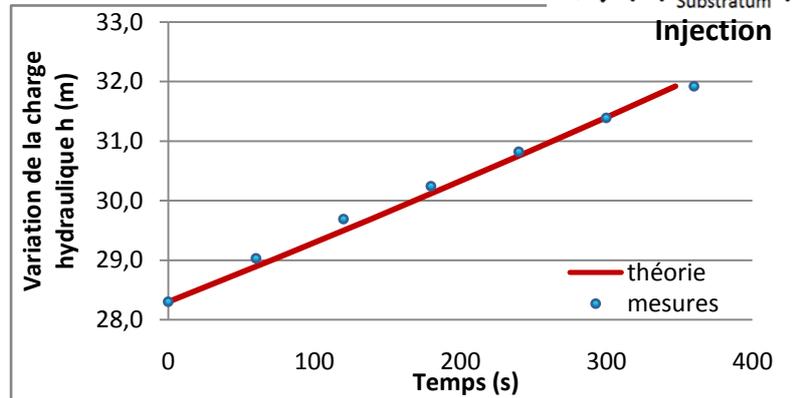
Dossier n°	TEA130256	Sondage	PZ
Chantier	Lieu-dit du Boic Bochet, LIANCOURT (60)	Passé d'essai	30 à 31 m
		Opérateur	J.Mo.

Diamètre du tube D (m)	0,156	Diamètre de la cavité B (m)	0,15
Hauteur du tube Ht (m)	1,5	Longueur de la cavité L (m)	1
Profondeur du bas du tube Hb (m)	30	Débit d'injection Qa (m3/s)	1,2E-05



Injection		Descente	
t (s)	He (m)	t (s)	He (m)
0	3,700	0	0,000
60	2,970	30	0,035
120	2,310	60	0,070
180	1,760	120	0,130
240	1,180	180	0,210
300	0,610	240	0,280
360	0,080	300	0,340
420		360	0,400
480		420	0,470
540		480	0,530
600		520	0,600
660		600	0,660
720		660	0,720
780		720	0,780
840		780	0,840
900		840	0,930
960		900	1,010
1020		960	1,060
1080		1020	1,120
1140		1080	1,180
1200		1140	1,230
1500		1200	1,280
1800		1260	1,340
2100		1320	1,390
2400		1380	1,470
2700		1440	1,530
3000		1500	1,590
3300		1560	1,650
3600		1620	1,700
		1680	1,760
		1740	1,800
		1800	1,840

Section du tube S (m2)	1,91E-02
Diamètre équivalent B' (m)	0,39
Mise en charge initiale Ho (m)	28,30
Cote du sondage (m NGF)	120



k = 1,6E-06 m/s

Observations:

Dépeuillé par: JJTB le 21/01/2014

Annexe 7 :

Essais en laboratoire ;

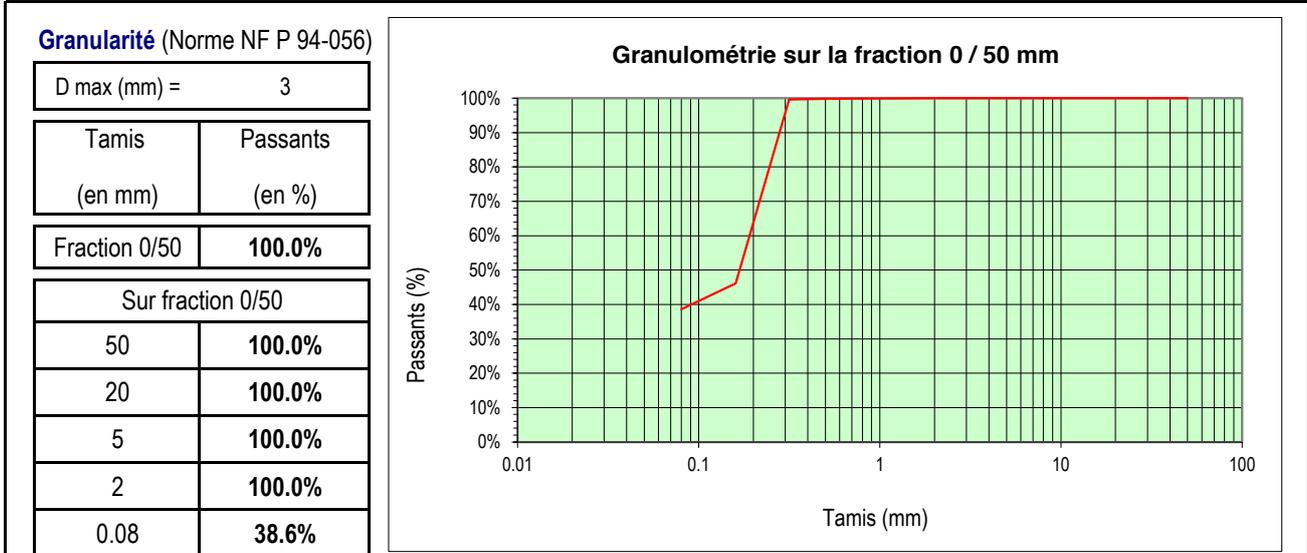
Essais sur échantillons intacts au droit du sondage SK2,
Essais sur échantillons remaniés au droit de TH.



CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

Dossier n° : TEA13.0256	Date des essais : 28/11/2013
Chantier : LIANCOURT - SAINT PIERRE	Opérateur : CD
Site: LIEU-DIT DU BOIS BOCHET	Température : 105 °C
Client : K20	Matériau à l'essai
Mode de prélè : Carottage	Sondage : SK02
Date prélè : S41/42	Prof. échantillon (m): 1.50-2.00
Réception n° : 2013.11.009	Prof. prélè (m) : 1.60-1.90
	Description visuelle des sols : Sable beige-jaunâtre à marron



<p>Argilosité</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valeur de bleu VBs</td> <td>NF P94-068</td> <td style="text-align: center;">1.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Etat hydrique</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Teneur en eau Wn</td> <td>NF P94-050</td> <td style="text-align: center;">22.3%</td> </tr> </tbody> </table>		Norme	Valeur	Valeur de bleu VBs	NF P94-068	1.6		Norme	Valeur	Teneur en eau Wn	NF P94-050	22.3%	<p>Comportement mécanique</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>Etat hydrique (suite)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Norme	Valeur											Norme	Valeur									
	Norme	Valeur																																			
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	1.6																																			
	Norme	Valeur																																			
Teneur en eau Wn	NF P94-050	22.3%																																			
	Norme	Valeur																																			
	Norme	Valeur																																			

CLASSE du SOL		
A1	<p>à Titre indicatif :</p> <p style="text-align: center;">Limons (ou arènes) peu plastiques, sables fins peu pollués, loess,...</p>	
Date : 06/12/2013	Observation :	Date : 06/12/2013
Rédacteur : CD		Vérificateur : AG
<p>Version de PV : N° : 4 Date : 30/09/2013</p>		



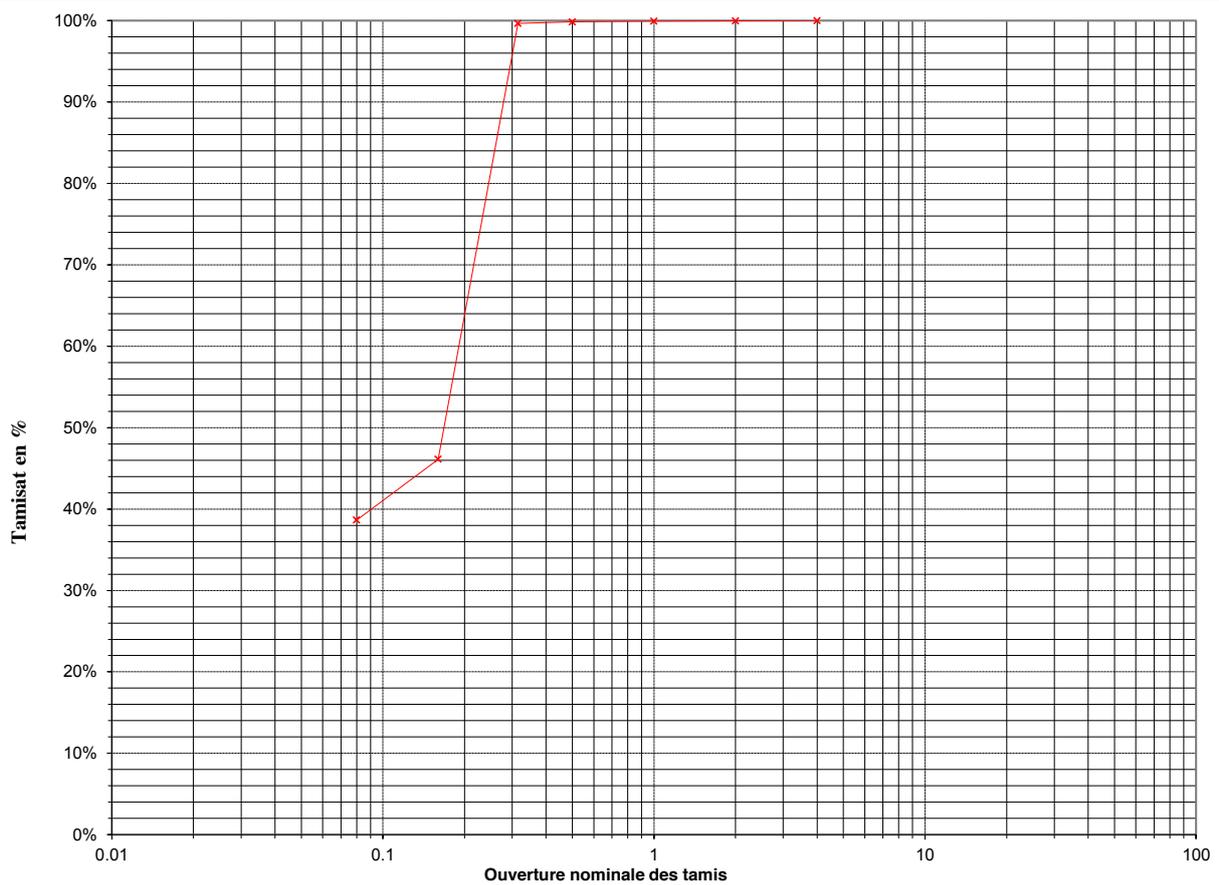
Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056)

Dossier n° : TEA13.0256
 Chantier : LIANCOURT - SAINT PIERRE
 Site : LIEU-DIT DU BOIS BOCHET
 Client : K20
 Mode de prêt : Carottage
 Date prêt : S41/42
 Réception n° : 2013.11.009

Date des essais : 28/11/2013
 Opérateur : CD
 Température : 105 °C

Matériau à l'essai	
Sondage :	SK02
Prof. échantillon (m):	1.50-2.00
Prof. prêt (m) :	1.60-1.90
Description visuelle des sols :	Sable beige-jaunâtre à marron



dm : 2 mm (plus grand tamis utilisé)
 Dmax : 3 mm (diam. max du plus gros grain)

Teneur en eau 22.3 %

Tamis d (mm)	125	100	80	63	50	40	31.5	25
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	20	16	12.5	10	8	6.3	5	4
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
Tamis d (mm)	2	1	0.5	0.315	0.16	0.08		
Passant %	100.0%	99.9%	99.8%	99.6%	46.1%	38.6%		

Date : 06/12/2013
 Rédacteur : CD

Observation :

Date : 06/12/2013
 Vérificateur : AG



Procès-verbal d'essai

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme française NF P 94-068, Octobre 1998

Dossier n° : TEA13.0256
Chantier : LIANCOURT - SAINT PIERRE
Site : LIEU-DIT DU BOIS BOCHET
Client : K20
Mode de prélt : Carottage
Date prélt : S41/42
Réception n° : 2013.11.009

Date des essais : 04/12/2013
Opérateur : PE
Température : 105 °C

Matériau à l'essai

Sondage :	SK02
Prof. échantillon (m):	1.50-2.00
Prof. prélt (m) :	1.60-1.90
Description visuelle des sols :	Sable beige-jaunâtre à marron

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm

Masse de la tare (g)	370.08
Masse totale humide (g)	1130.5
Masse totale sèche (g)	991.7
Masse de l'eau (g)	138.8
Masse du sol sec (g)	621.62
Teneur en eau %	22.3%

Echantillonnage

Masse humide (m1 en g)	65.28
Masse sèche (m0 en g)	53.4

Volume V de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté (cm³ ou ml)

85

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	100.0%
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	100.0%

VBS

1.6

Date : 06/12/2013

Rédacteur : CD

Observations :

Date : 06/12/2013

Vérificateur : AG

Version de PV :

N° :

4

Date :

30/09/2013

DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES SOLIDES DES SOLS

Méthode du pycnomètre à eau
Essai conforme à la norme NF P 94-054

Echantillon n°	: 1	Date de prélèvement	
Sondage n°	: SK2	Mode de prélèvement	: Carottage
Profondeur (m)	: 1.50/2.00	Date d'essai	13 décembre 2013
Nature du matériau :	Sable beige jaunâtre		
Observation :			

Méthode utilisé : Dépression Ebullition

N° du ballon		4	6
m1	Masse du ballon (g)	27.621	25.856
m2	Masse du ballon + sol (g)	44.529	42.353
ms	Masse de sol (g)	16.908	16.497
m3	Masse du ballon + sol + eau (g)	88.844	86.872
m4	Masse du ballon + eau (g)	71.936	70.375
T°	Température de l'essai (°C)	18.6	19.8
pw	Masse volumique de l'eau (g/cm3)	0.998501	0.998265

N° du creuset		4	6
Masse du creuset (g)		95.809	95.826
Masse du creuset + sol (g)		112.717	112.323
ms	masse de sol (g)	16.908	16.497
m2 bis	(Masse du ballon + sol) calcul (g)	44.529	42.353

Volume du ballon (cm3)	50.754	50.818
Volume d'eau (cm3)	44.382	44.596
Volume des grains (cm3)	6.372	6.222

Masse volumique des particules solides (g/cm3)	2.653	2.652
	2.652	

N°ballon	m1 (g)	m4 (g)	Température d'essai	pw (g/cm3)	Volume du ballon (cm3)
1	27.616	78.435	16.20	0.999	50.873
2	29.396	79.300	15.50	0.999	49.957
4	27.621	78.344	15.50	0.999	50.777
6	25.856	76.622	15.70	0.999	50.820
7	33.775	84.257	15.70	0.999	50.535
8	34.018	85.233	15.70	0.999	51.269
9	22.631	73.346	15.70	0.999	50.769
10	22.974	74.243	15.70	0.999	51.323
11	34.390	86.056	15.60	0.999	51.721
12	33.067	84.850	15.60	0.999	51.838
24	25.720	76.656	15.60	0.999	50.990
52	25.074	76.415	15.60	0.999	51.395

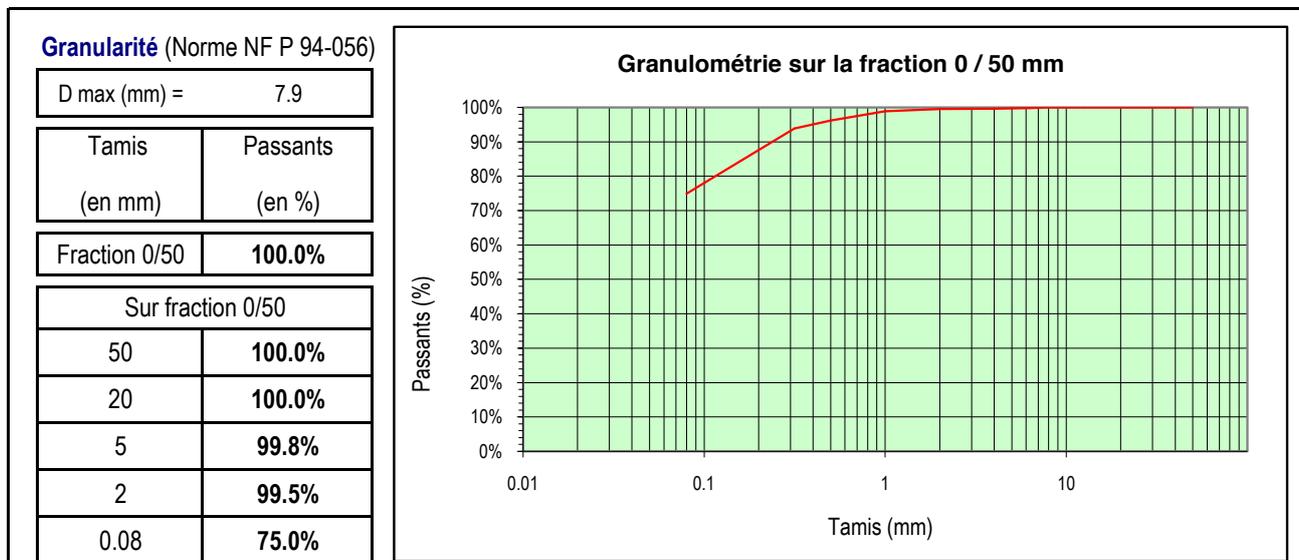
Creuset	
N°	Poids (g)
1	98.377
2	87.374
3	103.833
4	95.811
5	
6	95.829
7	92.705
A	63.018
B	64.958
C	71.865
D	62.576
E	57.789
F	59.586



CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

Dossier n° : TEA13.0256 Chantier : LIANCOURT - SAINT PIERRE Site: Lieu-dit du Bois Bochet Client : K20 Mode de prélè : Carottage Date prélè : S41/42 Réception n° : 2013.11.009	Date des essais : 28/11/2013 Opérateur : CD Température : 105 °C <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Matériau à l'essai</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">Sondage :</td> <td>SK02</td> </tr> <tr> <td>Prof. échantillon (m):</td> <td>2.00-3.00</td> </tr> <tr> <td>Prof. prélè (m) :</td> <td>2.50-2.80</td> </tr> <tr> <td>Description visuelle des sols :</td> <td>Sable argileux marron-jaune</td> </tr> </tbody> </table>	Matériau à l'essai		Sondage :	SK02	Prof. échantillon (m):	2.00-3.00	Prof. prélè (m) :	2.50-2.80	Description visuelle des sols :	Sable argileux marron-jaune
Matériau à l'essai											
Sondage :	SK02										
Prof. échantillon (m):	2.00-3.00										
Prof. prélè (m) :	2.50-2.80										
Description visuelle des sols :	Sable argileux marron-jaune										



<p>Argilosité</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valeur de bleu VBs</td> <td>NF P94-068</td> <td style="text-align: center;">4.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Etat hydrique</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Teneur en eau Wn</td> <td>NF P94-050</td> <td style="text-align: center;">24.2%</td> </tr> </tbody> </table>		Norme	Valeur	Valeur de bleu VBs	NF P94-068	4.3		Norme	Valeur	Teneur en eau Wn	NF P94-050	24.2%	<p>Comportement mécanique</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>Etat hydrique (suite)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norme</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Norme	Valeur											Norme	Valeur									
	Norme	Valeur																																			
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	4.3																																			
	Norme	Valeur																																			
Teneur en eau Wn	NF P94-050	24.2%																																			
	Norme	Valeur																																			
	Norme	Valeur																																			

CLASSE du SOL		
A2	à Titre indicatif : Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, ...	
Date : 06/12/2013	Observation :	Date : 06/12/2013
Rédacteur : CD		Vérificateur : AG



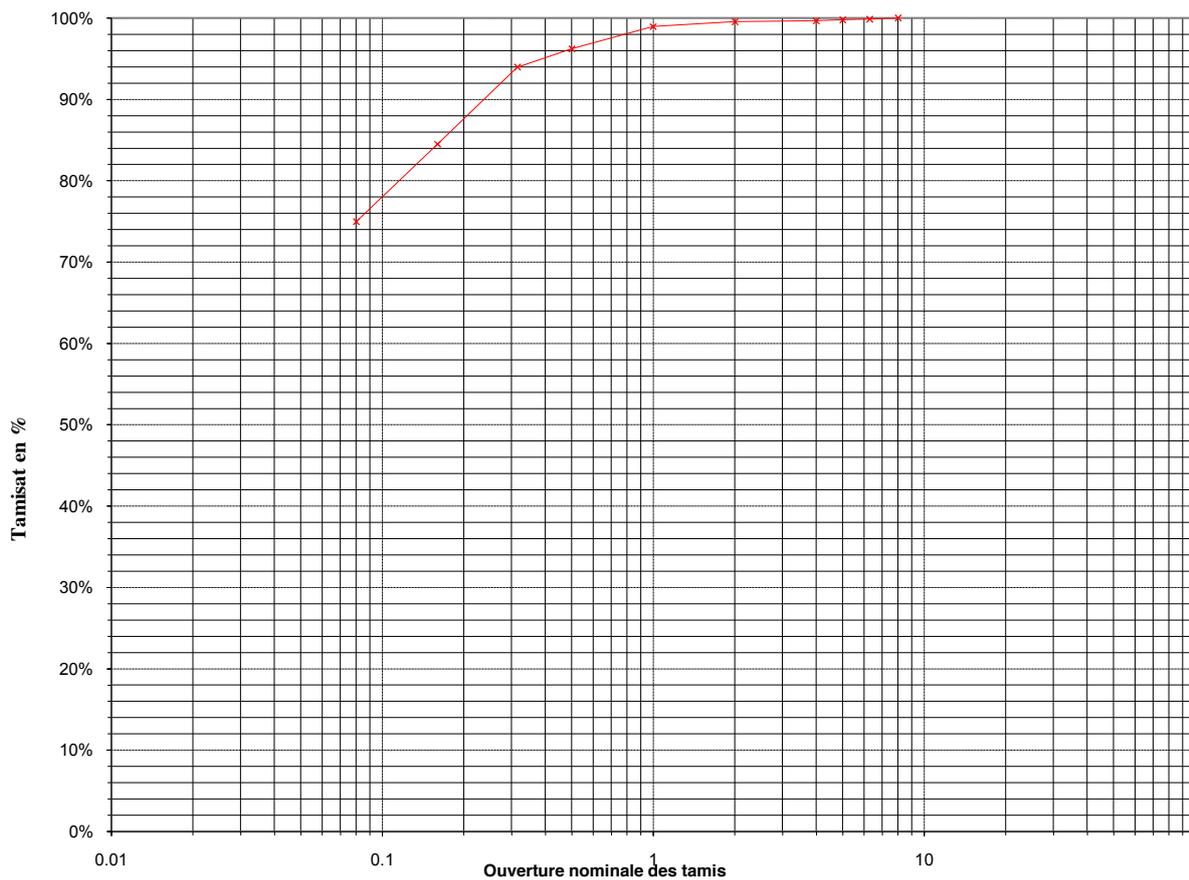
Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056)

Dossier n° : TEA13.0256
 Chantier : LIANCOURT - SAINT PIERRE
 Site : Lieu-dit du Bois Bochet
 Client : K20
 Mode de prélt : Carottage
 Date prélt : S41/42
 Réception n° : 2013.11.009

Date des essais : 28/11/2013
 Opérateur : CD
 Température : 105 °C

Matériau à l'essai	
Sondage :	SK02
Prof. échantillon (m):	2.00-3.00
Prof. prélt (m) :	2.50-2.80
Description visuelle des sols :	Sable argileux marron-jaune



dm : 6.3 mm (plus grand tamis utilisé)
Dmax : 7.9 mm (diam. max du plus gros grain)

Teneur en eau 24.2 %

Tamis d (mm)	125	100	80	63	50	40	31.5	25
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	20	16	12.5	10	8	6.3	5	4
Passant %	100%	100%	100%	100%	100.0%	99.9%	99.8%	99.7%
Tamis d (mm)	2	1	0.5	0.315	0.16	0.08		
Passant %	99.5%	99.0%	96.2%	93.9%	84.5%	75.0%		

Date : 06/12/2013
 Rédacteur : CD

Observation :

Date : 06/12/2013
 Vérificateur : AG



Procès-verbal d'essai

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme française NF P 94-068, Octobre 1998

Dossier n° : TEA13.0256 Chantier : LIANCOURT - SAINT PIERRE Site: Lieu-dit du Bois Bochet Client : K20 Mode de prêt : Carottage Date prêt : S41/42 Réception n° : 2013.11.009	Date des essais : 04/12/2013 Opérateur : PE Température : 105 °C <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">Matériau à l'essai</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Sondage :</td> <td>SK02</td> </tr> <tr> <td>Prof. échantillon (m):</td> <td>2.00-3.00</td> </tr> <tr> <td>Prof. prêt (m) :</td> <td>2.50-2.80</td> </tr> <tr> <td>Description visuelle des sols :</td> <td>Sable argileux marron-jaune</td> </tr> </table>	Sondage :	SK02	Prof. échantillon (m):	2.00-3.00	Prof. prêt (m) :	2.50-2.80	Description visuelle des sols :	Sable argileux marron-jaune
Sondage :	SK02								
Prof. échantillon (m):	2.00-3.00								
Prof. prêt (m) :	2.50-2.80								
Description visuelle des sols :	Sable argileux marron-jaune								

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	370.43
Masse totale humide (g)	965.34
Masse totale sèche (g)	849.6
Masse de l'eau (g)	115.74
Masse du sol sec (g)	479.17
Teneur en eau %	24.2%

Echantillonnage	
Masse humide (m1 en g)	41.83
Masse sèche (m0 en g)	33.7

Volume V de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté (cm ³ ou ml)
145

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	100.0%
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	99.8%

VBS
4.3

Date : 06/12/2013	Observations :	Date : 06/12/2013
Rédacteur : CD		Vérificateur : AG
<small>Version de PV :</small>	<small>N° :</small>	<small>Date :</small>

Version de PV : N° : 4 Date : 30/09/2013

DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES SOLIDES DES SOLS

Méthode du pycnomètre à eau
Essai conforme à la norme NF P 94-054

Echantillon n°	: 2	Date de prélèvement	
Sondage n°	: SK2	Mode de prélèvement	: Carottage
Profondeur (m)	: 2.00/3.00 (2.10/2.20)	Date d'essai	: 13 décembre 2013
Nature du matériau :		Sable beige jaunâtre	
Observation :			

Méthode utilisé : Dépression Ebullition

N° du ballon		1	2
m1	Masse du ballon (g)	27.616	29.396
m2	Masse du ballon + sol (g)	44.533	44.125
ms	Masse de sol (g)	16.917	14.729
m3	Masse du ballon + sol + eau (g)	88.976	88.442
m4	Masse du ballon + eau (g)	72.059	73.713
T°	Température de l'essai (°C)	18.9	19.3
pw	Masse volumique de l'eau (g/cm3)	0.998444	0.998366

N° du creuset		1	2
Masse du creuset (g)		98.375	87.372
Masse du creuset + sol (g)		115.292	102.101
ms	masse de sol (g)	16.917	14.729
m2 bis	(Masse du ballon + sol) calcul (g)	44.533	44.125

Volume du ballon (cm3)	50.969	49.953
Volume d'eau (cm3)	44.512	44.390
Volume des grains (cm3)	6.457	5.563

Masse volumique des particules solides (g/cm3)	2.620	2.647
	2.634	

N°ballon	m1 (g)	m4 (g)	Température d'essai	pw (g/cm3)	Volume du ballon (cm3)
1	27.616	78.435	16.20	0.999	50.873
2	29.396	79.300	15.50	0.999	49.957
4	27.621	78.344	15.50	0.999	50.777
6	25.856	76.622	15.70	0.999	50.820
7	33.775	84.257	15.70	0.999	50.535
8	34.018	85.233	15.70	0.999	51.269
9	22.631	73.346	15.70	0.999	50.769
10	22.974	74.243	15.70	0.999	51.323
11	34.390	86.056	15.60	0.999	51.721
12	33.067	84.850	15.60	0.999	51.838
24	25.720	76.656	15.60	0.999	50.990
52	25.074	76.415	15.60	0.999	51.395

Creuset	
N°	Poids (g)
1	98.377
2	87.374
3	103.833
4	95.811
5	
6	95.829
7	92.705
A	63.018
B	64.958
C	71.865
D	62.576
E	57.789
F	59.586

DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES SOLIDES DES SOLS

Méthode du pycnomètre à eau
Essai conforme à la norme NF P 94-054

Echantillon n° :	2	Date de prélèvement	
Sondage n° :	SK2	Mode de prélèvement :	Carottage
Profondeur (m) :	2.00/3.00 (2.60/2.65)	Date d'essai	16 décembre 2013
Nature du matériau :	Sable très argileux marron		
Observation :			

Méthode utilisé : Dépression Ebullition

N° du ballon		7	9
m1	Masse du ballon (g)	33.775	22.631
m2	Masse du ballon + sol (g)	49.868	37.923
ms	Masse de sol (g)	16.093	15.292
m3	Masse du ballon + sol + eau (g)	94.334	82.917
m4	Masse du ballon + eau (g)	78.241	67.625
T°	Température de l'essai (°C)	18.9	18.0
pw	Masse volumique de l'eau (g/cm3)	0.998444	0.998614

N° du creuset		A	B
Masse du creuset (g)		63.018	64.961
Masse du creuset + sol (g)		79.111	80.253
ms	masse de sol (g)	16.093	15.292
m2 bis	(Masse du ballon + sol) calcul (g)	49.868	37.923

Volume du ballon (cm3)	50.535	50.769
Volume d'eau (cm3)	44.535	45.056
Volume des grains (cm3)	6.000	5.713

Masse volumique des particules solides (g/cm3)	2.682	2.677
	2.680	

N°ballon	m1 (g)	m4 (g)	Température d'essai	pw (g/cm3)	Volume du ballon (cm3)
1	27.616	78.435	16.20	0.99894	50.873
2	29.396	79.300	15.50	0.99900	49.957
4	27.621	78.344	15.50	0.99900	50.777
6	25.856	76.622	15.70	0.99900	50.820
7	33.775	84.257	15.70	0.99900	50.535
8	34.018	85.233	15.70	0.99900	51.269
9	22.631	73.346	15.70	0.99900	50.769
10	22.974	74.243	15.70	0.99900	51.323
11	34.390	86.056	15.60	0.99900	51.721
12	33.067	84.850	15.60	0.99900	51.838
24	25.720	76.656	15.60	0.99900	50.990
52	25.074	76.415	15.60	0.99900	51.395

Creuset	
N°	Poids (g)
1	98.377
2	87.374
3	103.833
4	95.811
5	
6	95.829
7	92.705
A	63.018
B	64.958
C	71.865
D	62.576
E	57.789
F	59.586

DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES SOLIDES DES SOLS

Méthode du pycnomètre à eau
Essai conforme à la norme NF P 94-054

Echantillon n° :	2	Date de prélèvement	
Sondage n° :	SK2	Mode de prélèvement :	Carottage
Profondeur (m) :	2.00/3.00 (2.85/2.90)	Date d'essai	16 décembre 2013
Nature du matériau :	Limon brun		
Observation :			

Méthode utilisé : Dépression Ebullition

N° du ballon		24	52
m1	Masse du ballon (g)	25.720	25.074
m2	Masse du ballon + sol (g)	43.286	40.293
ms	Masse de sol (g)	17.566	15.219
m3	Masse du ballon + sol + eau (g)	87.698	85.976
m4	Masse du ballon + eau (g)	70.132	70.757
T°	Température de l'essai (°C)	19.6	19.8
pw	Masse volumique de l'eau (g/cm3)	0.998306	0.998265

N° du creuset		7	3
Masse du creuset (g)		92.704	103.833
Masse du creuset + sol (g)		110.270	119.052
ms	masse de sol (g)	17.566	15.219
m2 bis	(Masse du ballon + sol) calcul (g)	43.286	40.293

Volume du ballon (cm3)	50.990	51.395
Volume d'eau (cm3)	44.487	45.762
Volume des grains (cm3)	6.503	5.633

Masse volumique des particules solides (g/cm3)	2.701	2.702
	2.702	

N°ballon	m1 (g)	m4 (g)	Température d'essai	pw (g/cm3)	Volume du ballon (cm3)
1	27.616	78.435	16.20	0.99894	50.873
2	29.396	79.300	15.50	0.99900	49.957
4	27.621	78.344	15.50	0.99900	50.777
6	25.856	76.622	15.70	0.99900	50.820
7	33.775	84.257	15.70	0.99900	50.535
8	34.018	85.233	15.70	0.99900	51.269
9	22.631	73.346	15.70	0.99900	50.769
10	22.974	74.243	15.70	0.99900	51.323
11	34.390	86.056	15.60	0.99900	51.721
12	33.067	84.850	15.60	0.99900	51.838
24	25.720	76.656	15.60	0.99900	50.990
52	25.074	76.415	15.60	0.99900	51.395

Creuset	
N°	Poids (g)
1	98.377
2	87.374
3	103.833
4	95.811
5	
6	95.829
7	92.705
A	63.018
B	64.958
C	71.865
D	62.576
E	57.789
F	59.586

Client : **K20**
 Affaire : **LIANCOURT**
 Dossier n° : **13.W.4.0034**
 Echantillon n° : **/**
 Date d'essai : **25/10/2013**
 Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux**
 Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
 Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
 Sondage n° : **TH1**
 Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

conformément à la norme NF P 11-300

Granularité		NF P 94-056
Dmax (mm)		9
Tamisé à 50 mm (%)		100,0
Tamisé à 20 mm (%)		100,0
Tamisé à 5 mm (%)		99,9
Tamisé à 2 mm (%)		99,8
Tamisé à 80 µm (%)		15,7

Argilosité		
Valeur de bleu de méthylène VBS	NF P 94-068	1,3

Comportement mécanique		

Etat hydrique		
Teneur en eau naturelle WN (%)	NF P 94-050	7,4
Optimum proctor WOPN (%)	NF P 94-093	13,5

Classe du sol	
B5ts	Sables et graves très silteux...

Observations :

Trappes, le 04/11/2013

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
Responsable agence




La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : /
Date d'essai : **25/10/2013**
Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux**
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-050

Température d'étuvage (°C)	105
Masse humide (g)	1245,7
Masse sèche (g)	1159,9
Teneur en eau naturelle (%)	7,4

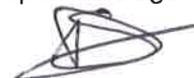
Observations :

Trappes, le 04/11/2013

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire



Sandrine DALLASERRA
Responsable agence

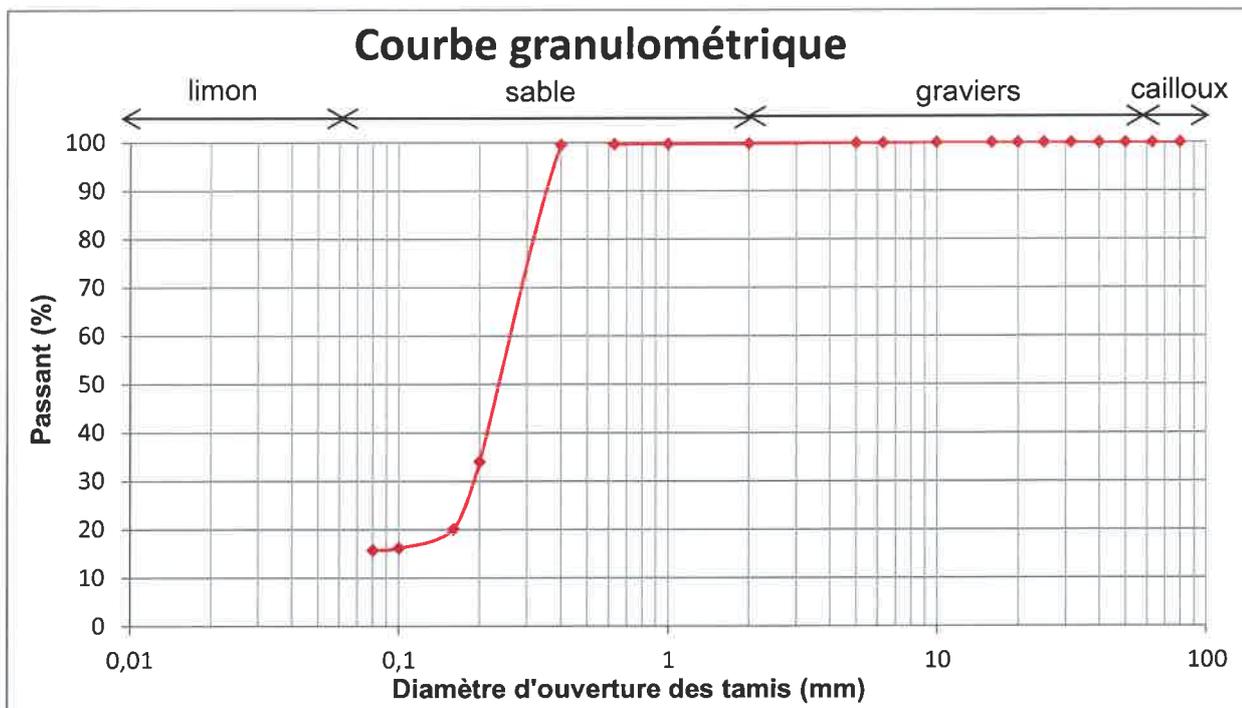


La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : /
Date d'essai : **29/10/2013**
Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre**
légèrement argileux
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056



Dmax (mm)	9	dm (mm)	6,3
-----------	---	---------	-----

Tamis d (mm)	80	63	50	40	31,5	25	20
Passant (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Tamis d (mm)	16	10	6,3	5	2	1	0,63
Passant (%)	100,0	100,0	99,9	99,9	99,8	99,7	99,7
Tamis d (mm)	0,4	0,2	0,16	0,1	0,08		
Passant (%)	99,5	34,0	20,2	16,2	15,7		

Observations :

Trappes, le 04/11/2013

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
Responsable agence

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : /
Date d'essai : **25/10/2013**
Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux**
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-068

Passant Fraction 0/50 (%)	100
Proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%)	99,9
Teneur en eau sur la fraction 0/5 mm W_{0/5} (%)	7,4
Masse humide Mh (g)	45,2
Masse sèche Ms (g)	42,1
Volume de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté V (cm ³ ou ml)	55

VBS	1,3
------------	------------

Observations :

Trappes, le 04/11/2013

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire



Sandrine DALLASERRA
Responsable agence



La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

MESURE DE PERMEABILITE A L'APPAREIL OEDOMETRIQUE

Conformément à la norme XP CEN ISO/TS 17892-11 (P 94-512-11)

CALCUL DE LA PERMEABILITE A L' OEDOMETRE AU PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE						
						$\rho_s(\text{g/cm}^3) = 2.65$
Caractéristiques éprouvette						
$\Phi =$	6.987	cm	Section =	38.34179	cm ²	
Hi =	1.9000	cm				
Section perméamètre =				0.14	cm ²	
Sondage :		SK2	Wi (%) =	25.1	Wf (%) =	25.55
Profondeur (m)		1.50/2.00 (1.70/1.75)	$\rho_{di}(\text{g/cm}^3) =$	1.57	$\rho_{df}(\text{g/cm}^3) =$	1.58
Nature :		Sable fin beige jaunâtre	Sri (%) =	96.69	Srf (%) =	99.98
Charge	ΔH_c		Temps			Coefficient de
palier	palier	Hc	d'écoulement	Zo	Z1	perméabilité K
(MPa)	1/100 mm	1/100 mm	t en min.	en cm	en cm	en m/s
0.013	11.8	1888.2	0.22	50	5	1.22117E-05
0.013	11.8	1888.2	0.25	50	5	1.05835E-05
0.013	11.8	1888.2	0.28	50	5	9.33836E-06
0.013	11.8	1888.2	0.23	50	5	1.13394E-05
						1.08682E-05

MESURE DE PERMEABILITE A L'APPAREIL OEDOMETRIQUE
Conformément à la norme XP CEN ISO/TS 17892-11 (P 94-512-11)

CALCUL DE LA PERMEABILITE A L' OEDOMETRE AU PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE							
						$\rho_s(\text{g/cm}^3) =$	2.63
Caractéristiques éprouvette							
$\Phi =$	6.987	cm	Section =	38.34179	cm ²		
$H_i =$	1.9000	cm	Section perméamètre =	0.14	cm ²		
			$W_i(\%) =$	22.2	$W_f(\%) =$	23.7	
Sondage :	SK2		$\rho_{di}(\text{g/cm}^3) =$	1.62	$\rho_{df}(\text{g/cm}^3) =$	1.62	
Profondeur (m)	2.00/3.00 (2.10/2.20)		$Sr_i(\%) =$	93.65	$Sr_f(\%) =$	99.98	
Nature :	Sable fin beige jaunâtre légèrement argileux						
Charge palier (MPa)	ΔH_c palier (1/100 mm)	Hc (1/100 mm)	Temps d'écoulement t en min.	Zo en cm	Z1 en cm	Coefficient de perméabilité K en m/s	
0.025	24.8	1875.2	0.78	50	5	3.35445E-06	
0.025	24.8	1875.2	0.75	50	5	3.50353E-06	
0.025	24.8	1875.2	0.72	50	5	3.66649E-06	
0.025	24.8	1875.2	0.67	50	5	3.94148E-06	
						3.61649E-06	

MESURE DE PERMEABILITE A L'APPAREIL OEDOMETRIQUE

Conformément à la norme XP CEN ISO/TS 17892-11 (P 94-512-11)

CALCUL DE LA PERMEABILITE A L' OEDOMETRE AU PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE						
						$\rho_s(\text{g/cm}^3) = 2.68$
Caractéristiques éprouvette						
$\Phi =$	6.987	cm	Section =	38.34179	cm ²	
Hi =	1.9000	cm				
Section perméamètre =				0.14	cm ²	
			Wi (%) =	17.4	Wf (%) =	17.9
Sondage :	SK2		$\rho_{di}(\text{g/cm}^3) =$	1.78	$\rho_{df}(\text{g/cm}^3) =$	1.81
Profondeur (m)	2.00/3.00 (2.60/2.65)		Sri (%) =	92.23	Srf (%) =	99.97
Nature :	Sable fin argileux marron					
Charge	ΔH_c		Temps			Coefficient de
palier	palier	Hc	d'écoulement	Zo	Z1	perméabilité K
(MPa)	1/100 mm	1/100 mm	t en min.	en cm	en cm	en m/s
0.025	31.3	1868.7	135.00	50	39.5	1.98569E-09
0.025	31.3	1868.7	1050.00	50	17	1.16842E-09
0.025	31.3	1868.7	1290.00	50	15.8	1.01557E-09
0.025	31.3	1868.7	2430.00	50	5.2	1.05923E-09
						1.30723E-09

MESURE DE PERMEABILITE A L'APPAREIL OEDOMETRIQUE

Conformément à la norme XP CEN ISO/TS 17892-11 (P 94-512-11)

CALCUL DE LA PERMEABILITE A L' OEDOMETRE AU PERMEAMETRE A CHARGE VARIABLE							$\rho_s(\text{g/cm}^3) =$	2.68
Caractéristiques éprouvette								
$\Phi =$	6.994	cm	Section =	38.418655	cm ²			
Hi =	1.9000	cm						
			Section perméamètre =	0.14	cm ²			
			Wi (%) =	19.9	Wf (%) =	22.6		
Sondage :	SK2		$\rho_{di}(\text{g/cm}^3) =$	1.64	$\rho_{df}(\text{g/cm}^3) =$	1.67		
Profondeur (m)	2.00/3.00 (2.85/2.90)		Sri (%) =	84.10	Srf (%) =	99.97		
Nature :	Limon brun							
Charge palier (MPa)	ΔH_c palier (1/100 mm)	Hc (1/100 mm)	Temps d'écoulement t en min.	Zo en cm	Z1 en cm	Coefficient de perméabilité K en m/s		
0.025	35.1	1864.9	80.00	50	43.4	2.00425E-09		
0.025	35.1	1864.9	170.00	50	37.2	1.97021E-09		
0.025	35.1	1864.9	350.00	50	24.9	2.25607E-09		
0.025	35.1	1864.9	540.00	50	19.2	2.00752E-09		
						2.05951E-09		



Essai de cisaillement rectiligne à la boîte

Essai de Cisaillement direct (type CD : Consolidé Drainé)

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-071-1)

Dossier n° : TEA13.0256
 Chantier : LIANCOURT
 Site : Lieu-dit Du Bois Bochet
 Client : K20

Date des essais : 29/11/2013
 Opérateur : CD
 Température : 105 °C

Mode de prélt : Carottage
 Date prélt : S41/S42
 Réception n° : 2013.11.009

Matériau à l'essai

Sondage :	SK02
Prof. échantillon (m):	1.50-2.00
Prof. prélt (m) :	1.70-1.90
Description visuelle des sols :	Sable marron argileux

Profondeur du niveau d'eau = \ m Contrainte effective du sol en place : σ'_{v0} = 36 kPa

Caractéristiques de l'éprouvette

Hauteur = 22.0 mm Largeur = 60 mm

Vitesse de cisaillement

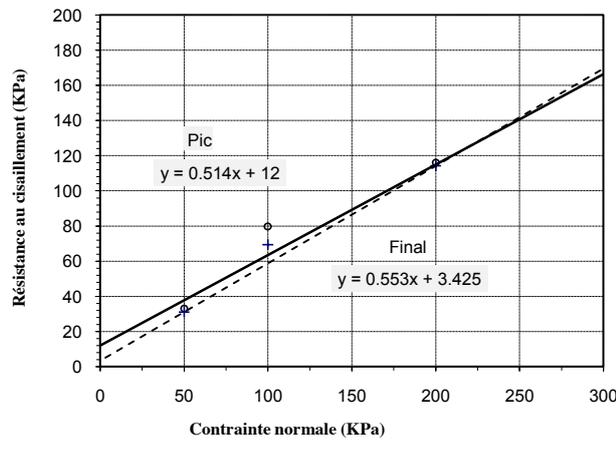
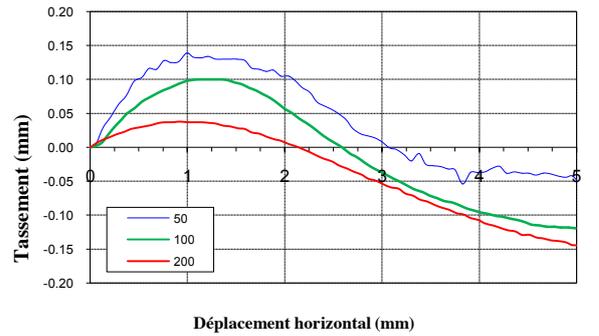
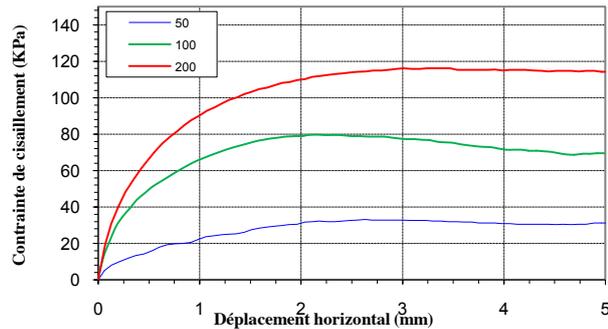
25 μ m/min

Masse volumique des particules solides

mesuré = \ kg/m^3
 estimé = 2700 kg/m^3

Identification des éprouvettes de sol

N°	initiale					finale		t_{100}	σ'	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ_{hi}	ρ_{di}	W_i	e_i	Sr_i	ρ_{df}	W_f			$\tau_{f,p}$	$\delta_{f,p}$	$\tau_{f,f}$	$\delta_{f,f}$
	kgm^{-3}	kgm^{-3}	%			kgm^{-3}	%			KPa	mm	KPa	mm
1	1968	1609	22.3	0.678	88.9	1626	20.0	0.6	50.0	33.1	2.6	31.1	5.0
2	2054	1679	22.3	0.608	99.2	1721	19.6	1.1	100.0	79.7	2.2	69.4	5.0
3	1959	1601	22.3	0.686	87.9	1771	18.3	3.3	200.0	116.1	3.0	114.2	5.0



RESULTATS

Résistance de pic	c'_p = 12 kPa
	Φ'_p = 27 °
Résistance à l'état final	c'_f = 3 kPa
	Φ'_f = 29 °

Date : 05/12/2013
 Rédacteur : CD

Observation: Comportement anormal de l'éprouvette N°2. Non prise en compte dans l'interprétation des résultats.

Date : 05/12/2013
 Vérificateur : AK

Version de PV : N° : 4 Date : 27/09/2013



Essai de cisaillement rectiligne à la boîte

Essai de Cisaillement direct (type CD : Consolidé Drainé)
(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-071-1)

Dossier n° : TEA13.0256
Chantier : LIANCOURT
Site : Lieu-dit Du Bois Bochet
Client : K20

Date des essais : 29/11/2013
Opérateur : CD
Température : 105 °C

Mode de prélt : Carottage
Date prélt : S41/S42
Réception n° : 2013.11.009

Matériau à l'essai

Sondage :	SK02
Prof. échantillon (m):	2.00-3.00
Prof. prélt (m) :	2.40-2.60
Description visuelle des sols :	Sable argileux marron

Profondeur du niveau d'eau = \ m Contrainte effective du sol en place : σ'_{v0} = 50 kPa

Caractéristiques de l'éprouvette

Hauteur = 22.0 mm Largeur = 60 mm

Vitesse de cisaillement

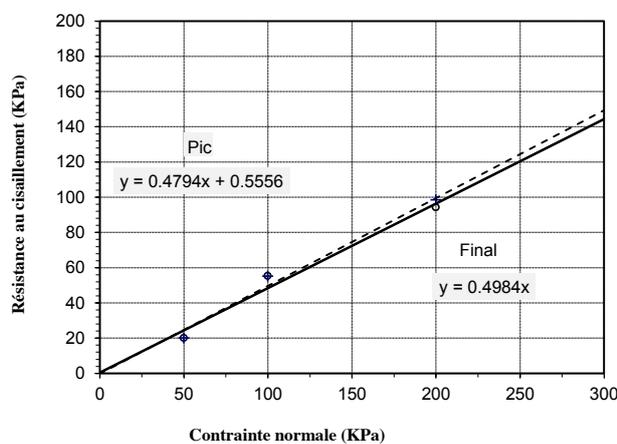
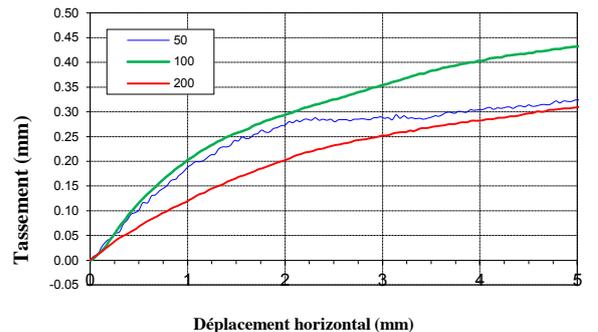
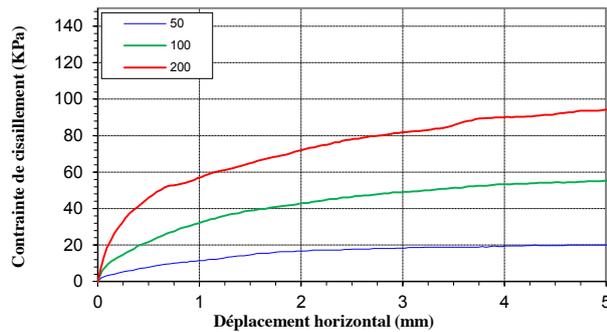
10 μ m/min

Masse volumique des particules solides

mesuré = \ kg/m^3
estimé = 2700 kg/m^3

Identification des éprouvettes de sol

N°	initiale					finale		t_{100}	σ'	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ_{hi}	ρ_{di}	W_i	e_i	Sr_i	ρ_{df}	W_f			$\tau_{f,p}$	$\delta l_{f,p}$	τ_{ff}	δl_{ff}
	kgm^{-3}	kgm^{-3}	%			kgm^{-3}	%						
1	1995	1607	24.1	0.680	95.9	1745	23.1	4.3	50.0	20.0	4.3	20.0	5.0
2	1948	1569	24.1	0.721	90.4	1754	22.3	7.1	100.0	55.3	5.0	55.0	5.0
3	1931	1556	24.1	0.736	88.6	1965	21.0	0.3	200.0	94.2	5.0	98.3	9.6



RESULTATS

Résistance de pic	$c'_p = 1$ kPa
	$\Phi'_p = 26$ °
Résistance à l'état final	$c'_f = 0$ kPa
	$\Phi'_f = 26$ °

Date : 03/12/2013 Observation :
Rédacteur : CD

Date : 06/12/2013
Vérificateur : AG

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : **/**
Date d'essai : **25/10/2013**
Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux**
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

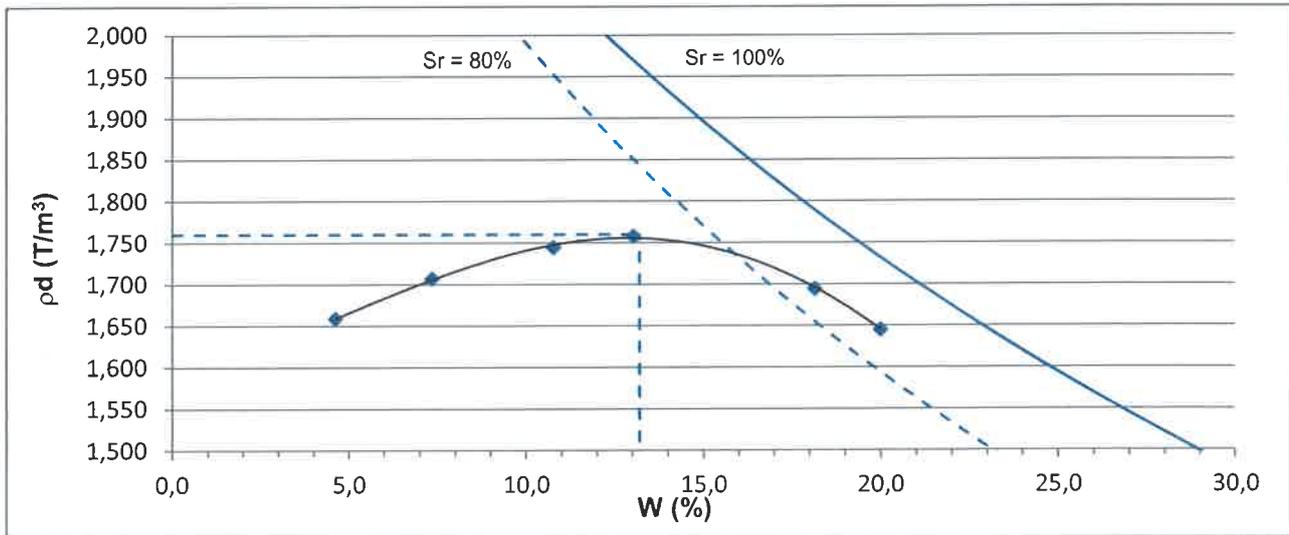
Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-093

Energie essai proctor Normal Moule proctor (A) Matériau naturel
 Modifié CBR (B) traité

Préparation du matériau Malaxage manuel Essai réalisé sur fraction 0/20 mm
 Malaxage mécanique 0/5 mm

W (%)	4,6	7,3	10,8	13,0	18,2	20,0
ρ_d (T/m ³)	1,659	1,707	1,744	1,758	1,694	1,645

Résultats		
sur fraction	0/20	0/D
W OPN (%)	13,2	13,2
ρ_d OPN (T/m ³)	1,760	1,760



Observations :

Trappes, le 04/11/2013

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
Responsable agence

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : /
Date d'essai : **29/10/2013**
Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux**
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

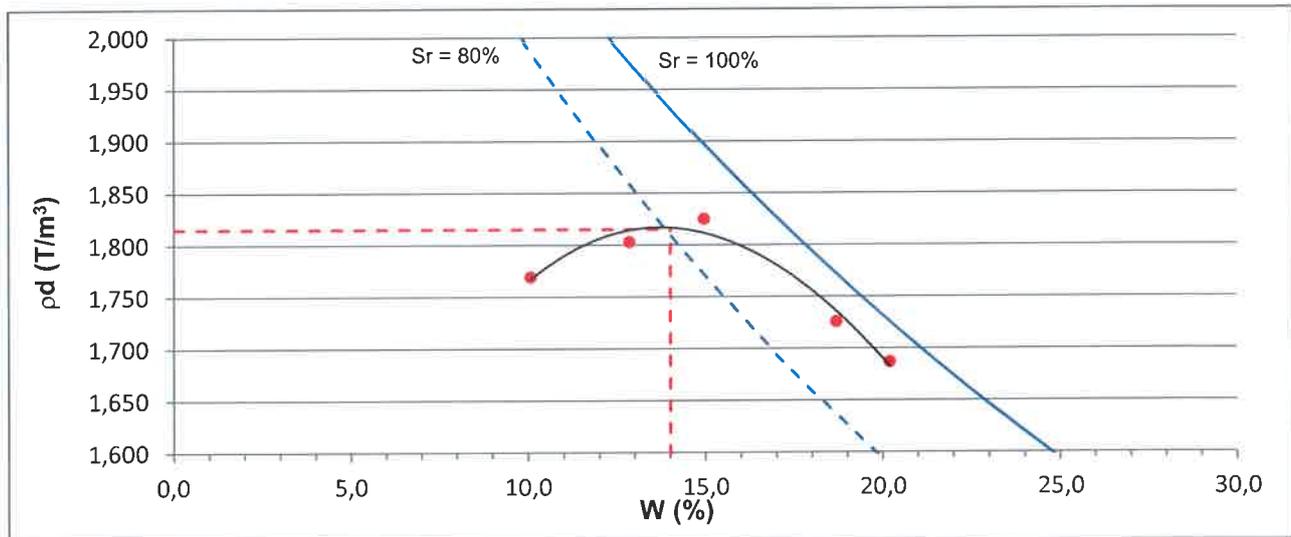
Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-093

Energie essai protor Normal Moule proctor (A) Matériau naturel
 Modifié CBR (B) traité

Préparation du matériau Malaxage manuel Essai réalisé sur fraction 0/20 mm
 Malaxage mécanique 0/5 mm

W (%)	10,1	12,8	15,0	18,7	20,2
ρ_d (T/m ³)	1,769	1,803	1,825	1,726	1,687

Résultats		
sur fraction	0/20	0/D
W OPN (%)	14,0	14,0
ρ_d OPN (T/m ³)	1,815	1,815



Observations : **2% de bentonite**

Trappes, le 04/11/2013

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
Responsable agence




La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Détermination des références de compactage d'un matériau

Client : **K20**
 Affaire : **LIANCOURT**
 Dossier n° : **13.W.4.0034**
 Echantillon n° : **/**
 Date d'essai : **30/10/2013**
 Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux**
 Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
 Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
 Sondage n° : **TH1**
 Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

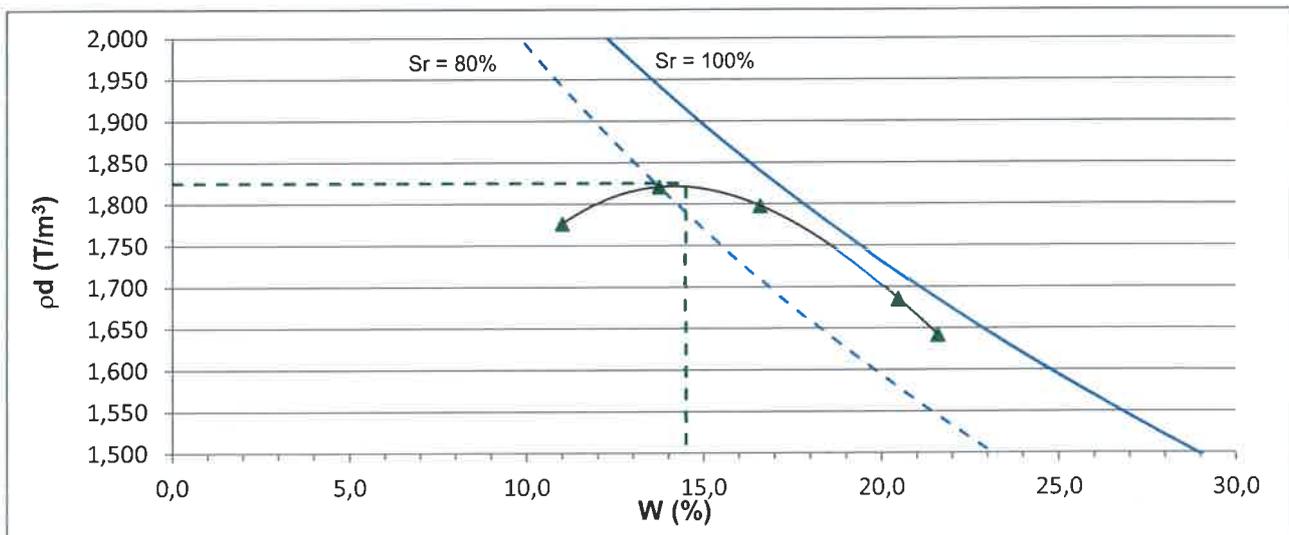
Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-093

Energie essai protor Normal Moule proctor (A) Matériau naturel
 Modifié CBR (B) traité

Préparation du matériau Malaxage manuel Essai réalisé sur fraction 0/20 mm
 Malaxage mécanique 0/5 mm

W (%)	11,0	13,7	16,6	20,5	21,6
ρd (T/m ³)	1,777	1,821	1,798	1,686	1,642

Résultats		
sur fraction	0/20	0/D
W OPN (%)	14,5	14,5
ρd OPN (T/m ³)	1,825	1,825



Observations : **4% de bentonite**

Trappes, le 04/11/2013

Stéphanie BOULET
 Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
 Responsable agence




La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : /
Date d'essai : **Semaine 44**
Opérateur : **SB**

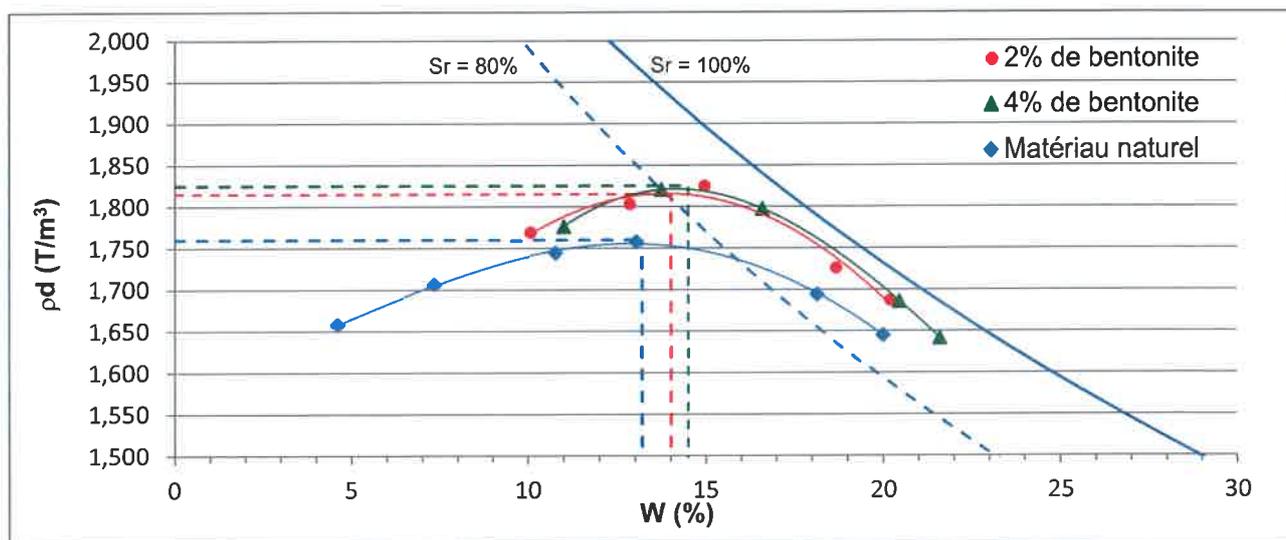
Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux**
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-093

Energie essai protor Normal Modifié Moule proctor (A) CBR (B) Matériau naturel traité

Préparation du matériau Malaxage manuel Malaxage mécanique Essai réalisé sur fraction 0/20 mm 0/5 mm

Résultats						
	Matériau naturel		Traité avec 2% de bentonite		Traité avec 4% de bentonite	
sur fraction	0/20	0/D	0/20	0/D	0/20	0/D
W OPN (%)	13,2	13,2	14,0	14,0	14,5	14,5
ρ_d OPN (T/m ³)	1,760	1,760	1,815	1,815	1,825	1,825



Observations :

Trappes, le 04/11/2013

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
Responsable agence

SB

[Signature]

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : /
Date d'essai : **25/10/2013**
Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux traité à 2% de bentonite**
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF X 30-441

Dmax (mm)	0/50 mm (%)	0/20 mm (%)	0/0,08 mm (%)	Classification du matériau NF P 11-300	Classe de qualité de prélèvement XP P 94-202
9	100	100	15,7	B5ts	3 - 4

Mesures brutes des charges

Δt (min)	h (m)	T°C (°C)	$kj_{20^\circ C}$ (m/s)
0	98,5	12	/
172	97,5	12	2,193E-10
435	96	12	2,185E-10
1426	87,5	12	3,069E-10
1741	86	12	2,881E-10
1911	85,3	12	2,782E-10
2889	79,3	12	2,773E-10
3211	78,4	12	2,626E-10
3313	78	12	2,60E-10
0	98,5	15	/
143	98,4	15	2,422E-11
1119	94,3	15	1,328E-10
1226	93,5	15	1,449E-10
1325	93,2	15	1,423E-10
1470	92,7	15	1,407E-10
1524	92,5	15	1,406E-10
1619	92	15	1,437E-10
2554	85,4	15	1,90E-10
2734	84	15	1,99E-10
2863	83,5	15	1,97E-10
2931	83,3	15	1,95E-10
2429	82,8	15	2,44E-10
6937	68	15	1,82E-10
0	98,5	15	/
45	97,7	15	6,18E-10
95	97,4	15	4,03E-10
143	97,1	15	3,41E-10
339	96,7	15	1,85E-10
464	96,4	15	1,58E-10
1319	93,5	15	1,35E-10

Δt (min)	h (m)	T°C (°C)	$kj_{20^\circ C}$ (m/s)
1525	92,5	15	1,40E-10
1695	92	15	1,37E-10
0	98,5	15	/
1035	90	15	2,97E-10

Caractéristiques de l'éprouvette

Hauteur H	116 mm
Diamètre D	152 mm
Masse volumique sèche ρ_d	1817 kg/m ³
Teneur en eau initiale W_i	14,3 %
Teneur en eau finale W_f	18,7 %
Degré de saturation initial S_{r_i}	82,8 %
Degré de saturation final S_{r_f}	100,0 %
Masse volumique des particules solides ρ_s estimée	2650 kg/m ³
mesurée	/ kg/m ³

Caractéristiques de l'essai

Différence de charge hydraulique	0,434 m
Durée de la phase de saturation	2 semaines
Contre-pression	/

Caractéristiques du liquide d'essai

Nature	Eau potable
Origine	Réseau
pH	8,1 à 11,8°C

Coefficient de perméabilité à 20 °C

$k_{20^\circ C} = 2,38E-10 \text{ m/s}$

Observations :

Trappes, le 09/01/2014

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
Responsable agence

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : **/**
Date d'essai : **08/01/2014**
Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux traité à 4% de bentonite**
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF X 30-441

Dmax (mm)	0/50 mm (%)	0/20 mm (%)	0/0,08 mm (%)	Classification du matériau NF P 11-300	Classe de qualité de prélèvement XP P 94-202
9	100	100	15,7	B5ts	

Mesures brutes des charges

Δt (min)	h (cm)	T°C (°C)	$k_{j20^\circ C}$ (m/s)
0	98,5	13	/
994	92	13	2,423E-10
1499	88,8	13	2,44E-10
2466	82,7	13	2,50E-10
2825	80,1	13	2,582E-10
2936	79,4	13	2,59E-10
3923	70,2	13	3,044E-10
4088	68,9	13	3,083E-10
0	98,5	13	/
159	96,2	13	5,244E-10
264	95,1	13	4,695E-10
1288	83	13	4,689E-10
1615	78,5	15	4,70E-10
1658	78	15	4,70E-10
4078	42	13	7,358E-10
4597	38,1	13	7,27E-10
5515	30,5	13	7,472E-10
5581	30	13	7,487E-10
5678	29,5	13	7,463E-10

Caractéristiques de l'éprouvette

Hauteur H	116 mm
Diamètre D	152 mm
Masse volumique sèche ρ_d	1755 kg/m ³
Teneur en eau initiale W_i	15,5 %
Teneur en eau finale W_f	17,7 %
Degré de saturation initial S_{r_i}	80,3 %
Degré de saturation final S_{r_f}	91,9 %
Masse volumique des particules solides ρ_s	estimée 2650 kg/m ³ mesurée / kg/m ³

Caractéristiques de l'essai

Différence de charge hydraulique	0,434 m
Durée de la phase de saturation	3 semaines
Contre-pression	/

Caractéristiques du liquide d'essai

Nature	Eau potable
Origine	Réseau
pH	8,48 à 13,9°C

Coefficient de perméabilité à 20 °C

$$k_{20^\circ C} = 4,69E-10 \text{ m/s}$$

Observations :

Trappes, le 30/01/2014

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
Responsable agence

Client : **K20**
Affaire : **LIANCOURT**
Dossier n° : **13.W.4.0034**
Echantillon n° : /
Date d'essai : **25/10/2013**
Opérateur : **SB**

Description du matériau : **Sable ocre légèrement argileux non traité**
Date de prélèvement : **Semaines 41 - 42**
Lieu de prélèvement : **Lieu-dit du Bois Bochet**
Sondage n° : **TH1**
Profondeur : **1,50 - 8,00 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF X 30-441

Dmax (mm)	0/50 mm (%)	0/20 mm (%)	0/0,08 mm (%)	Classification du matériau NF P 11-300	Classe de qualité de prélèvement XP P 94-202
9	100	100	15,7	B5ts	3 - 4

Mesures brutes des charges

Δt (min)	h (cm)	T°C (°C)	kJ _{20°C} (m/s)
0	98,5	14	/
44	6,5	14	2,123E-07
0	98,5	14	/
9,9	65,5	14	1,443E-07
24,1	33,5	14	1,559E-07
0	98,5	14	/
11	63,6	14	1,39E-07
0	98,5	14	/
13	79,5	14	5,77E-08
4,6	79,5	14	1,647E-07
15,8	46,6	14	1,654E-07
20,8	35,3	14	1,721E-07
24,6	27,5	14	1,805E-07
27,6	22,4	14	1,869E-07
35,8	9,7	14	2,239E-07
40,7	3,5	14	2,788E-07
0	98,5	14	/
3,2	83	14	1,86E-07
6,3	72	14	1,73E-07
9,6	62,1	14	1,68E-07
12,2	54,9	14	1,68E-07
16,6	43,5	14	1,72E-07
23,4	28,7	14	1,84E-07
28,2	20,5	14	1,94E-07
32	14,3	14	2,09E-07
96,0	8,5	14	8,80E-08
161,1	2,2	14	7,91E-08

Caractéristiques de l'éprouvette

Hauteur H	116 mm
Diamètre D	152 mm
Masse volumique sèche p _d	1786 kg/m ³
Teneur en eau initiale W _i	13,0 %
Teneur en eau finale W _f	17,0 %
Degré de saturation initial S _{r_i}	71,2 %
Degré de saturation final S _{r_f}	93,2 %
Masse volumique des particules solides p _s estimée	2650 kg/m ³
particules solides p _s mesurée	/ kg/m ³

Caractéristiques de l'essai

Différence de charge hydraulique	0,434 m
Durée de la phase de saturation	1 semaine
Contre-pression	/

Caractéristiques du liquide d'essai

Nature	Eau potable
Origine	Réseau
pH	8,48 à 13,9°C

Coefficient de perméabilité à 20 °C

k_{20°C} = 1,68E-07 m/s

Observations :

Trappes, le 17/01/2014

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Sandrine DALLASERRA
Responsable agence

ANNEXE EXTRAIT DE LA NORME AFNOR **SUR LES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE :**

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE TYPES

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques définies au chapitre 7.

Il appartient au maître d'ouvrage de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

ETAPE 1 : ETUDES GEOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)

Elle est nécessaire au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants ;
- Définir si nécessaire, un programme d'investigations géotechniques, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats ;
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation d'un projet au site et une première identification des risques.

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)

Elle est nécessaire au stade d'avant projet et permet de réduire les risques majeurs.

- Définir un programme d'investigations géotechniques détaillé, 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, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Elle est nécessaire pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les risques importants. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et doit être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

Phase Projet :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats ;
- Fournir les notes techniques donnant les méthodes d'exécution retenues pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants), certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet ;
- Fournir une approche des quantités / délais / coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des risques géologiques résiduels.

Phase Assistance aux Contrats de Travaux :

- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel) ;
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement à la charge de l'entrepreneur.

Phase Etude

- Définir si nécessaire un programme d'investigations géotechniques complémentaire, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats ;
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations et valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

Phase Suivi

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude ;
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (en assurer le suivi et l'exploitation des résultats) ;
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Elle permet de vérifier la conformité de l'étude et suivi géotechniques d'exécution aux objectifs du projet. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées ;

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder à une étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Il a pour objet d'étudier de façon strictement limitative un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques dans le cadre d'une mission ponctuelle.

- Définir si nécessaire, 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, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, suivi et supervision doivent être réalisées ultérieurement conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Etape	PHASE DE REALISATION DE L'OUVRAGE	MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	OBJECTIFS en terme de gestion des risques géologiques	Prestations d'investigations géotechniques
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Si nécessaire
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant projet (G12)	Réduction des risques majeurs	obligatoire
2	Projet Assistance Contrat Travaux	Étude géotechnique de projet (G2)	Réduction des risques importants	Si nécessaire
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Réduction des risques résiduels	Si nécessaire
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		
	Etude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ce ou ces éléments géotechniques	obligatoire

Annexe 5.

Données sur les mesures de perméabilités antérieures

Pontignac 1999

- reconnaître les zones de faible densité.

La Société SEMM a réalisé les diagraphies de ces sondages le 19 octobre 1999. Le rapport de mise en œuvre et les résultats sont présentés en **annexe 4**. La planche photographique n° 6 présente la mise en œuvre des diagraphies sur le sondage SC3 (parcelle Sud) et SC5 (parcelle Ouest).

Deux diagraphies ont été réalisées :

- la mesure de radioactivité naturelle à l'aide d'une sonde gamma de \varnothing 33 mm constituée d'un détecteur à l'iodure de sodium couplé à un photomultiplicateur servant principalement à identifier les niveaux argileux potassiques par apport aux calcaires, marnes et sables quartzeux qui sont dépourvus de potassium,
- la mesure de la densité de l'encaissant, à l'aide d'une sonde gamma/gamma de même diamètre, constituée d'une source de césium radioactif et d'un détecteur, servant principalement à localiser les zones de moindre densité : zone non saturée, zone excavée de diamètre plus important, zone fracturée et zone poreuse.

Les courbes de diagraphies présentent à gauche la densité, à droite le gamma naturel.

On note que les calcaires ont une densité ($d = 2,4$) supérieure à celle des argiles et des sables qui eux contiennent de l'eau ou de l'air.

- les sables cimentés lutétiens sont plus denses que les sables aquifères éocènes,
- les calcaires fracturés (SC5, SC6 et SC7) sont moins denses que les calcaires sains,
- les cavités dues à l'excès de circulation d'eau au cours de la foration, sont également très peu denses (absorption du rayonnement par l'eau).

2.2.5 Essais de perméabilité au double anneau

2.2.5.1 Essais de perméabilité au double anneau

Les formations superficielles ont fait l'objet d'infiltration au perméamètre à double anneau afin de déterminer leurs coefficients de perméabilité en vue d'un éventuel réemploi au cours de l'exploitation, par exemple pour la couverture des casiers.

Les essais ont été réalisés par le BRGM (note PIC 89/23), dont 4 sont situés sur les parcelles faisant l'objet de cette étude : les essais Kv1, Kv2 et Kv3 sont situés dans le secteur Sud, l'essai Kv4 dans la parcelle Ouest. Les résultats apparaissent dans le tableau suivant :

Tableau n° 4 : Coefficients de perméabilité en surface

Stations	Nature du sol testé	Temps de saturation Heures	K m/s Sol non compacté	K m/s Sol compacté
Kv1	Limon argileux brun rouge	2,5	$< 10^{-6}$	
Kv2	Limon argileux ocre	2,5 4	9.10^{-7}	$<10^{-7}$ (estimation)
Kv3	Limon argilo-sableux marron	17 15	7.10^{-7}	7.10^{-9}
Kv4	Limon argileux marron	3,5 21,5	2.10^{-6}	$1,4.10^{-8}$
Kv5	Sable argileux ocre	3 21	4.10^{-7}	$<3.10^{-9}$
Kv6	Limon argileux ocre	4 20	$4,3.10^{-7}$	$3,5.10^{-9}$
Kv7	Limon argileux marron ocre	6 16	$3,5.10^{-7}$	$< 3.10^{-9}$

Sur chacun des sites, deux essais ont été réalisés, d'abord sur une plate-forme simplement décapée de sa terre végétale, ensuite sur une plate-forme compactée à l'aide d'un rouleau vibrant en dix passages successifs dans un seul sens.

Les résultats indiquent que les limons argileux ou argilo-sableux naturels ont un coefficient de perméabilité légèrement inférieur à $K = 1.10^{-6}$ m/s et qu'un compactage diminue notablement le coefficient de perméabilité à des valeurs inférieures à $K = 1.10^{-8}$ m/s (voir tableau ci-dessus).

2.2.5.2 Essais de perméabilité en sondages

Des essais d'infiltration normalisés ont été réalisés en sondages afin de tester les formations géologiques situées au niveau de la barrière passive.

La localisation des lanternes a fait l'objet d'une concertation entre les intervenants pour tenir compte de la position du fond de forme et donc de l'altitude de la barrière passive.

Le tableau page suivante récapitule les données.

Les valeurs de perméabilité obtenues sur certains forages ont été pris en compte pour l'implantation géographique des exploitations ainsi que pour la profondeur des fonds de forme.

En particulier, les valeurs de perméabilité obtenues sur le sondage SC5 n'étant pas favorables (2 essais à 10^{-5} m/s), la zone autour de ce sondage a volontairement été écartée du projet.

Concernant le secteur Sud, tous les essais de perméabilité en sondages indiquent un coefficient de perméabilité inférieur ou égal $K < 1.10^{-6}$ m/s pour les 20 essais réalisés aussi bien dans les marnes et argiles que dans les calcaires. Tous les résultats de ces essais satisfont aux prescriptions réglementaires.

Pour le secteur Ouest, les essais réalisés concernent des niveaux situés largement en dessous de la barrière passive, comme nous le verrons dans le chapitre suivant. Les valeurs obtenues qui sont parfois supérieures à 1.10^{-6} m/s traduisent soit :

- un manque de saturation du niveau testé ou
- une fissuration des bancs permettant une infiltration latérale et non verticale.

Tableau n° 5 : Coefficients de perméabilité en sondages

N°	Altitude m NGF	Profondeur Base en m	Altitude Base en m	Nature de l'encaissant	Valeur de K en m/s
SC1	113,88	7	106,88	Calcaire grossier	$3,4 \cdot 10^{-7}$
		8,5	105,38	Calcaire fin et marne	$7,3 \cdot 10^{-8}$
		10	103,88	Marne blanche	$7,3 \cdot 10^{-8}$
		11,2	102,68	Marne gris vert	$1,8 \cdot 10^{-7}$
		11,8	102,08	Calcaire marneux crème	$1,7 \cdot 10^{-7}$
SC2	114,62	6	108,62	Calcaire blanc massif	$3,5 \cdot 10^{-7}$
		7	107,62	Calcaire massif et marne	$6,0 \cdot 10^{-7}$
		9	105,62	Marne blanc vert	$1,4 \cdot 10^{-7}$
		10	104,62	Marne blanche	$1,1 \cdot 10^{-7}$
		11	103,62	Argile blanc gris	$1,1 \cdot 10^{-7}$
SC3	118,15	8,5	109,65	Argile plastique brune	$8,7 \cdot 10^{-7}$
		10	108,15	Argile blanche à graviers	$7,3 \cdot 10^{-7}$
		11	107,15	Calcaire marneux	$2,0 \cdot 10^{-8}$
		12	106,15	Argile et calcaire	$3,5 \cdot 10^{-8}$
		15	103,15	Calcaire sableux blanc	$1,0 \cdot 10^{-6}$
SC4	116,95	9	107,95	Calcaire et argile	$6,8 \cdot 10^{-8}$
		11	105,95	Argile massive blanc crème	$1,7 \cdot 10^{-7}$
		12	104,95	Argile et calcaire	$6,5 \cdot 10^{-7}$
		13,5	103,45	Calcaire massif blanc	$3,6 \cdot 10^{-7}$
		14,5	102,45	Calcaire argilo-sableux	$2,1 \cdot 10^{-7}$
SC5	115,07	10	105,07	<i>Argile</i>	$1,7 \cdot 10^{-6}$
		11	104,07	<i>Calcaire beige massif</i>	$3,0 \cdot 10^{-5}$
		12	103,07	<i>Calcaire massif à coquilles</i>	$3,0 \cdot 10^{-5}$
		14	101,07	<i>Calcaire massif à coquilles</i>	$6,0 \cdot 10^{-5}$
		16	99,07	<i>Calcaire et marne beige</i>	$6,0 \cdot 10^{-6}$
SC6	116,53	10	106,53	Calcaire sableux beige	$3,0 \cdot 10^{-5}$
		11	105,53	Calcaire sableux et massif	$6,3 \cdot 10^{-5}$
		12	104,53	Marnes et caillasses	$2,1 \cdot 10^{-5}$
		13	103,53	Marne et calcaire marneux	$1,9 \cdot 10^{-7}$
		14	102,53	Argile	$4,8 \cdot 10^{-10}$
SC7	115,96	10,5	105,46	Calcaire dur en plaques	$3,7 \cdot 10^{-5}$
		11,5	104,46	Calcaire lité et massif	$1,7 \cdot 10^{-5}$
		14,5	101,46	Calcaire marneux blanc	$1,0 \cdot 10^{-6}$
		15,5	100,46	Marne sableuse blanche	$1,9 \cdot 10^{-5}$
		16,5	99,46	Argile verte et marne	$2,8 \cdot 10^{-7}$

Le sondage SC5, en italiques sur le tableau ci-dessus, ne fait plus partie des zones prévues pour l'exploitation.

2.2.5.3 Essais de perméabilité au laboratoire

Pour compléter les essais de perméabilité réalisés in situ en forage et mieux caractériser ainsi les formations argileuses de la barrière passive, plusieurs séries d'essais au laboratoire ont été réalisées.

Trois échantillons intacts et un échantillon remanié ont fait l'objet d'essais d'infiltration au laboratoire, sous la direction de Pontignac. Par ailleurs, dans le cadre de l'étude géotechnique des matériaux par la société Etudesol, plusieurs autres échantillons intacts ont été étudiés.

Les valeurs des coefficients de perméabilité obtenus sont reportées sur le tableau suivant :

Tableau n° 6 : Coefficients de perméabilité au laboratoire

Nature	Profondeur	Essai laboratoire	Valeur de K	Nature
SC1	11,00 à 11,35	Moule œdométrique	$1,2 \cdot 10^{-8}$	Marne grise
SC2	10,80 à 11,20	Moule œdométrique	$6,5 \cdot 10^{-8}$	Argile blanc gris
SC3	8,20 à 8,78	Moule œdométrique	$1,3 \cdot 10^{-10}$	Argile plastique
SC7	4,25 à 5,40	Moule CBR à 90 % OPN	$3,6 \cdot 10^{-10}$	Argile plastique
SC1	8,60 à 8,80	Moule œdométrique	$2,5 \cdot 10^{-8}$	Marne blanche
SC2	11,80 à 11,85	Moule œdométrique	$3,1 \cdot 10^{-7}$	Marne blanche
SC4	2,20 à 2,45	Moule œdométrique	$2,0 \cdot 10^{-7}$	Argile crème

On note que les argiles plastiques de Tumbrel qui représente un dépôt lacustre ont un coefficient de perméabilité très largement inférieur à celui des marnes et argiles du Lutétien (dépôt marin ou saumâtre).

Les deux valeurs obtenues sur ces argiles ayant un coefficient de perméabilité inférieur à $1 \cdot 10^{-9}$ m/s satisfont à la réglementation.

En conséquence, les argiles du secteur Ouest seront laissées en place de manière à constituer une partie de la barrière passive.

Les argiles blanches, vertes, crème et les marnes du Lutétien présentent des coefficients de perméabilité inférieurs à $1 \cdot 10^{-6}$ m/s et satisfont ainsi à la réglementation. Elles peuvent ainsi constituer une partie de la barrière passive.

Annexe 6.

Données géotechniques antérieures

Etudesol 1999

1.1 Cadre de l'étude

Dans le cadre du projet d'extension du centre d'enfouissement technique de classe 2 de la commune de Liancourt, SAFEGE a réalisé une modélisation des conditions de stabilité des différents profils envisagés.

Cette étude, correspondant à une étude préliminaire de conception, a été réalisée sur la base des documents fournis par FRANCE DECHETS :

- Plan des fonds de forme - FRANCE DECHETS - Novembre 1999 ;
- « Etude d'un sol prélevé par sondage » - Laboratoire de l'INSA Lyon - 1994 ;
- « Sondages géologiques SC1, SC2, SC3, SC4, SC6 et SC7 » - PONTIGNAC - Octobre 1999 ;
- « Tableau récapitulatif des essais en laboratoire » - ETUDESOL - Novembre 1999.

1.2 Hypothèses de calcul

1.2.1 Caractéristiques des sols

La campagne de reconnaissance a mis en évidence la succession lithologique suivante sur le site de l'extension ouest:

- Terre arable
- Argile sableuse
- Sable sec
- Sable saturé
- Alternance marne / calcaire

Différents essais ont été réalisés sur certains sols.

Les caractéristiques mécaniques des sols prises en compte dans les calculs sont celles présentées dans le document d'ETUDESOL. L'absence de données pour certains sols a conduit à adopter des valeurs usuelles.

Les valeurs adoptées sont les suivantes :

1. Déchets (sol n°1)
 - Angle de frottement effectif ϕ' = 25°
 - Cohésion effective c' = 10 kPa

- Poids volumique apparent γ = 10 kN/m³
2. Terre arable (sol n°2)
- Angle de frottement effectif ϕ' = 10°
 - Cohésion effective c' = 20 kPa
 - Poids volumique apparent γ = 20 kN/m³
3. Argile sableuse (sol n°3)
- Angle de frottement effectif ϕ' = 10°
 - Cohésion effective c' = 40 kPa
 - Poids volumique apparent γ = 20 kN/m³
4. Sable sec (sol n°4)
- Angle de frottement effectif ϕ' = 30°
 - Cohésion effective c' = 5 kPa
 - Poids volumique apparent γ = 20 kN/m³
5. Sable humide (sol n°5)
- Angle de frottement effectif ϕ' = 20°
 - Cohésion effective c' = 0 kPa
 - Poids volumique apparent γ = 20 kN/m³
6. Alternance argile/calcaire (sol n°6)
- Angle de frottement effectif ϕ' = 10°
 - Cohésion effective c' = 80 kPa
 - Poids volumique apparent γ = 18,8 kN/m³
7. Argile (sol n°7)
- Angle de frottement effectif ϕ' = 0°
 - Cohésion effective c' = 20 kPa
 - Poids volumique apparent γ = 15 kN/m³

1.1.2 Géométrie des talus

La stabilité des talus a été étudiée selon les profils les plus défavorables. Les coupes de ces profils figurent en annexe 1.

1.1.3 Données hydrauliques

Compte tenu de l'absence de nappe, aucune donnée hydraulique n'a été prise en compte.

1.3 Résultats

Compte tenu des hypothèses précédentes, deux types de calculs ont été menés pour chaque profil :

- L'un en phase terrassement : création de l'alvéole de stockage ;
- L'un en phase définitive : après mise en place des déchets.

Les cercles de glissement obtenus figurent en annexe 2.

Les coefficients de sécurité obtenus dans ces différents cas sont les suivants :

	Phase terrassement	Phase définitive
Extension Ouest	1,34 (fig. B-1)	1,46 (fig. B-2)

Nota : l'élargissement de la risberme au niveau du bassin de l'extension ouest conduit à un coefficient de sécurité plus élevé (1,53 au lieu de 1,46) (cf. fig. B-3).

1.4 Evaluation des tassements

La mise en place des déchets crée un chargement sur les différentes couches des sols.

Ces déchets sont mis en œuvre sur une couche d'argile de 2 m de hauteur. Cette argile est destinée à créer une couche imperméable, et est mise en place directement sur le calcaire. Aussi, le tassement du sol est-il limité aux tassements des argiles (le tassement de calcaire étant négligeable).

Ce tassement dépend :

- De la hauteur de la couche d'argile h ,
- De la surcharge $\Delta\sigma$,
- De l'indice des vides initial e_o ,
- De l'indice de compression C_c ,
- De la contrainte maximale subie par le sol σ'_c

Le tassement est obtenu par la formule :

$$\Delta h = \frac{h}{1 + e_o} \cdot C_c \cdot \log \frac{\sigma'}{\sigma'_c}$$

D'après les résultats des essais oedométriques effectués par le bureau ETUDESOL, les caractéristiques des argiles sont :

$$e_o = 0,770$$

$$C_c = 0,0242$$

$$\sigma'_c = 150 \text{ kPa}$$

- Soit, dans le cas de l'extension ouest, où la hauteur des déchets atteint 22 m :

$$h = 2 \text{ m}$$

$$\sigma' = \sigma'_0 + \Delta\sigma = 220 \text{ kN/m}^2$$

d'où un tassement Δh de :

$$\Delta h < 5 \text{ mm}$$

1.5 Conclusion

Il apparaît, au vu des données initiales et des résultats présentés au paragraphe 1.3, que le coefficient de sécurité est un peu faible sur le site de l'extension Ouest, mais reste supérieur à 1,3. La digue ne devrait donc pas présenter de problèmes de stabilité, mais la mise en place d'une pente plus faible augmenterait le coefficient de sécurité et assurerait une meilleure sûreté de l'ouvrage.

Quant aux tassements des argiles, ils sont minimes. Ce résultat était attendu compte tenu d'une part de la faible densité des déchets, et d'autre part des caractéristiques de consolidation des argiles élevées.

Cependant, nous sommes obligés d'émettre quelques réserves quant à la validité des résultats obtenus dans cette étude de conception, et ce pour les raisons suivantes :

- Les caractéristiques de certains sols ont été fixées d'après des valeurs usuelles et non à partir d'essais ;
- Aucun écoulement n'a été pris en compte, cette hypothèse est assez optimiste, mais est celle qui se rapproche le mieux des conditions réelles de nappe.

Aussi, a-t-on retenu les profils géométriques et lithologiques les plus pessimistes. Néanmoins, compte tenu des coefficients obtenus, tous supérieurs à 1,3, la sécurité vis à vis de la stabilité des talus peut être jugée suffisante.

TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS EN LABORATOIRE

LIANCOURT-SAINT-PIERRE

SAFEGE

REF. ECH.	PROF. PRELEV. (en mètre)	T. E.		DENSITE		LIMITES			Koed	VBS valeur au bleu	TRIAXIAL			OEDOMETRE
		W	%	γ_h	γ'	γ_d	Wl	Wp			Ip	C	ϕ	
					g/cm ³	%	%		m/s		Kpa	deg	Kpa	deg
SC5	2.0 m	29.2		18.35				###		*	3,2			
<i>LIMON ARGILEUX MARRON BRUN</i>														

ETUDESOL

Z. A. du Moulin à Vent Rue des Mares Julienne

91 380 CHILLY-MAZARIN

Tél. 01 69 34 43 90

Fax. 01 69 34 41 45

Bâtiment 304

Tél. (33) 72 43 87 91

Fax (33) 72 43 85 20

Courrier électronique :
geot@insa.insa-lyon.fr

ETUDE D'UN SOL PRELEVE PAR SONDAGE

Site de Liancourt

G.DIDIER

Ce rapport rend compte des résultats de l'étude réalisée au laboratoire à la demande de C.P.G.F. horizon sur des matériaux prélevés en sondage sur le site de Liancourt Saint Pierre.

Nous avons réceptionné en février 1994, deux tubes carottiers en PVC contenant un matériau argilo sableux avec quelques cailloux centimétriques et trois échantillons de graves marneuses en vrac dans des sacs plastique étanches.

I - IDENTIFICATION

I.1 . Argile sableuse (deux prélèvements):

- Prélèvement effectué entre 1,0m et 1,7m dans un tube carottier noté T1

Le sol argileux est hétérogène avec des passées sableuses et la présence de nombreux cailloux centimétriques (cf photo 1). Le tube étant endommagé à son extrémité (1 m), on a donc enlevé les 20 premiers centimètres.

La teneur en eau mesurée entre 1,20m et 1,25m est de 31,5%. Ce matériau de faible consistance (cf photo 2) a une densité sèche de 1,433.

Entre 1,25m et 1,55m la teneur en eau varie de 15,7% à 17,8%. La densité sèche mesurée entre 1,42m et 1,49m est de 1,812. Cet horizon est également saturé.

Les limites d'Atterberg sont les suivantes :

limite de liquidité $W_L = 32,5\%$

limite de plasticité $W_P = 16,7\%$

indice de plasticité $IP = 15,8$

L'indice de consistance IC est supérieur à 0,9.

La valeur de bleu est de 2,90

Ce sol sera classé Ap (argile peu plastique) d'après le diagramme de plasticité de Casagrande. Il serait classé A_{2h} suivant la nouvelle classification des matériaux. (guide technique LCPC - SETRA Sept. 92)

Prélèvement de 3,6m à 4,0m dans un tube carottier noté T2.

Le sol est très hétérogène avec des passages sableux.

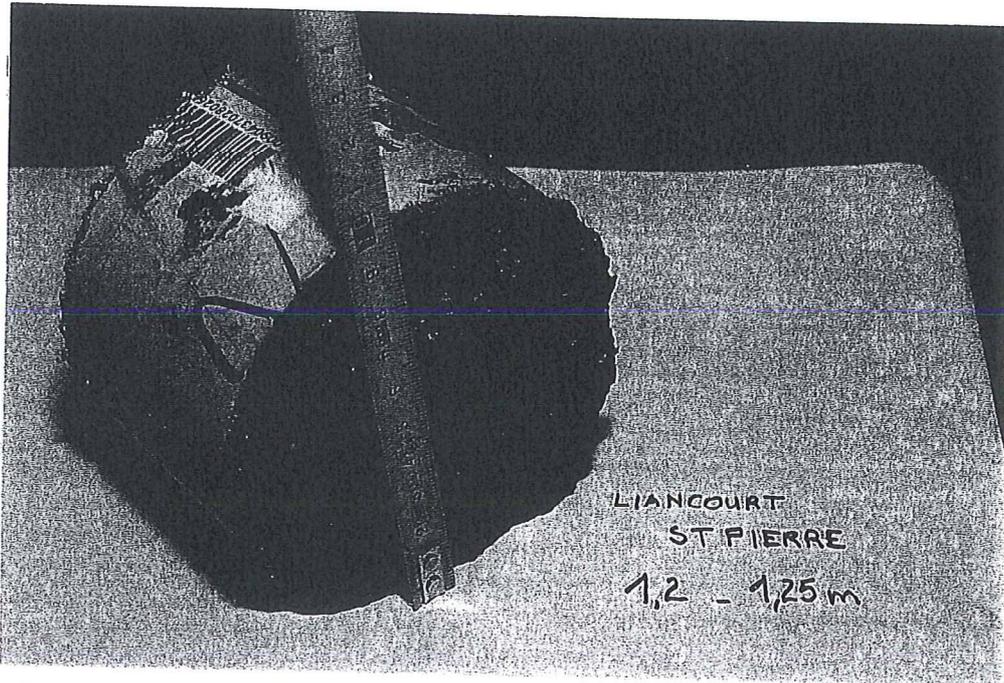


Photo 2

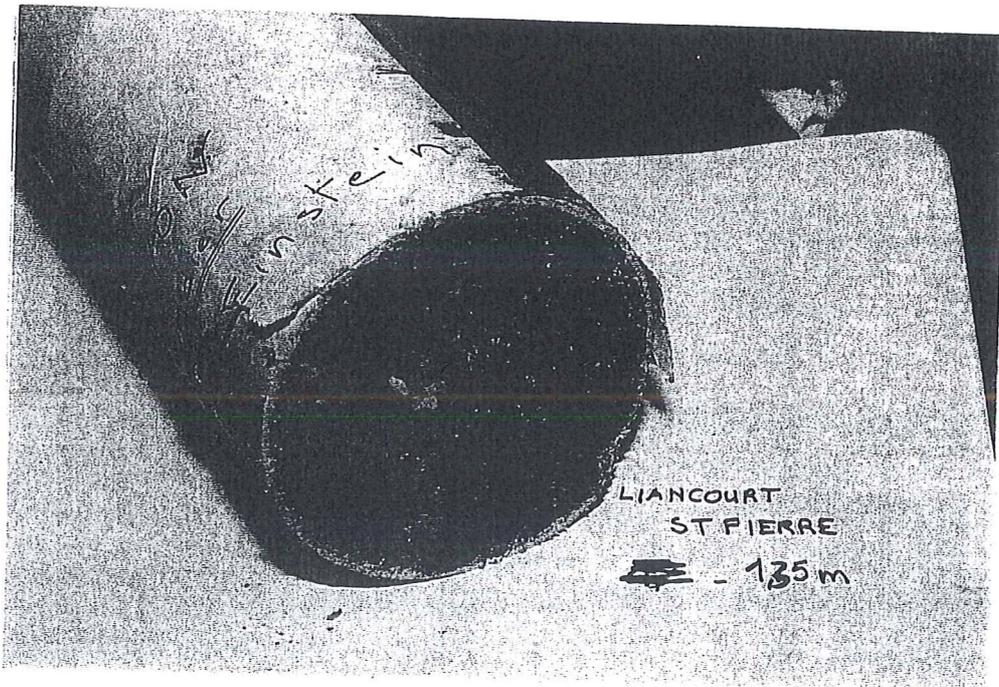


Photo 1

entre 3,80m et 3,85m la teneur en eau mesurée est de 20,2%. On observe la présence d'un bloc faisant 10cm sur sa plus grande longueur.

entre 3,70m et 3,80m la teneur en eau est de 27,0% et la densité sèche est de 1,498. Cet horizon est proche de la saturation.

Les limites d'Atterberg sont les suivantes:

limite de liquidité $W_L = 30,3\%$

limite de plasticité $W_P = 16,5\%$

indice de plasticité $IP = 13,8$

L'indice de consistance IC est inférieur à 0,9.

La valeur de bleu est de 2,30.

Ce sol sera classé Ap (argile peu plastique) d'après la classification de Casagrande. Il serait A_{2th} d'après la dernière classification des matériaux (guide technique LCPC - SETRA sept. 1992).

I.2. - Graves marneuses

Trois prélèvements ont été effectués:

- entre 9,0 et 9,7m noté S1,
- entre 11,80 et 12,35m noté S2,
- entre 12,6 et 13,5m noté S3.

La teneur en eau a été mesurée dès réception pour chaque échantillon. Certains éléments ont plus de 10 cm de diamètre.

Une granulométrie a été réalisée sur S1, S2 et S3. En général on demande pour cet essai un poids en g égal à $200 \times D$ (mm), D étant le diamètre des plus gros éléments. Dans le cas du sol S1, D est égal à 100 mm ce qui nécessite 20 kg de sol. Pour que la courbe granulométrique ait un sens nous avons mis à part le gros bloc de dimension 7cmx8cmx10cm pesant 556g, et nous avons effectué un tamisage à l'eau sur la partie restante (éléments inférieurs à 40mm), soit 2,5kg. Dans le cas des sols S2 et S3, D est compris entre 20 et 40mm, il faudrait donc 4 à 8kg de matériau. Nous avons utilisé la totalité du sol reçu, soit 2,5kg.

Les résultats des essais sont regroupés dans le tableau suivant:

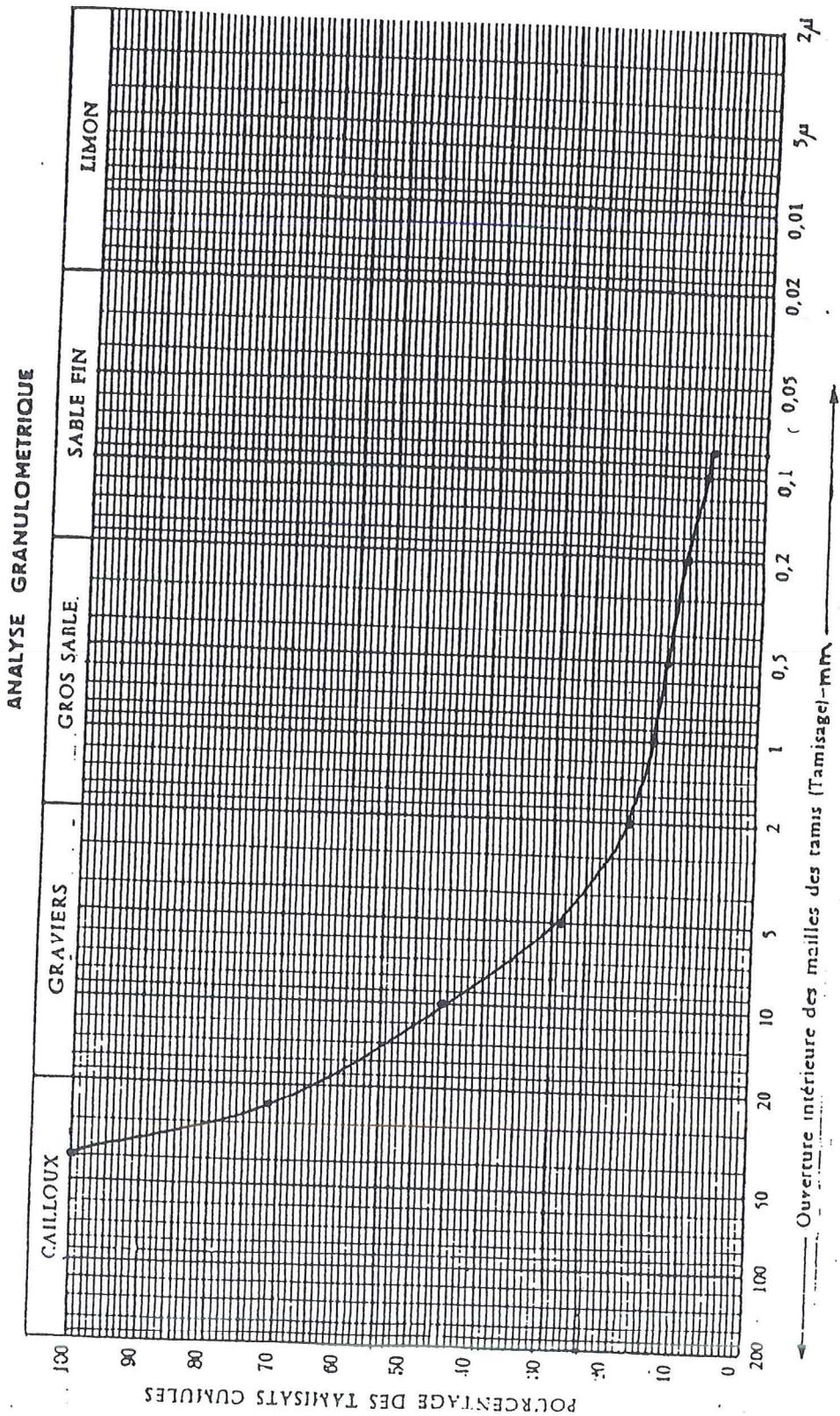


Figure 1 : courbe granulométrique réalisée sur le sol S1
(prélevé entre 9,0 et 9,7m)

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

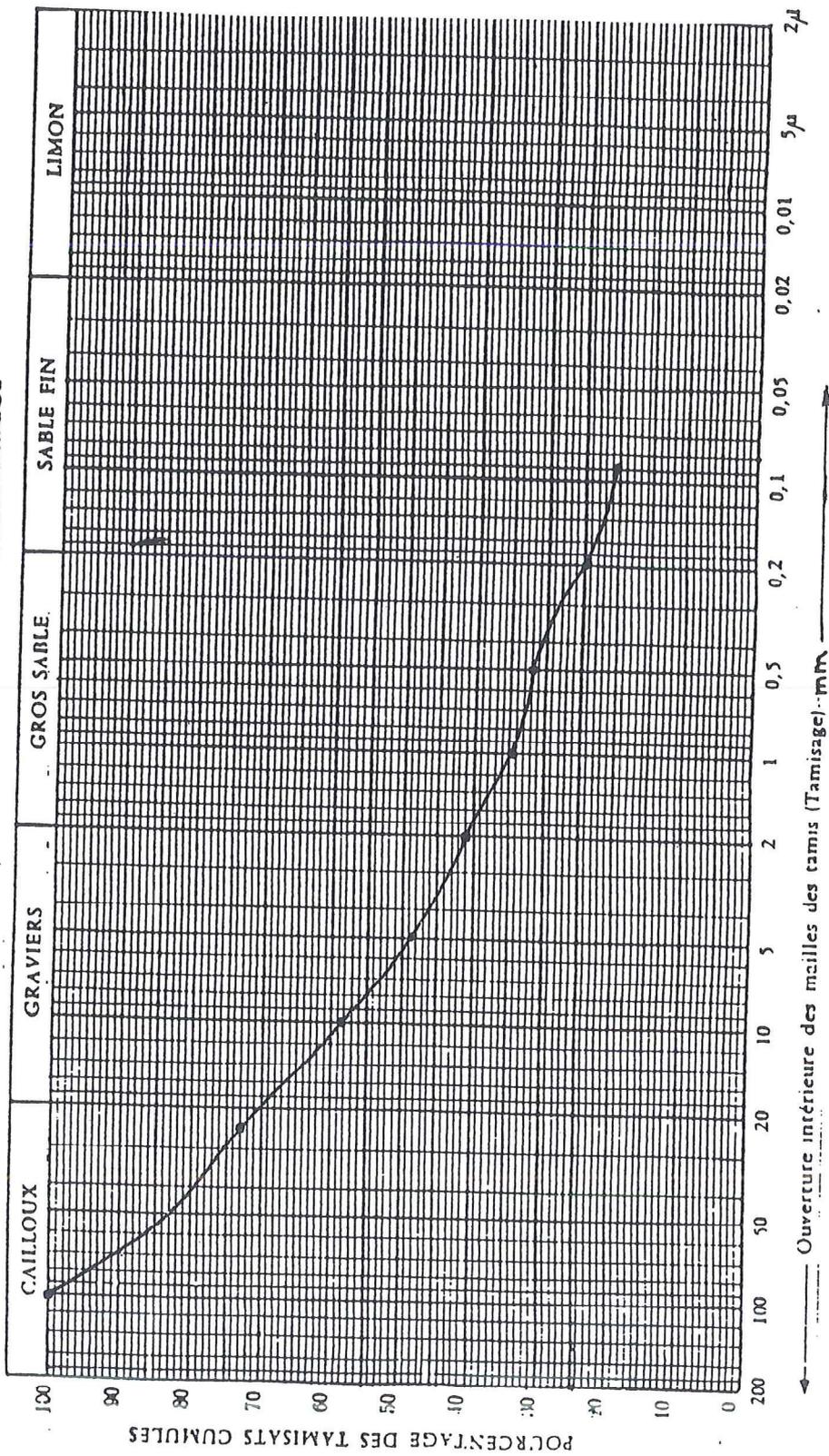


Figure 2 : courbe granulométrique réalisée sur le sol S2
(prélevé entre 11,80 et 12,35m)

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

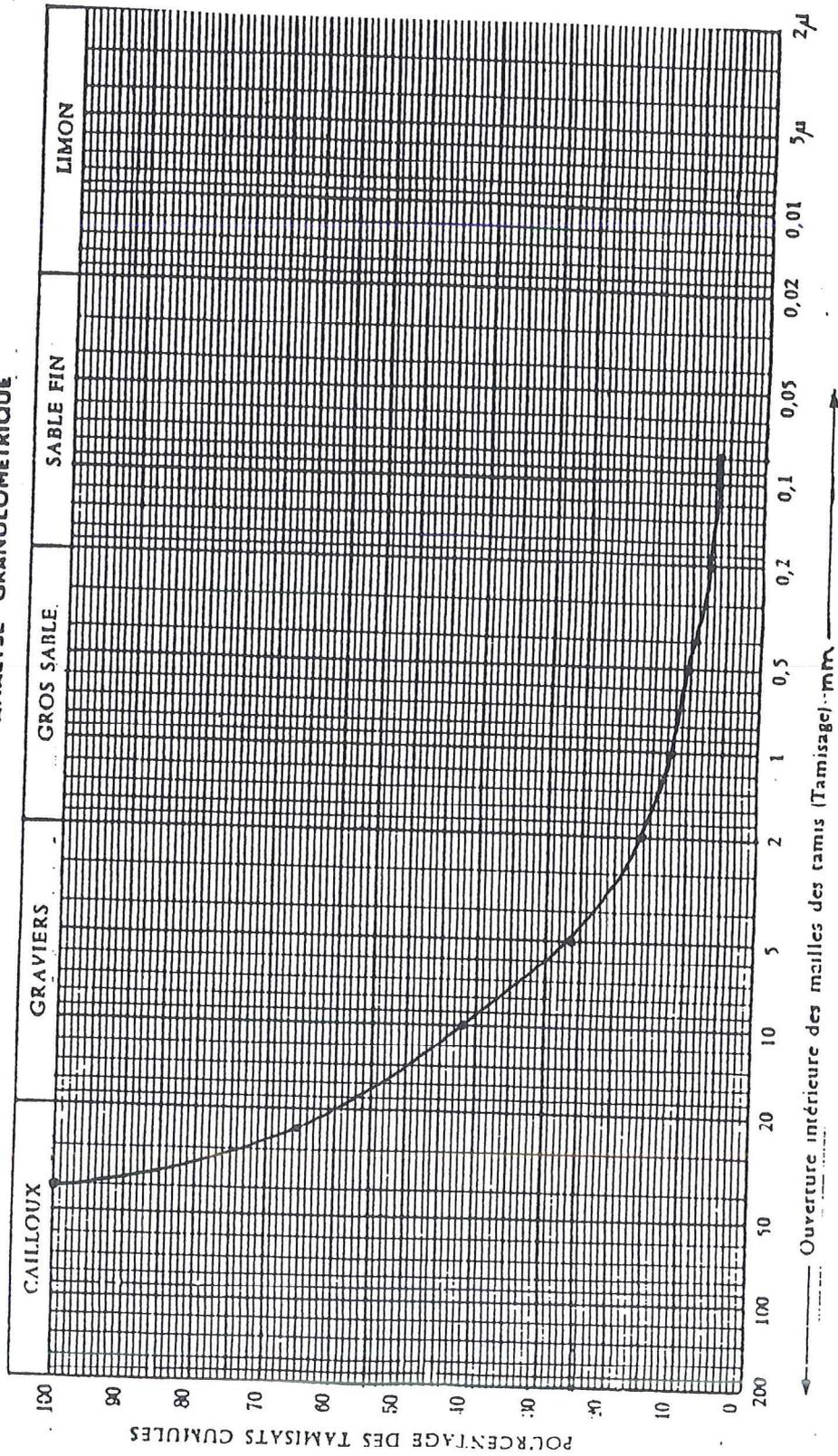


Figure 3 : courbe granulométrique réalisée sur le sol S3 (prélevé entre 12,6 et 13,5m)

échantillon	Wi (%)	>2mm (%)	<80 μ m (%)	Cu	Cc
S1	5,73	81,47	7,96	128	12
S2	18,03	58,85	20,79 (<90 μ m)	-	-
S3	9,80	83,71	6,36	40	3,6

- : D₁₀ indéterminé

Cu : coefficient d'uniformité ou de Hazen

Cc : coefficient de courbure

Les courbes granulométriques sont reproduites figures 1 à 3.

Le sol S2 contient plus d'éléments fins que les autres et on constate également que sa teneur en eau est nettement plus forte.

Les sols S1 et S3 seraient classés, suivant la classification des sols grenus, G_m, soit des graves propres et mal graduées. S2 serait classé grave argileuse (G_a) bien graduée.

II - COMPACTAGE - PERMEABILITE

Un essai de compactage a été réalisé sur le sol S1 sur la fraction inférieure à 5mm. Le moule utilisé a une hauteur de 5,9cm et un diamètre de 10,6cm.

Un essai de perméabilité a été effectué dans le moule du compactage sous une faible charge d'eau. La valeur du coefficient de perméabilité est de $6,9 \cdot 10^{-4}$ m/s pour un gradient de 12.

Des essais de perméabilité ont été réalisés sur trois échantillons intacts obtenus en prélevant dans les tubes carottiers à l'aide d'une trousse coupante de diamètre (ϕ) égal à 8,5cm. Le jeu radial entre l'échantillon ($\phi=8,5$ cm) et la bague du perméamètre ($\phi=9,0$ cm) a été comblé par un produit imperméable polymérisant rapidement. Après 7 jours de saturation sous une faible charge hydraulique, trois essais de perméabilité à des gradients différents ont été réalisés sur chaque échantillon.

Les caractéristiques des échantillons ainsi que les résultats obtenus sont reproduits dans le tableau suivant.

Echant. profondeur du sondage (m)	Wi (%)	K (m/s)	i
1,35 → 1,40 (T1)	15,7	$1,2 \cdot 10^{-10}$	62
1,49 → 1,56 (T1)	17,8	$4,4 \cdot 10^{-10}$	63
3,70 → 3,80 (T2)	27,0	$8,6 \cdot 10^{-10}$	60

III - CONCLUSION

On observe dans les sols réceptionnés deux niveaux distincts:

- Un premier argilo sableux hétérogène présente en trois points une perméabilité faible, inférieure à 10^{-9} m/s.

- Un second de graves mameuses ocre. Un essai de perméabilité effectué sur un échantillon remanié et recompacté au laboratoire donne un coefficient de perméabilité élevé de l'ordre de 10^{-3} m/s.

Fait à Villeurbanne le 24 février 1994



G.DIDIER

ANNEXE

Classe A

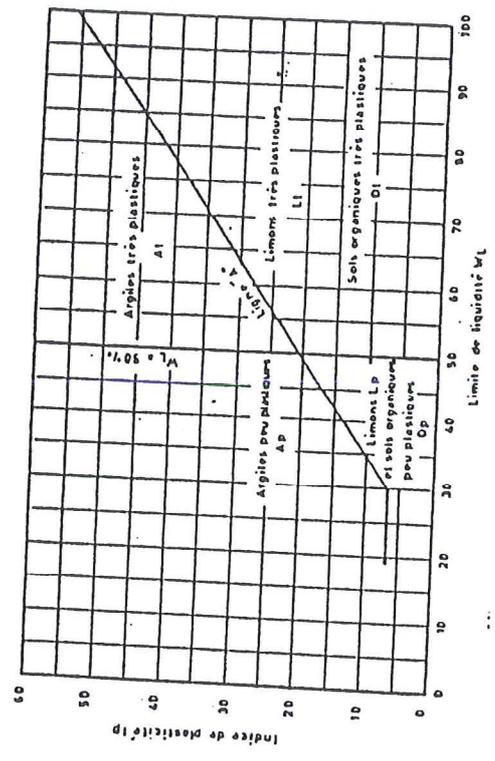
SOLS FINS

Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique																	
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe															
D _{max} ≤ 50mm et tamisat à 80µm > 35 %	A	VBS ≤ 2,5 ou I _p ≤ 12	A ₁ Lions peu plastiques, loess, silt alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques...	Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur w _n est proche de w _{opt} . Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement. Dans le cas de ces sols fins peu plastiques, il est souvent préférable de les identifier par la valeur de bleu de méthylène VBS, compte tenu de l'imprécision attachée à la mesure de l'Ip.	IPI ≤ 3 ou w _n ≥ 1,25 w _{opt} 3 < IPI ≤ 8 ou 1,10 w _{opt} ≤ w _n ≤ 1,25 w _{opt} 8 < IPI ≤ 25 ou 0,9 w _{opt} ≤ w _n < 1,10 w _{opt} 0,7 w _{opt} ≤ w _n < 0,9 w _{opt} w _n < 0,7 w _{opt}	A ₁ th A ₁ h A ₁ m A ₁ s A ₁ ts															
							12 < I _p ≤ 25 ou 2,5 < VBS ≤ 6	A ₂ Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes...	Le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée). Dès que l'Ip atteint des valeurs ≥ 12, il constitue le critère d'identification le mieux adapté.	IPI ≤ 2 ou Ic ≤ 0,9 ou w _n ≥ 1,3 w _{opt} 2 < IPI ≤ 5 ou 0,9 < Ic ≤ 1,05 ou 1,1 w _{opt} ≤ w _n < 1,3 w _{opt} 5 < IPI ≤ 15 ou 1,05 < Ic ≤ 1,2 ou 0,9 w _{opt} ≤ w _n < 1,1 w _{opt} 1,2 < Ic ≤ 1,4 ou 0,7 w _{opt} ≤ w _n < 0,9 w _{opt} Ic > 1,4 ou w _n < 0,7 w _{opt}	A ₂ th A ₂ h A ₂ m A ₂ s A ₂ ts										
												25 < I _p ≤ 40 ou 6 < VBS ≤ 8	A ₃ Argiles et argiles marnées, limons très plastiques...	Ces sols sont très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collants ou glissants à l'état humide, d'où difficulté de mise en œuvre sur chantier (et de manipulation en laboratoire). Leur perméabilité très réduite tend leurs variations de teneur en eau très lentes, en place. Une augmentation de teneur en eau assez importante est nécessaire pour changer notablement leur consistance.	IPI ≤ 10 ou Ic ≤ 0,8 ou w _n ≥ 1,4 w _{opt} 1 < IPI ≤ 3 ou 0,8 < Ic ≤ 1 ou 1,2 w _{opt} ≤ w _n < 1,4 w _{opt} 3 < IPI ≤ 10 ou 1 < Ic ≤ 1,15 ou 0,9 w _{opt} ≤ w _n < 1,2 w _{opt} 1,15 < Ic ≤ 1,3 ou 0,7 w _{opt} ≤ w _n < 0,9 w _{opt} Ic > 1,3 ou w _n < 0,7 w _{opt}	A ₃ th A ₃ h A ₃ m A ₃ s A ₃ ts					
																	I _p > 40 ou VBS > 8	A ₄ Argiles et argiles marnées, très plastiques...	Ces sols sont très cohérents et presque imperméables : s'ils changent de teneur en eau, c'est extrêmement lentement et avec d'importants retraits ou gonflements. Leur emploi en remblai ou en couche de forme n'est normalement pas envisagé mais il peut éventuellement être décidé à l'appui d'une étude spécifique s'appuyant notamment sur des essais en vraie grandeur.	Ic > 1,3 ou w _n < 0,7 w _{opt}	A ₄ th A ₄ h A ₄ m A ₄ s

Les paramètres inscrits en caractères gras sont ceux dont le choix est à privilégier.

CLASSIFICATION DES SOLS GREUS (plus de 50 % des éléments > 0,08 mm)				
Définitions	Symboles	Conditions	Appellations	
GRAVIER Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre > 2 mm	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm moins de 5 % d'éléments > 0,08 mm	$C_u = \frac{D_u}{D_m} > 4$ et $C_c = \frac{(D_u)^2}{D_m \times D_m}$ compris entre 1 et 3	grave propre bien graduée	
		Une des conditions de Gb non satisfaite	grave propre mal graduée	
	Plus de 12 % d'éléments > 0,08 mm	CL (GM)	Limite d'Atterberg au-dessous de A	grave limonneuse
		GA (GC)	Limite d'Atterberg au-dessous de A	grave argileuse
SABLE Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre > 2 mm	Plus de 5 % d'éléments > 0,08 mm moins de 5 % d'éléments > 0,08 mm	$C_u = \frac{D_u}{D_m} > 6$ et $C_c = \frac{(D_u)^2}{D_m \times D_m}$ compris entre 1 et 3	sable propre bien gradué	
		Une des conditions de Sb non satisfaite	sable propre mal gradué	
	Plus de 12 % d'éléments > 0,08 mm	SL (SM)	Limite d'Atterberg au-dessous de A	sable limonneux
		BA (SC)	Limite d'Atterberg au-dessous de A	sable argileux

Lorsque 5 % < % inférieur à 0,08 mm < 12 % → on utilise un double symbole.



Abaque de Plasticité de CASAGRANDE

Tableau 1

(Réf. : ch. SCHÖR, Bul. Liaison Labo. F. et Ch. n° 16, 1965)

Annexe 7.

Note d'équivalence de la barrière passive

ACG Environnement, 2015



SITA ILE DE FRANCE

EXTENSION DE L'ISDND DE LIANCOURT-SAINT-PIERRE (60)

NOTE D'EQUIVALENCE DE LA BARRIERE PASSIVE

Ref. 2015/10/E49-2/V3

Octobre 2015

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	1
1.1	PRESENTATION DE L'ETUDE	1
1.2	CONTENU DE LA NOTE D'EQUIVALENCE	2
1.3	RAPPELS REGLEMENTAIRES	2
1.3.1	<i>Réglementation française et européenne</i>	2
1.3.2	<i>Distinctions entre barrières active et passive</i>	3
1.3.3	<i>L'équivalence</i>	3
1.4	DOCUMENTS CONSULTES	4
2	NOTE D'EQUIVALENCE.....	5
2.1	RAPPELS SUR LE CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU SITE	5
2.1.1	<i>Contexte géologique et structural</i>	5
2.1.1.1	Contexte régional.....	5
2.1.1.2	Contexte local.....	6
2.1.1.3	Géologie du site.....	8
2.1.2	<i>Contexte hydrogéologique</i>	14
2.1.2.1	Données générales	14
2.1.2.2	Contexte local.....	14
2.1.2.3	Définition des plus hautes eaux.....	17
2.1.3	<i>Perméabilités de la barrière passive</i>	18
2.1.3.1	Données existantes.....	18
2.1.3.1	Résultat des essais de perméabilité	18
2.1.3.2	Conformité et représentativité des essais de perméabilité	21
2.1.4	<i>Cible</i>	22
2.1.5	<i>Justification de l'équivalence</i>	22
2.1.5.1	Constat	22
2.1.5.2	Exigences à remplir pour la structure de la barrière passive.....	23
2.1.6	<i>Schéma conceptuel</i>	24
2.2	PROJET DE RECONSTITUTION DE LA BARRIÈRE PASSIVE.....	24
2.2.1	<i>Altitude minimale préconisée</i>	24
2.2.2	<i>Zone la plus pénalisante</i>	25
2.2.3	<i>Barrière passive en fond</i>	25
2.2.3.1	Structure.....	25
2.2.3.2	Évaluation quantitative (calcul d'équivalence).....	26
2.2.4	<i>En flanc</i>	28
2.2.4.1	Structure.....	28
2.2.4.2	Évaluation qualitative	29
2.2.5	<i>Prescriptions de mise en œuvre et de contrôle des matériaux</i>	30
2.2.5.1	GSB.....	30
2.2.5.2	Couche à 10^{-9} m/s.....	31
3	AVIS SUR LA CONFORMITE DE LA BARRIERE EQUIVALENTE PROPOSEE	33
4	ANNEXES : NOTES DE CALCUL (MISP_V1).....	35
4.1	HYPOTHESES DE CALCUL.....	35
4.2	ECRITURE MATHEMATIQUE	36
4.3	PARAMETRAGE DU MODELE ANALYTIQUE MISP_V2.....	37

LISTE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1. LOCALISATION DE LA ZONE D'EXTENSION (ACG ENVIRONNEMENT).....	1
FIGURE 2. STRUCTURE GEOLOGIQUE REGIONALE (BRGM 1/1 000 000).....	5
FIGURE 3. COUPE GÉOLOGIQUE LOCALE (SAFEGE 1999).....	6
FIGURE 4. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL (BRGM).....	7
FIGURE 5. SONDAGES GEOLOGIQUES SUR LA ZONE D'EXTENSION (ACG ENVIRONNEMENT).....	9
FIGURE 6. TOIT DES CALCAIRES DU LUTETIEN (ACG ENVIRONNEMENT).....	11
FIGURE 7. TOIT DES MARNES ET CAILLASSES (ACG ENVIRONNEMENT).....	12
FIGURE 8. COUPES GEOLOGIQUES DU SITE.....	13
FIGURE 9. AEP ET PIEZOMETRIQUE DE REFERENCE (ACG ENVIRONNEMENT).....	15
FIGURE 10. ESQUISSE PIEZOMETRIQUE LOCALE (ACG ENVIRONNEMENT).....	16
FIGURE 11. PLUS HAUTES EAUX DE LA NAPPE (ACG ENVIRONNEMENT).....	17
FIGURE 12. SCHÉMA CONCEPTUEL.....	24
FIGURE 13. ALTITUDE MINIMALE DU TOIT DE LA BARRIÈRE PASSIVE RECONSTITUÉE (ACG ENVIRONNEMENT).....	25
TABLEAU 1. ESSAIS DE PERMEABILITE ANTERIEURS.....	20
TABLEAU 2. ESSAIS DE PERMEABILITE 2013.....	21
TABLEAU 3. VALEURS DE PERMEABILITES RETENUES.....	21
TABLEAU 4. SCENARI I EN FOND DE SITE.....	26
TABLEAU 5. RESULTATS DE LA SIMULATION POUR LE FOND AVEC MISP_V2.....	28
TABLEAU 6. SYNTHESE DES ELEMENTS DE CONFORMITE DE LA BARRIÈRE PASSIVE.....	34

1 Introduction

1.1 Présentation de l'étude

L'étude, présentée ci-après, entre dans le cadre du projet d'extension de l'ISDND de Liancourt-Saint-Pierre (60). Le site étudié est localisé au Sud-est immédiat de l'ICPE, au nord du Bois du Bochet au lieu lieu-dit « *sous le Bochet* » (Cf. *figure 1*).

Elle concerne la note d'évaluation de l'équivalence en étanchéité passive des fonds et flancs de l'installation de stockage.

L'équivalence se justifie par l'absence partielle de l'horizon semi perméable (5 m à $k < 10^{-6}$ m/s).

L'étude, présentée ci-après, a été réalisée conformément au « *Guide de recommandations pour l'évaluation de l'équivalence en étanchéité passive d'installations de stockage de déchets* », version 2 de février 2009.

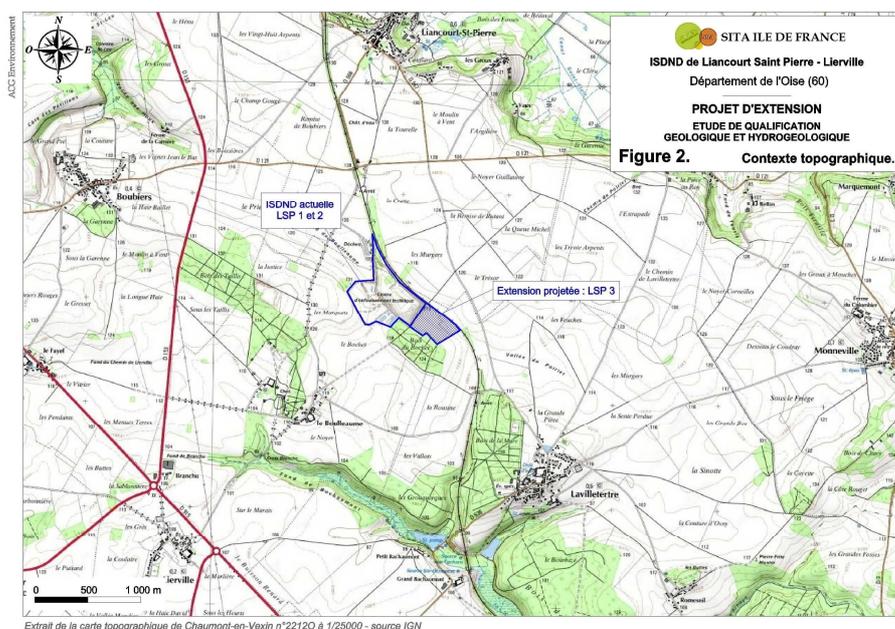


Figure 1. Localisation de la zone d'extension (ACG Environnement).

1.2 Contenu de la note d'équivalence

Le guide précise que « Les principaux éléments nécessaires à la rédaction de la note justificative [...]... comprennent notamment les contextes géologiques et hydrogéologiques, ainsi que la vulnérabilité des cibles potentielles. Les conditions de mise en œuvre et les caractéristiques des matériaux rapportés (GéoSynthétique Bentonitique GSB, ou autre), doivent être décrits et argumentés. Ces éléments doivent permettre d'apprécier le niveau de protection offert par le dispositif équivalent ».

Le guide précise ensuite que dans certains cas, il faut réaliser : « une évaluation quantitative ou semi-quantitative de l'impact sur les eaux souterraines au droit du site, pour la configuration de barrière proposée, comparé à celui obtenu pour la barrière réglementaire ». « A noter qu'une évaluation quantitative (calcul) de l'impact potentiel sur une ressource en eau souterraine n'est pas obligatoire dans tous les cas de figure, notamment s'il y a absence avérée de ressource en eau souterraine vulnérable ».

L'essentiel de cette note s'appuie sur les éléments concrets tirés de l'étude de qualification géologique et hydrogéologique n° 2015/10/E49/V3 réalisée par ACG Environnement et de l'étude de stabilité des flancs réalisée par TECHNOSOL.

1.3 Rappels réglementaires

1.3.1 Réglementation française et européenne

L'article 11 de l'arrêté du 9 septembre 1997, modifié le 19 janvier 2009, relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, précise que :

« La barrière de sécurité passive est constituée du terrain naturel en l'état. Le fond de forme du site présente, de haut en bas, une perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s sur au moins 1 mètre et inférieure à 1.10^{-6} m/s sur au moins 5 mètres. Les flancs sont constitués d'une couche minérale d'une perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s sur au moins 1 mètre.

« Lorsque la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente. L'épaisseur de la barrière ainsi reconstituée ne doit pas être inférieure à 1 m pour le fond de forme et à 0,5 mètre pour les flancs jusqu'à une hauteur de deux mètres par rapport au fond. En tout état de cause, l'étude montrant que le niveau de protection sur la totalité du fond et des flancs de la barrière reconstituée est équivalent aux exigences fixées au premier alinéa, figure dans le dossier de demande d'autorisation.

Les dispositions de la Directive du Conseil n°1999>/31/CE du 26 avril 1999, précisent le même dispositif de reconstitution :

« La base et les côtés de la décharge doivent être constitués d'une couche minérale répondant à des exigences de perméabilité et d'épaisseur dont l'effet combiné ; en termes de protection du sol, est au moins équivalente à celui résultant des exigences suivantes :

**Décharges pour déchets non dangereux : $k < 1,0 \cdot 10^{-9}$ m/ ; épaisseur $>1m$ »*

1.3.2 Distinctions entre barrières active et passive

En France, le stockage des déchets s'appuie sur le principe de barrières multiples offrant deux niveaux de sécurité complémentaires et superposés.

La barrière supérieure est dite « active », car il s'agit d'un dispositif d'étanchéité et de drainage des lixiviats collectés en fond de casiers sur une géomembrane en Polyéthylène Haute Densité (PeHD) et par un massif drainant.

La barrière inférieure est dite « passive », car il s'agit du milieu géologique naturel constitué par des matériaux peu perméables en place ou rapportés.

Comme la barrière active n'a pas vocation de fonctionner *ad vitam aeternam*, la barrière passive est là pour suppléer celle active à un moment où la majorité de la charge polluante aura été traitée.

1.3.3 L'équivalence

La note d'équivalence ne prend en compte que les éléments constitutifs de la barrière passive. Elle ne concerne pas la barrière active.

La cible étant l'aquifère et l'eau souterraine qu'il contient, l'objectif de l'évaluation de l'équivalence est le suivant :

« Toutes choses étant égales par ailleurs, est-ce que la configuration proposée pour la barrière passive procure un niveau de protection équivalent à celui que procure la réglementation (= 1m à 10^{-9} m/s sur 5 m à $1 \cdot 10^{-6}$ m/s) ? »

L'équivalence est ainsi définie dans le guide de référence :

« Deux barrières d'étanchéité passive seront considérées comme « équivalentes » lorsqu'elles assurent un même niveau de protection en termes d'impact potentiel d'une installation de stockage sur une ressource en eau souterraine. »

1.4 Documents consultés

[P1]	Etude de qualification géologique, hydrogéologique, hydrologique et géotechnique du projet d'extension de l'ISDND de Liancourt-Saint-Pierre (60). Rapport 2015/10/E49/V3. ACG Environnement, oct. 2015. 107 p. + 9 annexes
[D1]	Guide de recommandations pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets. MEEDAT, Version 2, 50 p., février 2009
[D2]	Recommandations sur la caractérisation de la perméabilité des barrières d'étanchéité des installations de stockage de déchets. BRGM : RP-53721-FR, 59 p., juin 2005
[D3]	Intercomparaison des méthodes de mesure des faibles perméabilités. <i>Synthèse. Guide technique ADEME, 69 p., + 6 annexes, 1999.</i>
[D4]	Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par Géosynthétiques Bentonitiques. CFG, fascicule n°12, 56p., 1998.
[D5]	Cahier technique sur les centres de stockage de déchets ménagers et assimilés. ADEME, 105p. 1998.

2

Note d'équivalence

2.1 Rappels sur le contexte géologique et hydrogéologique du site

2.1.1 Contexte géologique et structural

2.1.1.1 Contexte régional

Le projet est localisé en terminaison septentrionale du Vexin (voir [figure 1](#) ci-dessous) caractérisé par une région de plateaux calcaires entaillés par les cours d'eau. Les formations tertiaires qui forment le Vexin sont majoritairement sableuses à la base (sable de Cuise), marno-calcaires en son cœur (calcaires du Lutétien et Marnes et Caillasses) et sableuses au sommet (sables de Beauchamp).

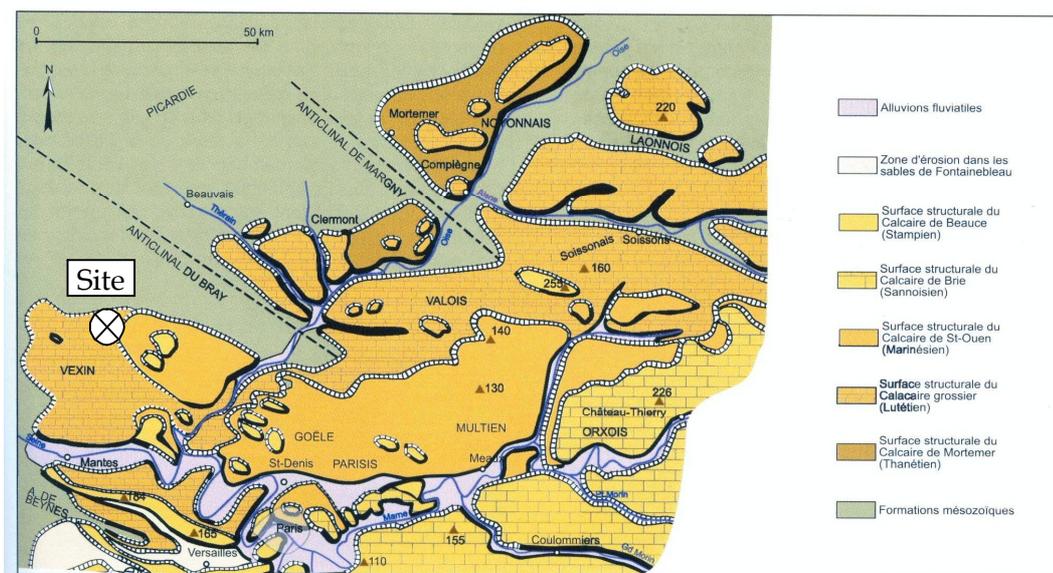


Figure 2. Structure géologique régionale (BRGM 1/1 000 000).

2.1.1.2 Contexte local

Le contexte local est illustré par la coupe et la carte géologique (figure 3 et figure 4).

La coupe géologique fait apparaître les éléments suivants :

- Les buttes au sommet du plateau sont formées par les sables bartoniens (sables de Beauchamp, e6) ;
- Sous un plaquage de limons quaternaires (LP), le substratum géologique local est formé par 8 à 12 m de Marnes et Caillasses (e5c) ;
- L'assise structurale est constituée du Calcaire Grossier du Lutétien (e5b) qui se développe sous les Marnes et Caillasses (10 à 15 m) ;
- En flanc de vallée, affleurent les sables calcaires du Lutétien (e5a) puis les Sables de Cuise (e4). *Les sables de Cuise sont à environ 70 m NGF sous le site soit une profondeur de plus de 40 m ;*
- Sous ces formations sableuses, on retrouve les argiles du Sparnacien (e3) qui forment un écran imperméable continu.

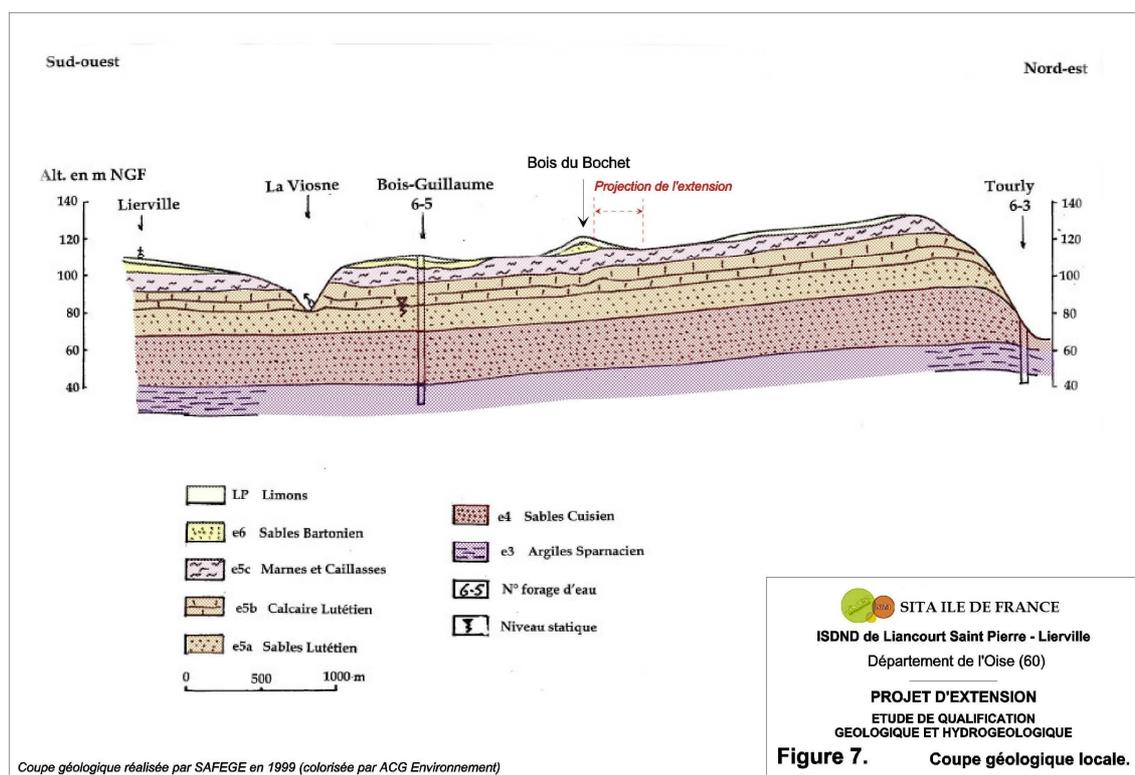


Figure 3. Coupe géologique locale (SAFEGE 1999).

Comme précisé dans l'étude de qualification, les Marnes et Caillasses sont donc bien les formations les plus aptes à former la barrière de sécurité passive du site.

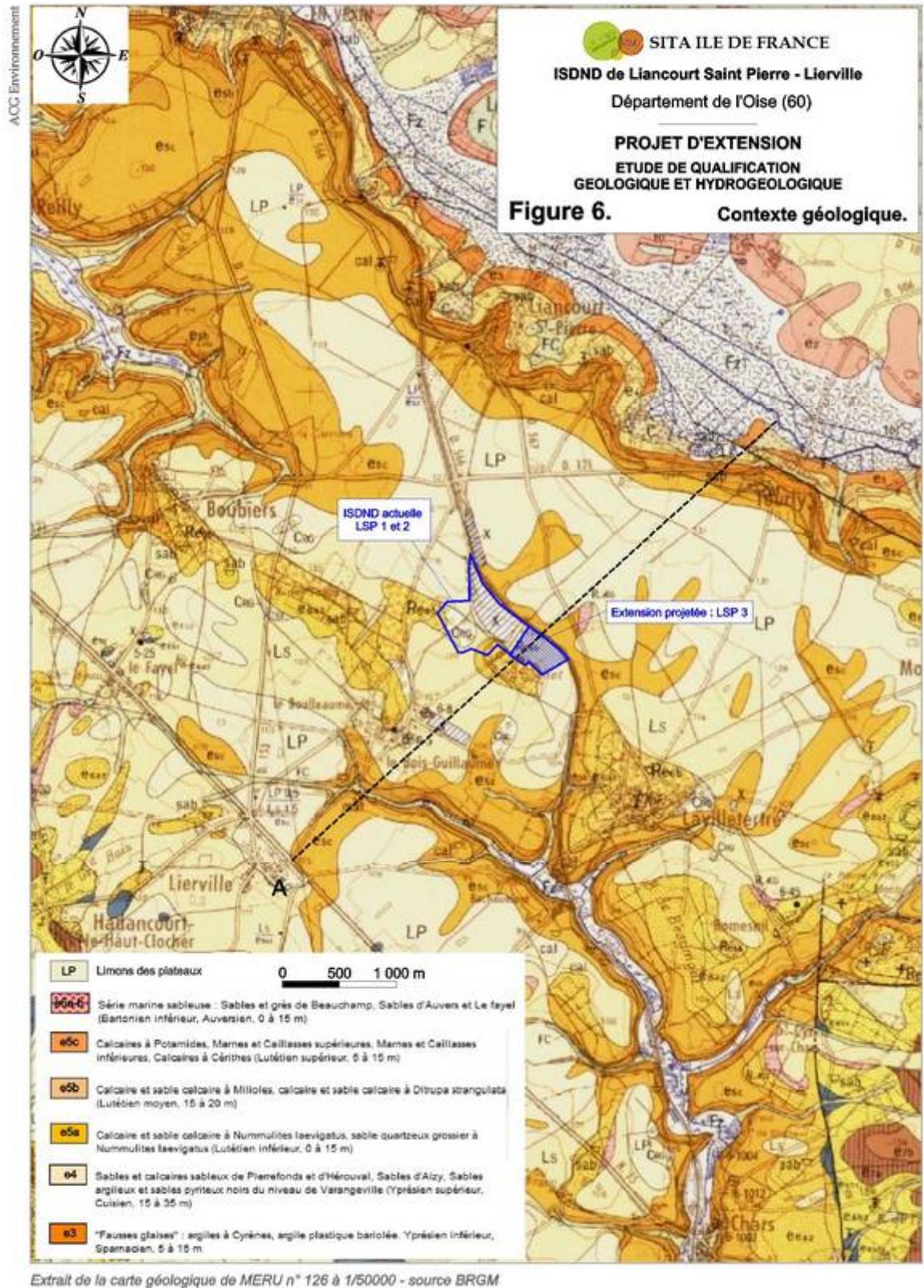


Figure 4. Contexte géologique et structural (BRGM).

La carte géologique met également en évidence deux directions principales d'accidents cassants qui se traduisent dans la morphologie actuelle du fait de leurs rejeux successifs :

- une direction NW/SE avec un abaissement de 10 m environ du compartiment sud. Cette direction est similaire à celle de l'anticlinal du Bray, visible niveau de Trouly au nord-est (faille notée) ;
- une direction N/S avec un effondrement du bloc Est d'une dizaine de mètres également (notamment à l'Est de Lavilletterre).

L'Age de la déformation principale correspond à celle du dépôt des sables bartoniens en comblement de dépressions au toit du Lutétien. Un léger pendage général vers le Sud en direction de l'axe du synclinal de la Viosne affecte les couches géologiques.

D'après les études réalisées dans le cadre du dossier (analyse structurale, photo-interprétation linéamentaire et recueil des données bibliographiques du BRGM), aucune structure cassante de type faille n'est mise en évidence à hauteur du site.

2.1.1.3 Géologie du site

Les caractéristiques des formations géologiques constituant le substratum du site sont clairement identifiées par les nombreux forages effectués au cours des différentes phases d'études qui se sont déroulées :

- En 1988, le BRGM a réalisé une étude préliminaire autour de Liancourt 1 (au droit de Liancourt 2 et de Liancourt 3, rapport PIC 88/39 de juin 1988). Elle a consisté en : 1 sondage carotté F1 à 35 m ; 1 piézomètre PZ à 42 m (rebouché) ; 62 sondages à la tarière à 6 m.
- En 1994, CPGF Horizon a réalisé une campagne de mesures géophysiques sur les zones de Liancourt 2 et de Liancourt 3 (sondages électriques et couverture électromagnétique à l'EM 31) ;
- En 2000, SAFEGE a réalisé un dossier de qualification complet pour Liancourt 2 et pour partie sur Liancourt 3 (moitié ouest de la zone actuellement projetée), avec de nouveaux sondages géologiques :
 - 7 sondages carottés avec essais de perméabilité in situ (Pontignac, SC1 à SC7) ;
 - 7 piézomètres (PZI à PZVII, Pontignac).
- En 2013, TECHNOSOL a réalisé, dans le cadre du dossier de qualification complet pour Liancourt 3 :
 - 1 sondage carotté en complément des 4 existants ;
 - 3 sondages destructifs pour essais de perméabilités ;
 - 1 piézomètre complémentaire.

Ainsi, sur la zone dédiée pour la future extension objet du présent dossier, nous disposons des données suivantes (voir [figure 5](#) ci-dessous) :

- Une campagne de mesures électromagnétiques à l'EM31 sur toute la zone ;
- 8 sondages carottés et destructifs avec essais de perméabilité in situ ;
- 13 sondages à la tarière à 6 m réalisés par le BRGM en 1988 ;
- 5 piézomètres qui ceinturent le site.

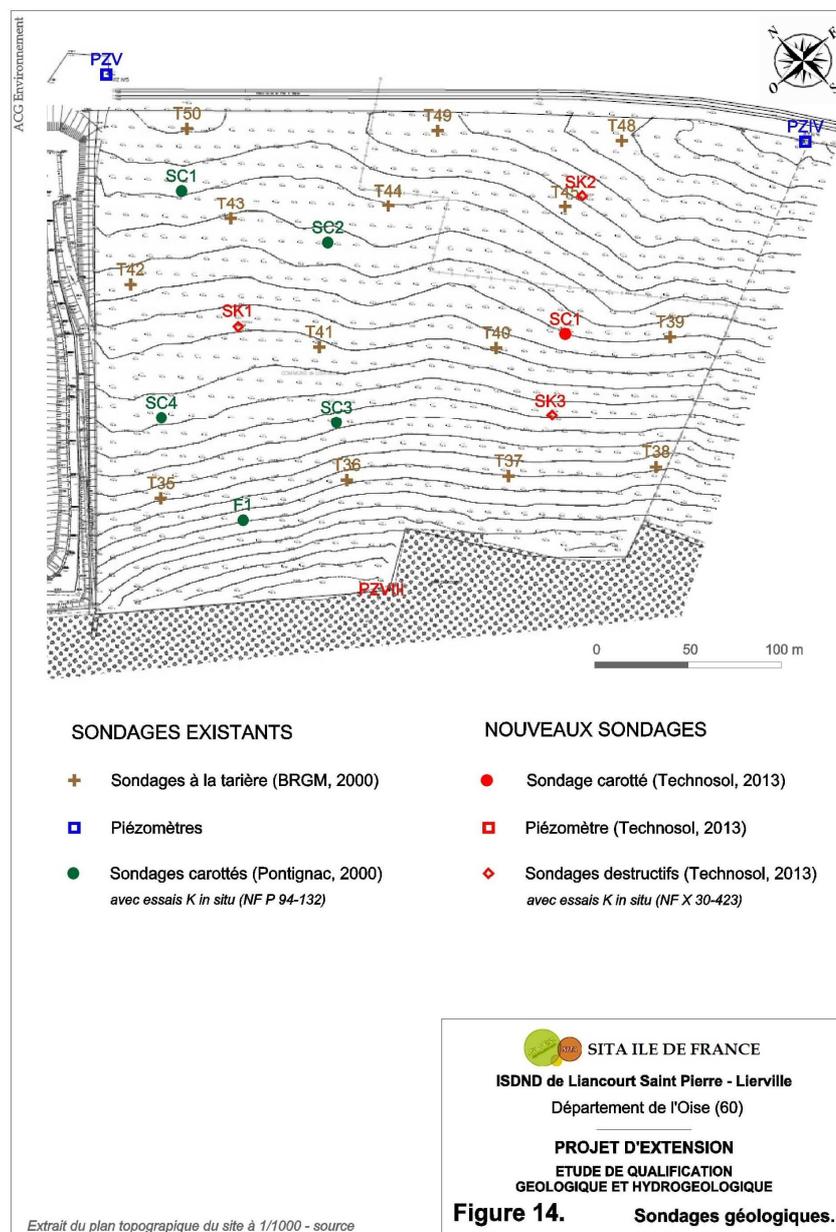


Figure 5. Sondages géologiques sur la zone d'extension (ACG Environnement).

Les données ont été valorisées sous forme de tableaux, de cartes de synthèses en 3D et de coupes géologiques qui donnent une bonne vision de la géologie locale. Les données pertinentes sont les suivantes (de la base vers le sommet) :

- Le calcaire du Lutétien est légèrement penté vers le nord (< 1,8 %) en direction d'une flexure qui passe grossièrement au niveau de la voie ferrée au nord immédiat du site. La cote du toit varie de 107 à 101 m NGF pour une cote moyenne à 104 m NGF, soit une profondeur de l'ordre de 9 m ;
- Les Marnes et Caillasses ont partiellement été érodées au droit d'une paléo-vallée bartonienne d'axe Ouest-Est qui affecte le ¼ Est du site. L'épaisseur des Marnes, hors paléo-vallée, varie de 8 à 12 m. On les retrouve directement sous limons sur le tiers nord du site ;
- Les sables bartoniens sus-jacents ont une épaisseur moyenne de 3 à 4 m sur la moitié Sud-ouest du site. Ils sont absents au Nord. Dans l'axe de la paléo-vallée qu'ils ont comblée, l'épaisseur peut atteindre près de 12 m.

L'étude de qualification conclue de la sorte :

Le projet qui implique un décaissement pour les besoins de la création du vide de fouille, ne devra pas atteindre les calcaires du Lutétien qui est une formation aquifère.

Il conviendra de conserver, a minima, 2 m de matériau au-dessus du toit de la formation.

Il est prévu de s'ancrer dans les Marnes et Caillasses, formation la moins contraignante et la plus apte à former la barrière de sécurité passive du site. Sa nature argilo-marno-calcaire ne garantit pas, a priori, toutes les garanties nécessaires en terme de perméabilité et en terme de continuité (elles ont, en effet, totalement été érodées ponctuellement dans l'axe de la paléo-vallée au droit de SC1).

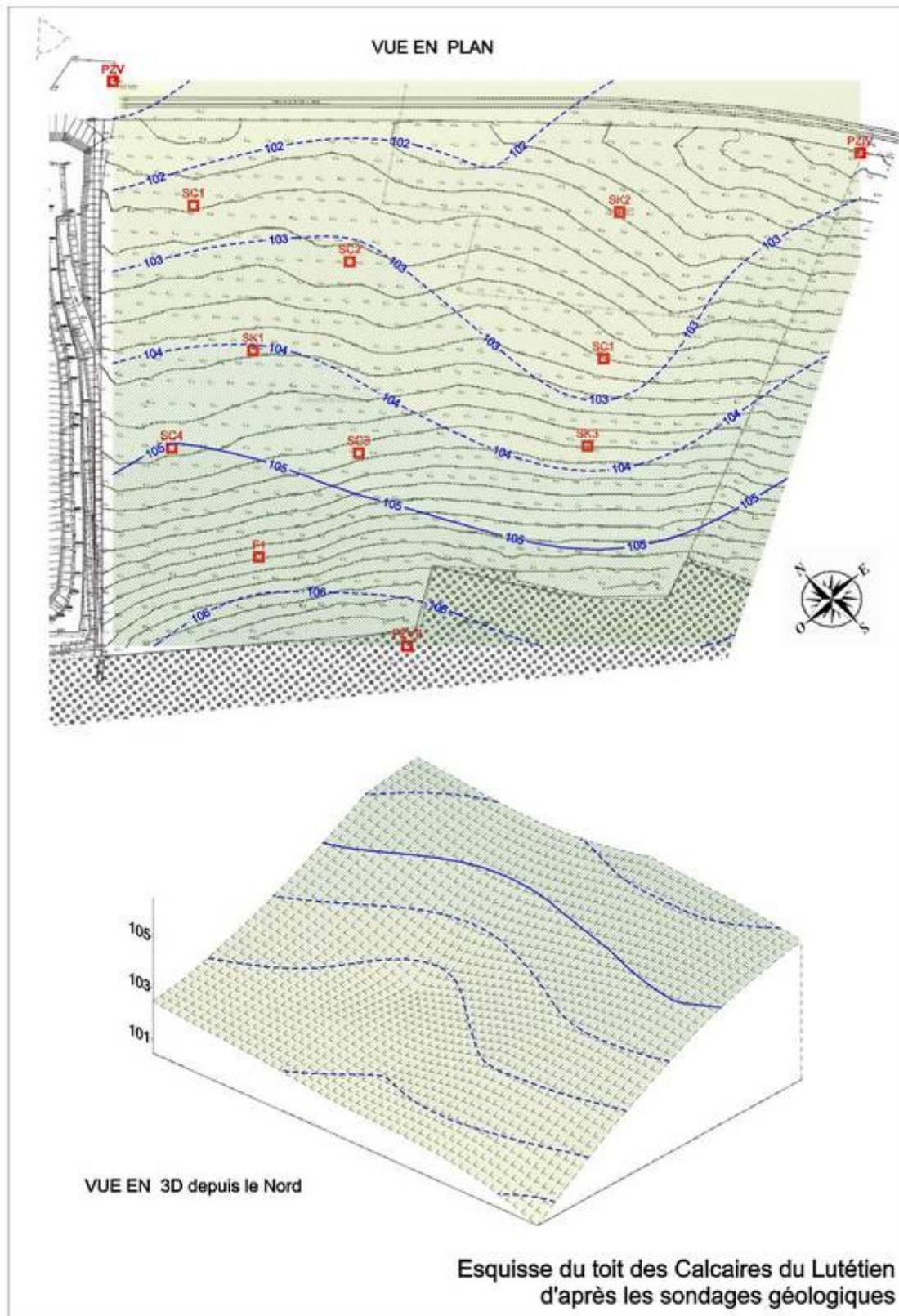


Figure 6. Toit des calcaires du Lutétien (ACG Environnement).

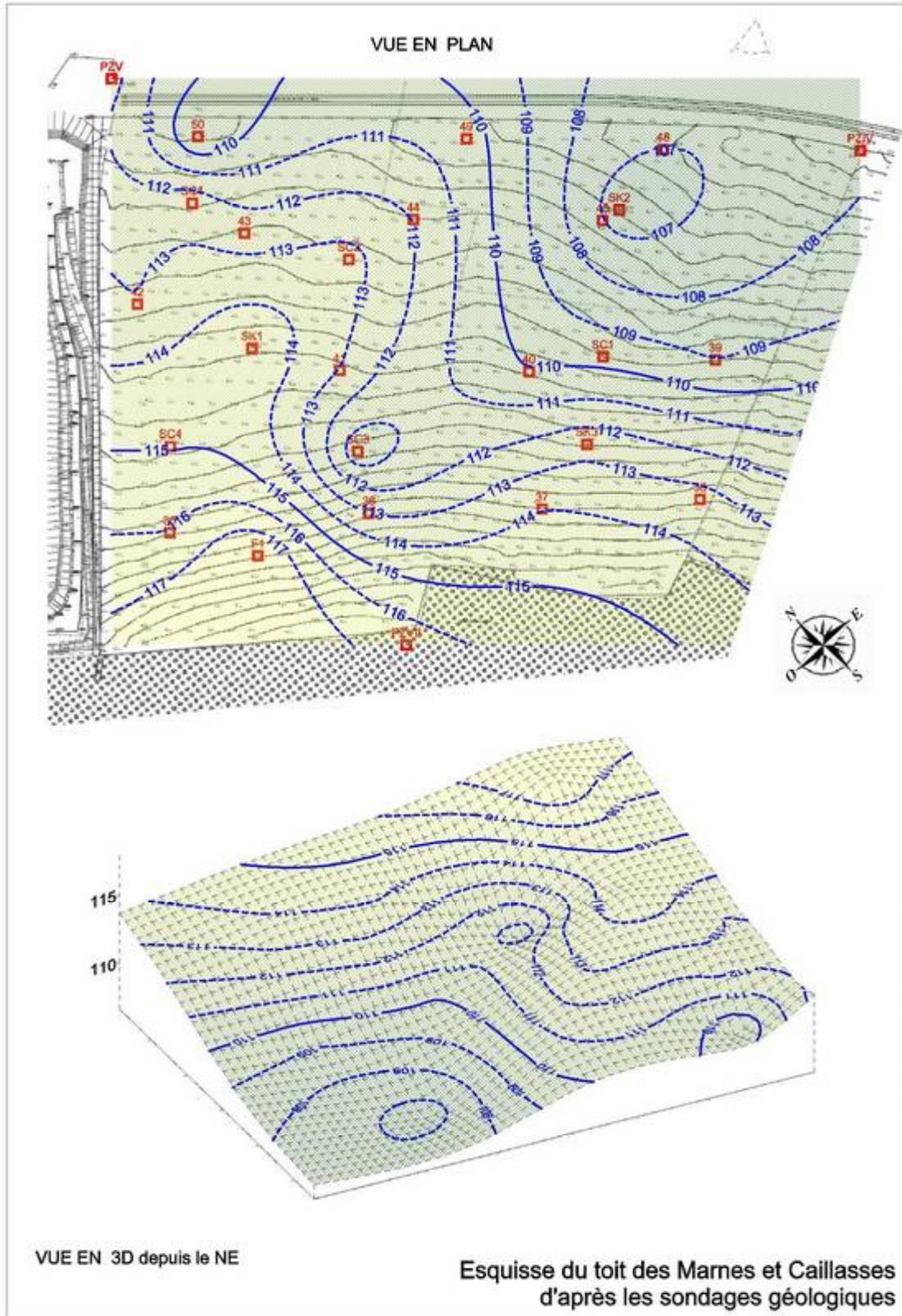


Figure 7. Toit des Marnes et Caillasses (ACG Environnement).

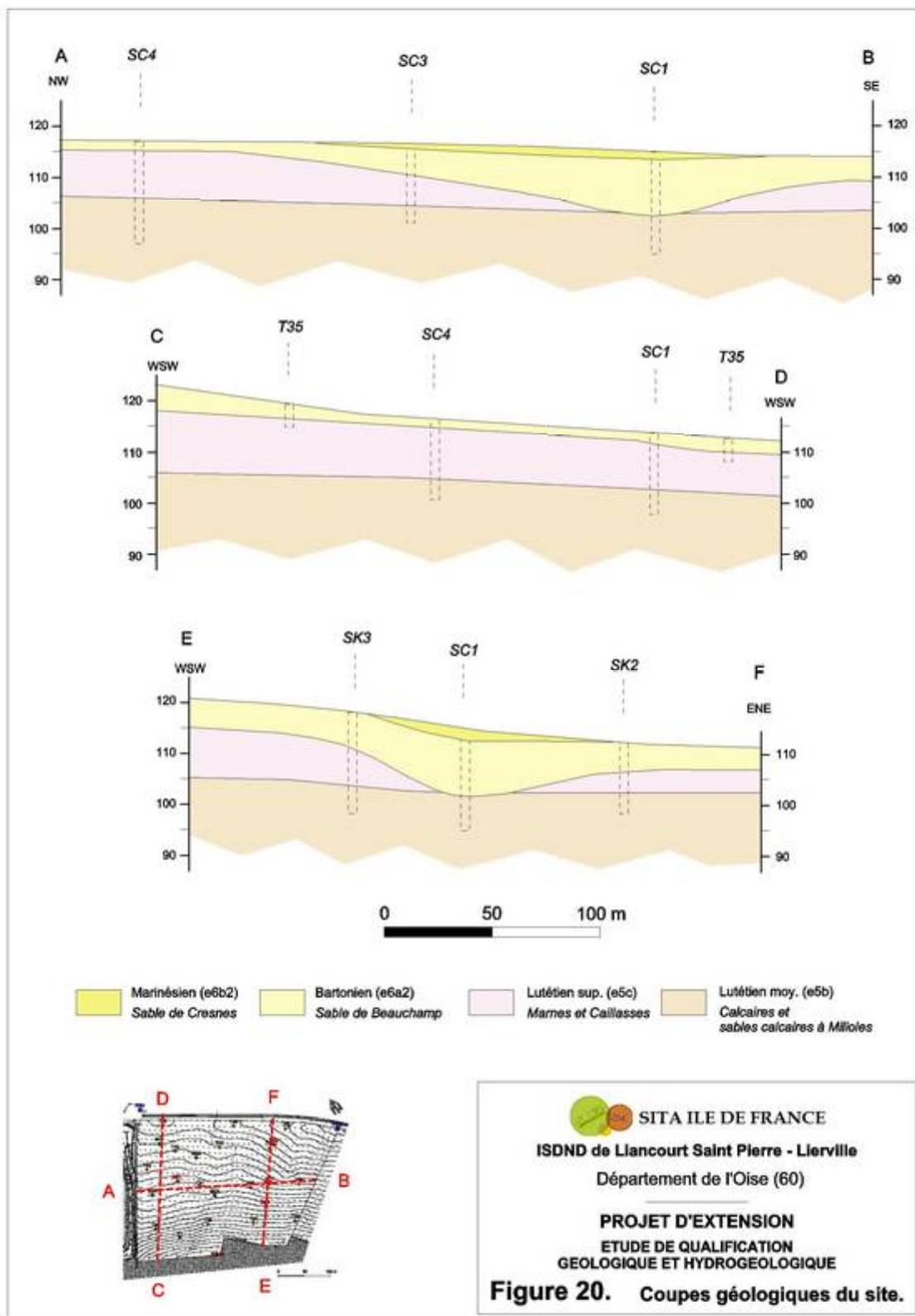


Figure 8. Coupes géologiques du site.

2.1.2 Contexte hydrogéologique

2.1.2.1 Données générales

L'étude hydrogéologique a permis de définir les éléments suivants :

- **L'absence de venues latérales en flanc de site ;**
- Le premier niveau d'eau sous le site est formé par la nappe de l'Eocène moyen contenue dans un aquifère multi-couches constitué des calcaires et sables du Lutétien et des sables de Cuise.

La nappe, d'extension régionale, est drainée par le réseau hydrographique : elle s'écoule donc en concordance avec le modelé topographique et suit également la structure géologique régionale (synclinal de la Viosne) ;

La nappe se rencontre à forte profondeur (en moyenne à 25 à 30 m sous le site), soit une cote piézométrique moyenne de 87 à 84 m NGF d'amont en aval du projet.

La vulnérabilité de la nappe est forte dans les vallées où l'aquifère et la nappe affleurent. Elle est plus faible sur le plateau qui contient le site puisque la nappe est à forte profondeur et partiellement protégée par les Marnes et Caillasses ;

- Les nappes plus profondes ne sont pas concernées par le projet (confinées et protégées par des écrans imperméables).

2.1.2.2 Contexte local

Deux cartes hydrogéologiques ont été produites dans l'étude de qualification :

- Une carte de référence reprise des données bibliographiques du BRGM à laquelle ont été ajoutés les périmètres de protection des captages AEP ([figure 9](#)) ;
- Une carte locale réalisée à l'aide des ouvrages existants à proximité du site ([figure 10](#)).

Comme illustré dans la [figure 9](#), la nappe du Cuise est drainée par le réseau hydrographique : elle s'écoule donc grossièrement du Nord vers le Sud en direction de la Viosne, exutoire de la nappe. De nombreuses sources sont d'ailleurs référencées (voir [figure 10](#)). La position du site, en tête de bassin versant sur le plateau calcaire, est la position la moins contraignante d'un point de vue hydrogéologique puisque la nappe se trouve à forte profondeur et partiellement protégée par les Marnes et Caillasses. Le niveau piézométrique moyen, déduit des cartes de référence, est à forte profondeur aux alentours de 85 à 90 m NGF (25 à 30 m de profondeur) ;

La ressource AEP captée en service n'est pas vulnérable au projet. En effet :

- Le forage d'eau potable de Lavilleterte en aval hydrogéologique du site (périmètre à 1,2 km au sud), n'est plus utilisé pour la ressource en eau de la ville qui a été rattachée au réseau de Liancourt ;
- Tous les autres ouvrages aux environs du site sont dans des bassins versants différents de celui qui concerne le projet.

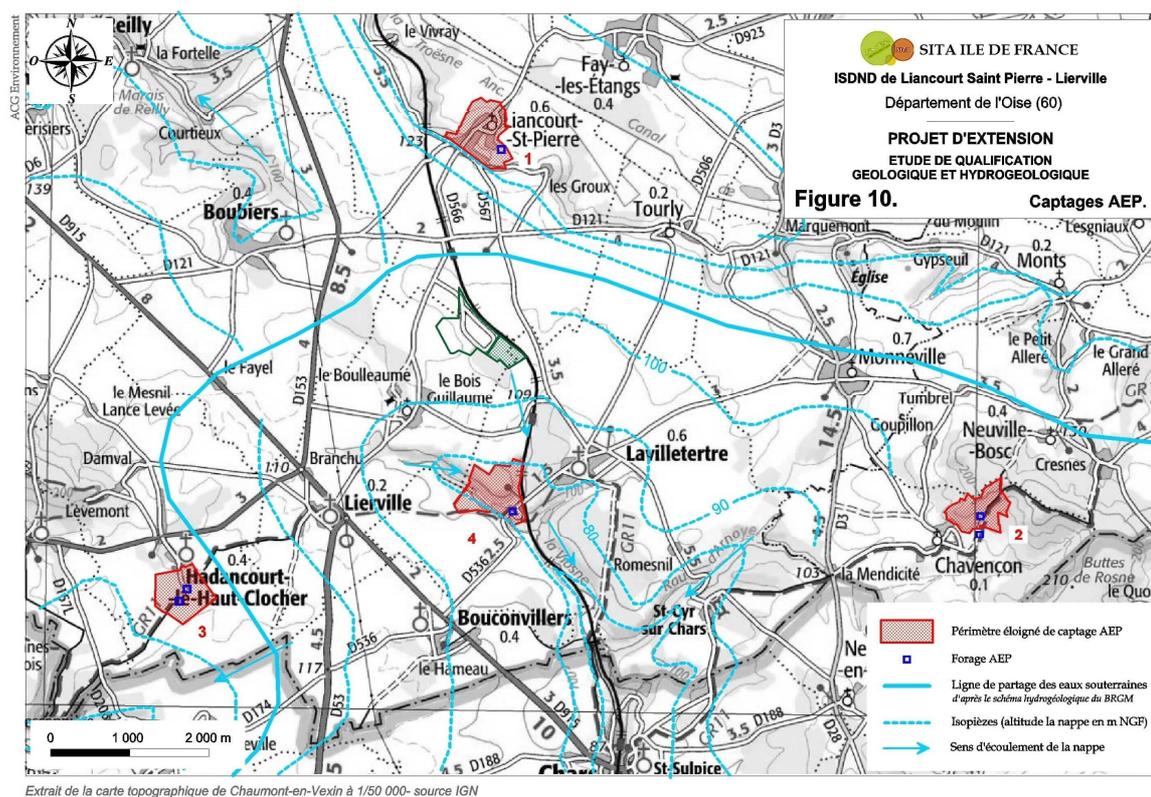


Figure 9. AEP et piézométrie de référence (ACG Environnement).

Les 8 piézomètres de l'ISDND ont permis de tracer l'esquisse piézométrique locale de la nappe du Cuise (voir figure 10 en page suivante) qui confirme les données développées dans l'étude d'aptitude régionale : la nappe s'écoule du Nord vers le Sud avec un gradient relativement faible de 0,5 % en direction de la Viosne qui draine la nappe. Une ligne de source marque l'émergence de la nappe en fond de vallée (cote de 80 à 75 m NGF d'amont en aval de la vallée).

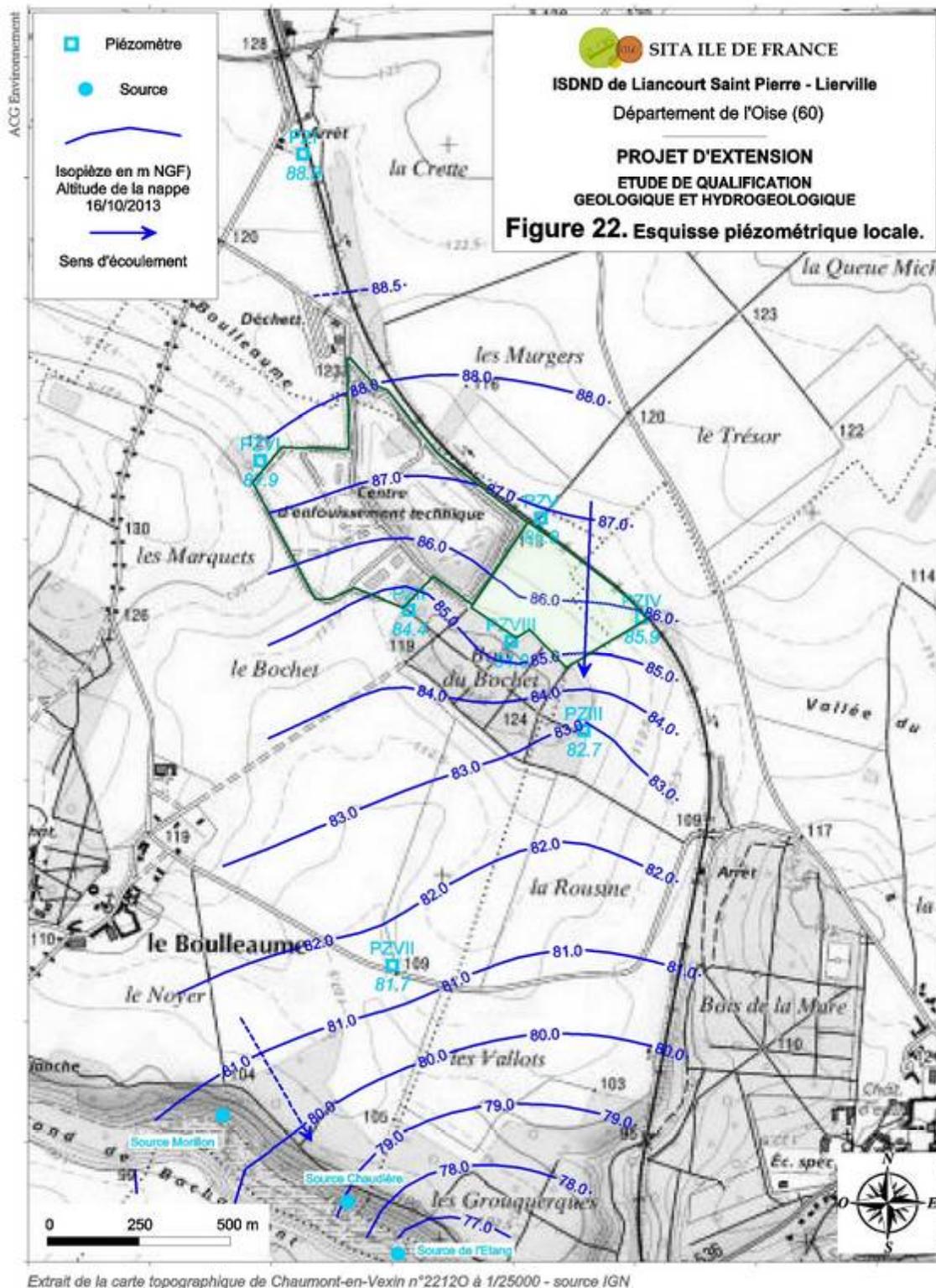


Figure 10. Esquisse piézométrique locale (ACG Environnement).

2.1.2.3 Définition des plus hautes eaux

Les plus hautes eaux de la nappe, qui datent de 2001, ont été définies et varient de 91 à 87,5 m NGF d'amont en aval de la zone d'extension soit une profondeur de plus de 20 m au point bas et de plus de 30 m au point haut du site. Ces plus hautes eaux servent de base au calcul d'équivalence de la barrière passive.

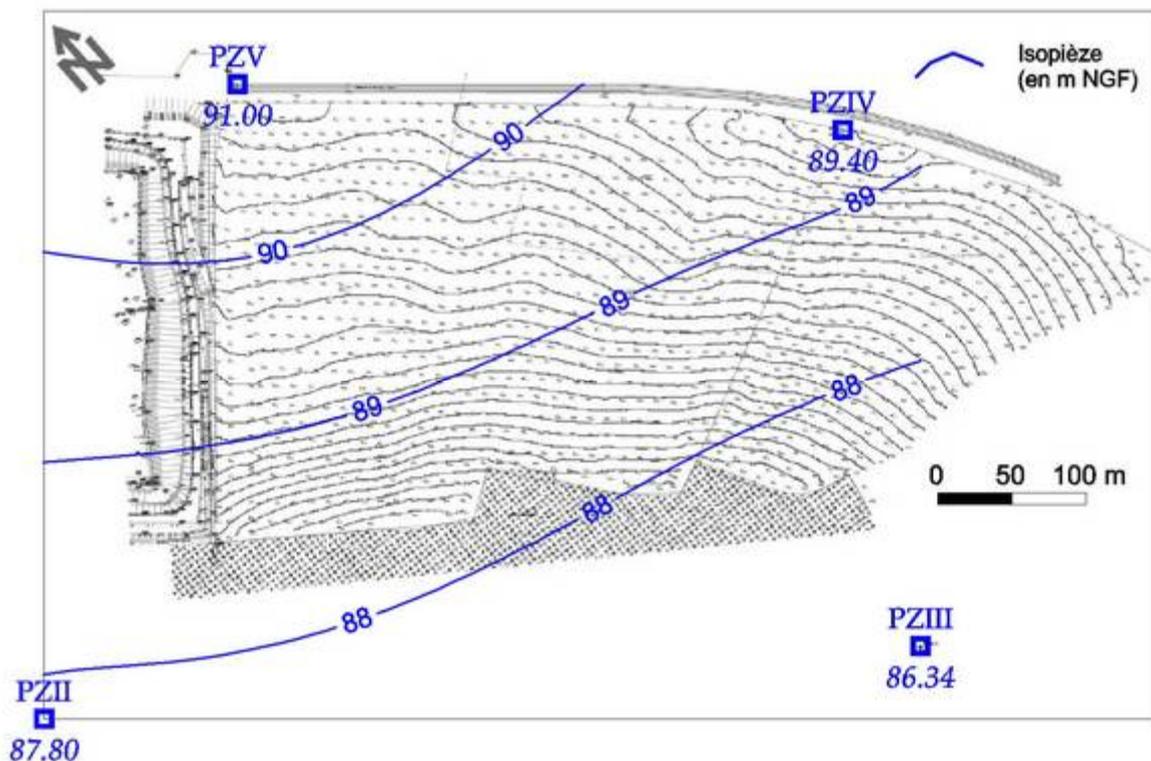


Figure 11. Plus hautes eaux de la nappe (ACG Environnement).

Compte-tenu des éléments développés ci-avant, le contexte hydrogéologique est considéré comme favorable à l'implantation du projet :

- sous réserve de la mise en place d'une barrière de sécurité passive au moins équivalente à la réglementation en fond de site ;
- sous réserve de rejets d'eau de surface conformes aux normes de l'arrêté préfectoral.

2.1.3 Perméabilités de la barrière passive

2.1.3.1 Données existantes

2 campagnes de mesures ont été réalisées lors des précédents dossiers :

- En 1994, le BRGM a réalisé 7 essais de perméabilité au double anneau sur les matériaux de surface (sables et limons) sur sol en place et sur sol compacté afin de déterminer l'usage possible des horizons de couverture (étude PIC 89/23, norme NF X 30-418) ;
- En 1999, Pontignac a réalisé 42 essais de perméabilité en forage selon la norme NF P 94-132 (essais Lefranc) et Etudesol a réalisé 7 essais au laboratoire sur échantillon intact ;

En octobre 2013, Technosol a réalisé :

- 15 essais de perméabilité répartis dans 3 sondages pour essais de perméabilité in situ au droit de la zone d'extension pour les cotes de la barrière passive selon la norme NFX 30-423 (voir localisation [figure 14](#), [page 48](#)) :
 - SK1 au centre la moitié ouest du site investigué en 1999 ;
 - SK2 et SK3 sur la moitié Est du site non investigué en 1999.
- 2 essais Lefranc en profondeur dans PZ VIII au-dessus de la nappe afin d'appréhender les perméabilités en dessous de la barrière passive du site (selon la norme NF P 94-132) ;
- Des essais de perméabilité au laboratoire sur échantillon intact et sur sables foisonnés traités à la bentonite afin de connaître les caractéristiques optimales avec ajout de bentonite en vue d'une éventuelle réutilisation en fond de site (reconstitution de la barrière passive).

Les essais ont été réalisés dans la règle de l'art (temps de saturations suffisants, diamètres d'équipements conformes et temps de mesure adapté). Les essais sont détaillés en [annexe 4](#) du dossier de qualification géologique et hydrogéologique.

2.1.3.1 Résultat des essais de perméabilité

L'ensemble des résultats est consigné :

- dans le [tableau 1](#) pour les essais historiques ;
- dans le [tableau 2](#) pour les essais réalisés en 2013 selon les normes actuelles ;
- dans le [tableau 3](#) en synthèse de la globalité.

Les essais Lefranc (norme NF P 94-132), ne sont recevables que pour une perméabilité supérieure à 1.10^{-6} m/s. Les valeurs inférieures sont notées pour mémoire dans les différents tableaux.

Pour les essais réalisés en 2013 selon la norme NF X 30-423, 4 essais n'ont pu être interprétés car le niveau ne se stabilisait pas et la perte de charge était trop rapide pour mesurer avec précision la vitesse de décroissance de l'eau dans la cellule de mesure.

Pour la seule zone d'extension et pour les essais réalisés en 2013 (norme actuelle) :

- la perméabilité des Marnes et Caillasses varie de 5.10^{-5} m/s à $3,9.10^{-8}$ m/s ;
- la perméabilité des sables varie de $1,1.10^{-5}$ m/s à $2,1.10^{-9}$ m/s (labo) ;
- la perméabilité des Calcaires varie de $4,2.10^{-6}$ à $2,9.10^{-9}$ m/s.

Les perméabilités sont donc très étendues et témoignent de la grande variabilité de la perméabilité en fonction des horizons testés (faciès argileux par passées, calcaire sain, ou zones fissurées...).

La perméabilité en petit des Marnes et Caillasses et des calcaires a été testée au laboratoire (Etudesol 1999) : les 7 échantillons prélevés et analysés ont des valeurs inférieures à 1.10^{-6} m/s.

Le point important est de noter qu'aucune formation n'a une perméabilité en tout point inférieure au seuil réglementaire à 1.10^{-6} m/s aussi bien pour les Marnes et Caillasses que pour le toit des calcaires du Lutétien même si les formations ont une perméabilité ponctuellement plus faible :

- **il faudra renforcer la barrière de sécurité passive du site pour compenser l'absence partielle de la couche à 1.10^{-6} m/s (absente en terme de perméabilité) ;**
- **il faudra reconstituer la couche à 1.10^{-9} m/s.**

Pour le calcul d'équivalence, c'est la valeur la plus pénalisante qu'il faut prendre en compte afin de se placer en conditions sécuritaires. Ainsi :

- **Pour les Marnes et Caillasses, il faut prendre $6,3.10^{-5}$ m/s ;**
- **Pour les sables de Beauchamp, il faut prendre $1,1.10^{-5}$ m/s ;**
- **Pour les Calcaires, il faut prendre 6.10^{-5} m/s.**

		Etage	Norme	Zone	prof		cote		K sol non compacté
					toit	base	toit	base	
BRGM 1994	Kv1	Limons IV	NF X 30-418	Zone projet					<1E-6 m/s
	Kv2	Limons IV	NF X 30-418						9,00E-07
	Kv3	Limons IV	NF X 30-418						7,00E-07
	Kv4	Limons IV	NF X 30-418	Hors site (secteur ouest)					2,00E-06
	Kv5	Limons IV	NF X 30-418						4,00E-07
	Kv6	Limons IV	NF X 30-418						4,30E-07
	Kv7	Limons IV	NF X 30-418						3,50E-07
Pontignac 1999	SC1	Marnes et Caillasses	NF P 94-132	Zone projet	6	7	107,88	106,88	3,40E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		7,5	8,5	106,38	105,38	7,30E-08
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	104,88	103,88	7,30E-08
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10,2	11,2	103,68	102,68	1,80E-07
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		10,8	11,8	103,08	102,08	1,70E-07
	SC2	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		5	6	109,62	108,62	3,50E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		6	7	108,62	107,62	6,00E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		8	9	106,62	105,62	1,40E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	105,62	104,62	1,10E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	104,62	103,62	1,10E-07
	SC3	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		7,5	8,5	110,65	109,65	8,70E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	109,15	108,15	7,30E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	108,15	107,15	2,00E-08
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		11	12	107,15	106,15	3,50E-08
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		14	15	104,15	103,15	1,00E-06
	SC4	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		8	9	108,95	107,95	6,80E-08
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	106,95	105,95	1,70E-07
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		11	12	105,95	104,95	6,50E-07
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		12,5	13,5	104,45	103,45	3,60E-07
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		13,5	14,5	103,45	102,45	2,10E-07
	SC5	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	106,07	105,07	1,70E-06
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	105,07	104,07	3,00E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		11	12	104,07	103,07	3,00E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		13	14	102,07	101,07	6,00E-05
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		15	16	100,07	99,07	6,00E-05
	SC6	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9	10	107,53	106,53	3,00E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10	11	106,53	105,53	6,30E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		11	12	105,53	104,53	2,10E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		12	13	104,53	103,53	1,19E-06
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		13	14	103,53	102,53	4,80E-10
	SC7	Marnes et Caillasses	NF P 94-132		9,5	10,5	106,46	105,46	3,70E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		10,5	11,5	105,46	104,46	1,70E-05
		Marnes et Caillasses	NF P 94-132		13,5	14,5	102,46	101,46	1,00E-06
Marnes et Caillasses		NF P 94-132	14,5	15,5	101,46	100,46	1,90E-05		
Marnes et Caillasses		NF P 94-132	15,5	16,5	100,46	99,46	2,80E-07		
Etudesol 1999 labo	SC1	Marnes et Caillasses	NF X 30-442	Zone projet	8,6	8,8	105,28	105,08	1,20E-08
		Marnes et Caillasses	NF X 30-442		11	11,35	102,88	102,53	2,50E-08
	SC2	Marnes et Caillasses	NF X 30-442		10,8	11,2	103,82	103,42	6,50E-08
		Calcaire du Lutétien	NF X 30-442		11,8	11,85	102,82	102,77	3,10E-07
	SC3	Marnes et Caillasses	NF X 30-442		8,2	8,78	109,95	109,37	1,30E-10
	SC4	Marnes et Caillasses	NF X 30-442		2,2	2,45	114,75	114,5	2,00E-07
	SC7	Marnes et Caillasses	NF X 30-442		Hors site (90 % OPN)	4,25	5,4	111,71	110,56

Tableau 1. Essais de perméabilité antérieurs.

Technosol 2013	PZVIII	Calcaire du Lutétien	NF P 94-132	Zone projet	18	19	106,5	105,5	4,20E-06
		Calcaire du Lutétien	NF P 94-132		30	31	94,5	93,5	1,60E-06
	SK1	Marnes et Caillasses	NFX 30-423		10	11	105,85	104,85	3,90E-08
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		11	12	104,85	103,85	1,90E-06
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		12	13	103,85	102,85	2,90E-09
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		13	14	102,85	101,85	1,20E-07
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		14	15	101,85	100,85	3,30E-08
	SK2	Marnes et Caillasses	NFX 30-423		7	8	105,4	104,4	8,80E-06
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		8	9	104,4	103,4	3,00E-07
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		9	10	103,4	102,4	1E-5*
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		10	11	102,4	101,4	5,20E-07
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		11	12	101,4	100,4	9,80E-09
	SK3	Marnes et Caillasses	NFX 30-423		6	8	111,45	109,45	5,00E-05
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		8	10	109,45	107,45	1E-5*
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		11,5	12,5	105,95	104,95	1E-5*
		Marnes et Caillasses	NFX 30-423		12,5	13,5	104,95	103,95	1,80E-07
		Calcaire du Lutétien	NFX 30-423		13,5	14,5	103,95	102,95	1E-5*

Tableau 2. Essais de perméabilité 2013.

		1999	2013	Total
Limos	Max	2,00E-06	/	2,00E-06
	Min	3,50E-07	/	3,50E-07
	Moy	7,97E-07	/	7,97E-07
	Médiane	5,65E-07	/	5,65E-07
Sables	Max	/	1,1E-05	1,10E-05
	Min	/	1,3E-09	1,30E-09
	Moy	/	3,7E-06	3,65E-06
	Médiane	/	1,8E-06	1,80E-06
Marnes et Caillasses	Max	6,30E-05	5,00E-05	6,30E-05
	Min	1,30E-10	3,90E-08	4,80E-10
	Moy	9,03E-06	1,02E-05	1,05E-05
	Médiane	3,40E-07	1,10E-06	3,50E-07
Calcaire	Max	6,00E-05	4,20E-06	6,00E-05
	Min	1,70E-07	2,90E-09	2,90E-09
	Moy	1,23E-05	9,27E-07	5,69E-06
	Médiane	3,10E-07	1,20E-07	2,85E-07

Tableau 3. Valeurs de perméabilités retenues.

2.1.3.2 Conformité et représentativité des essais de perméabilité

Sur la zone dédiée au projet d'extension, nous avons 7 sondages avec essais de perméabilités soit un ratio de 0,7 sondages par hectares. Compte tenu de la bonne connaissance géologique et hydrogéologique du site, ce ratio est suffisant et permet d'avoir une vision suffisante de la perméabilité des formations géologiques présentes.

Bien que les essais de 1999 aient été réalisés avec une norme qui n'est plus recommandée aujourd'hui pour les études de qualification, elles donnent tout de même des résultats fiables pour les perméabilités supérieures à 10^{-6} m/s. Les

nouveaux essais de 2013, réalisés avec les normes actuelles (NFX 30-423) ont confirmés les données antérieures :

- La barrière passive du site n'est pas conforme à la réglementation (absence de la couche à 10^{-9} m/s et absence partielle de la couche à 10^{-6} m/s en termes de perméabilité).

Les essais réalisés sont suffisants en nombre et ont été réalisés avec des normes complémentaires représentatives de la gamme de perméabilité des formations (en forage selon la norme NFX 30-423, en surface selon la norme NF X 30-418...).

2.1.4 Cible

N'est étudiée ici que la ressource en eau souterraine destinée à l'AEP.

La ressource en eau souterraine est exclusivement contenue dans la nappe du Cuise. La position des captages existants est illustrée dans la [figure 9](#) en [page 15](#).

D'après les documents consultés, le site est en dehors de tout périmètre de protection de captage AEP. Aucun captage en activité n'est vulnérable au projet :

- Le forage d'eau potable de Lavilleterte en aval hydrogéologique du site (périmètre à 1,2 km au sud), n'est plus utilisé pour la ressource en eau de la ville qui a été rattachée au réseau de Liancourt ;
- Tous les autres ouvrages aux environs du site sont dans des bassins versants différents de celui qui concerne le projet.

Il existe cependant une vulnérabilité potentielle de la ressource présente sous le site. **L'absence de vulnérabilité est conditionnée par la mise en place des barrières de sécurité de l'ISDND, à savoir la présence d'une barrière active et d'une barrière passive conforme à la réglementation en vigueur.**

2.1.5 Justification de l'équivalence

2.1.5.1 Constat

Le constat pour justifier le besoin d'équivalence repose sur les 3 points suivants :

- Le site repose sur les Marnes et Caillasses (voire ponctuellement sur les sables de Beauchamp) en recouvrement des calcaires aquifères du Lutétien. Ces formations n'apportent pas toutes les garanties nécessaires à la constitution de la barrière passive naturelle (couche à 10^{-6} m/s).

Les études géologiques et notamment les tests de perméabilité in situ, ont montré :

- **l'absence de l'horizon imperméable en place** en fond et en flanc de site (1 m à $k < 10^{-9}$ m/s) : la couche supérieure de la barrière passive devra être reconstituée ;

- **l'absence partielle de l'horizon d'atténuation** sous en fond de site (5 m à $k < 10^{-6}$ m/s) : la barrière passive doit être renforcée.

Conformément à la réglementation, et pour les raisons citées ci-avant, une équivalence doit être proposée et démontrée.

2.1.5.2 Exigences à remplir pour la structure de la barrière passive

La structure équivalente doit répondre aux 4 exigences suivantes, en réponse à la réglementation et afin de prendre en compte la sensibilité locale :

- **Exigence 1** : L'absence de couche à 10^{-9} m/s impose une **reconstitution** de la couche imperméable de la barrière passive ;
- **Exigence 2** : L'absence de la couche d'atténuation (5 m à 10^{-6} m/s) impose que la barrière passive soit **renforcée** ;
- **Exigence 3** : La présence d'une ressource AEP sous le site impose que la barrière passive soit **renforcée** ;
- **Exigence 4** : justification de la cote minimale de la base de la couche à 10^{-9} m/s.

Le guide de recommandation pour l'évaluation de l'équivalence en étanchéité passive d'ISDND du MEDDAD (doc [D1]) précise l'épaisseur minimale de la couche d'atténuation (équivalent au 10^{-6} m/s) en cas de présence sous le site d'horizon relativement perméable :

« Dans le cas d'un matériau relativement perméable, il conviendrait que les plus hautes eaux connues se situent au moins à une distance de 2 m de la base de la couche de 1 m à 10^{-9} m/s ».

2.1.6 Schéma conceptuel

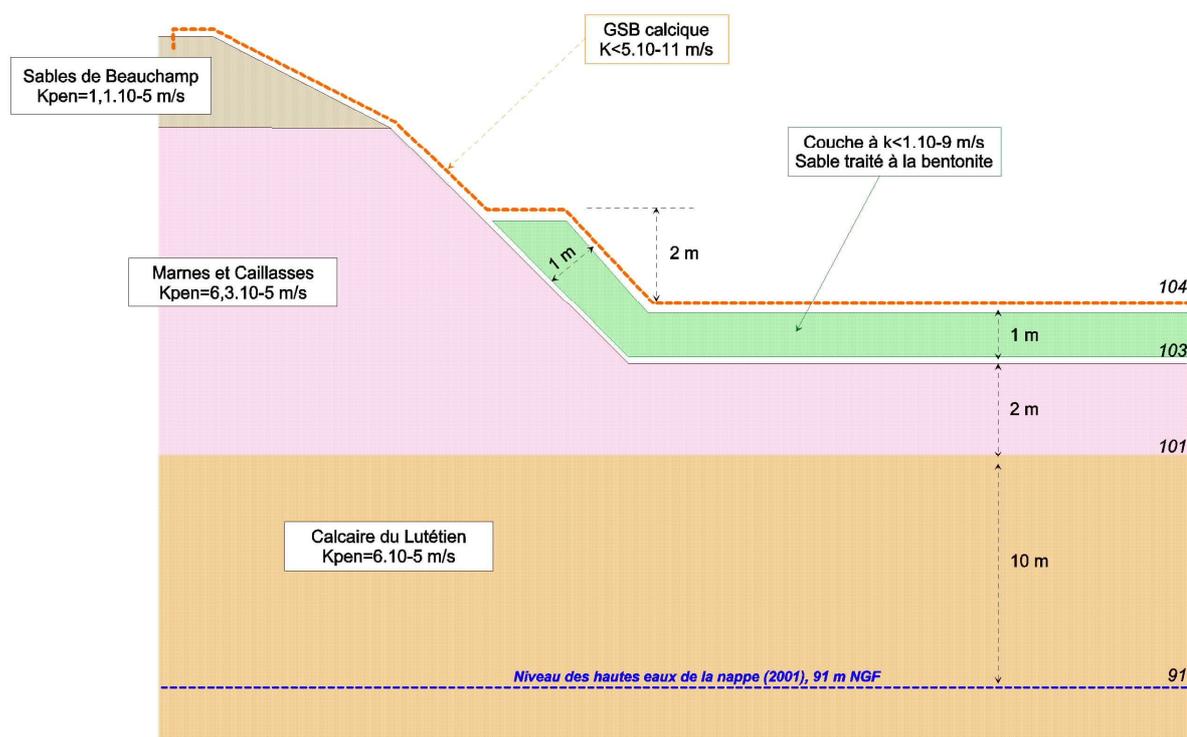


Figure 12. Schéma conceptuel.

2.2 Projet de reconstitution de la barrière passive

2.2.1 Altitude minimale préconisée

Le guide de recommandation pour l'évaluation de l'équivalence en étanchéité passive d'ISDND du MEDDAD (doc [D1]) précise l'épaisseur minimale de la couche d'atténuation (équivalent au 10^{-6} m/s) en cas de présence sous le site d'horizon relativement perméable :

« Dans le cas d'un matériau relativement perméable, il conviendrait que les plus hautes eaux connues se situent au moins à une distance de 2 m de la base de la couche de 1 m à 10^{-9} m/s ».

L'étude de qualification préconise, pour être en condition sécuritaire, de placer la base de la couche à 10^{-9} m/s , 2 m au-dessus du toit des calcaires aquifères du Lutétien soit 12 m de terrain en place au minimum au-dessus du toit de la nappe en condition de très hautes eaux (niveau de 2001).

Cette épaisseur est jugée suffisante et prend en compte le contexte local (formations perméables).

L'allure minimale, déduite de celle du toit des calcaires, est présentée dans la figure 13 en page suivante.

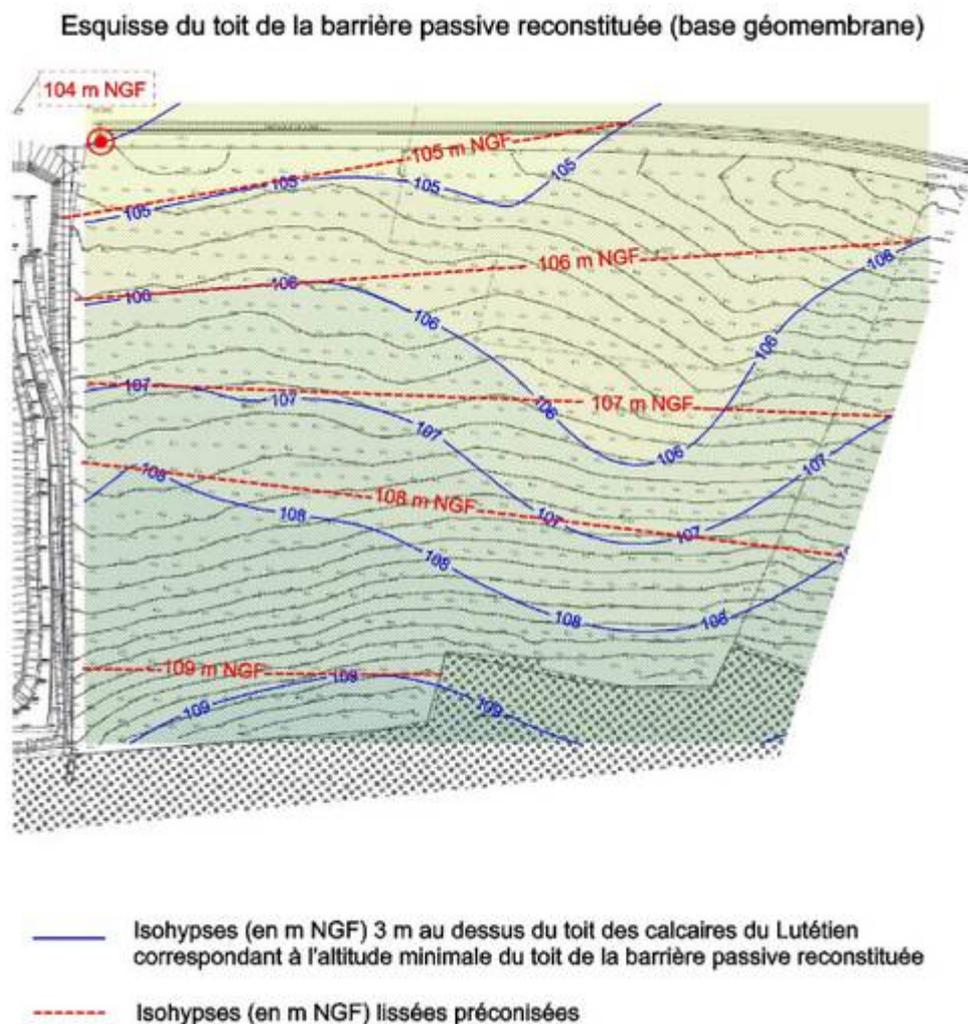


Figure 13. Altitude minimale du toit de la barrière passive reconstituée (ACG Environnement).

2.2.2 Zone la plus pénalisante

La zone la plus pénalisante est localisée au Nord du site (point noté 104 m NGF), c'est-à-dire où la distance à la nappe en haute eaux est la plus faible (13 m de profondeur pour une cote de la nappe à 91 m NGF).

2.2.3 Barrière passive en fond

2.2.3.1 Structure

La structure mise en œuvre se compose, de haut en bas :

- GSB à bentonite calcique de 6 mm à sec et $k < 5 \cdot 10^{-11}$ m/s ;
- 1 m à $k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ;

- 2 m de Marnes et Caillasses à $k_{pen}=6,3.10^{-5}$ m/s ;
- 10 m de Calcaire du Lutétien à $k_{pen}=6.10^{-5}$ m/s.

2.2.3.2 Évaluation quantitative (calcul d'équivalence)

Les dispositions en fond de l'exploitation pour lesquelles un calcul de performances a été réalisé sont schématisées dans le [tableau 5](#) ci-dessous. 2 calculs ont été réalisés :

- Cas 1 : dispositions réglementaires ;
- Cas 2 : Solution équivalente avec les paramètres pénalisants déduits de l'étude (2 m de Marnes et Caillasses en place au-dessus des calcaires) ;
- Cas 3 : Calcul hautement pénalisant (sans prise en compte des 10 m de Calcaires du Lutétien) pour prendre en compte la sensibilité locale (comme si les calcaires perméables du Lutétien avaient une perméabilité très importante de type karstique) ;
- Cas 4 : cas spécifique de la BP où les sables se substituent aux marnes et Caillasses (cas le plus pénalisant est localisé au droit du point bas du casier 2 où l'épaisseur de sable sous la couche à 10-9 m/s et en-dessus des calcaires est de 2,7 m).

	Cas 1 Réglementation	Cas 2 Equivalence	Cas 3 Pénalisant sur Marnes	Cas 4 Pénalisant sur Sable
Niveau imperméable	e1=1 m à $k < 10^{-9}$ m/s	GSB e0= 6 mm à $k_{pen}=5.10^{-11}$ m/s	GSB e0= 6 mm à $k_{pen}=5.10^{-11}$ m/s	GSB e0= 6 mm à $k_{pen}=5.10^{-11}$ m/s
		e1= 1 m à $k_{pen}=10^{-9}$ m/s	e1= 1 m à $k_{pen}=10^{-9}$ m/s	e1= 1 m à $k_{pen}=10^{-9}$ m/s
Niveau semi- perméable	e2=5 m à $k < 1. 10^{-6}$ m/s	e2= 1 m à $k=6,3.10^{-5}$ m/s	e2= 1 m à $k=6,3.10^{-5}$ m/s	e2= 2,7 m à $k=1,1.10^{-5}$ m/s
Terrains en place	e3=7 m à $k < 6. 10^{-5}$ m/s	e3=10 m à $k < 6. 10^{-5}$ m/s	e3=0 m	e3=0 m

Tableau 4. Scénarii en fond de site.

Le calcul d'équivalence s'appuie sur des critères qui sont volontairement pénalisant comme par exemple :

- la perméabilité des Marnes et Caillasses qui a été prise à $6,3.10^{-5}$ m/s (valeur pénalisante correspondant à la plus élevée des mesures réalisées sur site) ;

- nous avons choisi le point du site où la différence entre la cote de la nappe et le toit de la barrière passive est minimale (angle nord, où cette épaisseur n'est de 13 m, alors qu'elle est de plus de 20 m au sud) ;
- nous avons pris comme épaisseur du GSB 6 mm alors qu'il est de 8 mm une fois hydraté.

Le modèle mathématique, développé par le BRGM (logiciel MISP), calcule une concentration maximale dans la nappe à partir d'une concentration unitaire traversant la barrière passive et ce pour un temps infini et une charge hydraulique de 30 cm de lixiviats. Le détail est présenté en annexe du présent document ([Chapitre 4](#)).

Les résultats sont présentés dans le [tableau 5](#) en page suivante.

Les performances des différents cas ont été comparées au cas réglementaire (cas 1). Une structure est au moins équivalente au cas réglementaire dès lors que la concentration d'un polluant dans la nappe est inférieure à celle issue du dispositif réglementaire.

Les rapports de performances présentés sont réalisés par rapport au cas réglementaire :

- Si le rapport est supérieur à 1 : la solution offre une protection supérieure au cas réglementaire, la solution est donc recevable ;
- Si le rapport est inférieur à 1 : la solution n'est pas recevable car le degré de protection de la structure étudiée est inférieur à celui du cas réglementaire.

Il en ressort que :

- La concentration résultante pour le cas réglementaire (cas 1) dans la nappe est de $1,31.10^{-4}$ mg/l ;
- La structure proposée (cas 2) est au moins équivalente à la structure réglementaire, elle offre une protection 11 % meilleure que la réglementation (concentration de $1,17.10^{-4}$ mg/l) ;
- Même sans les 10 m de calcaire en place, la structure est recevable (10 % meilleure que la structure réglementaire). Ainsi, même si les calcaires du Lutétien étaient karstiques ou hautement perméables, la barrière passive mise en place est recevable ;
- Le cas particulier de la zone où les marnes et caillasses ont été totalement érodées et substituées par les sables de Beauchamp, est également recevable (de l'ordre de 11 % meilleur que la structure réglementaire).

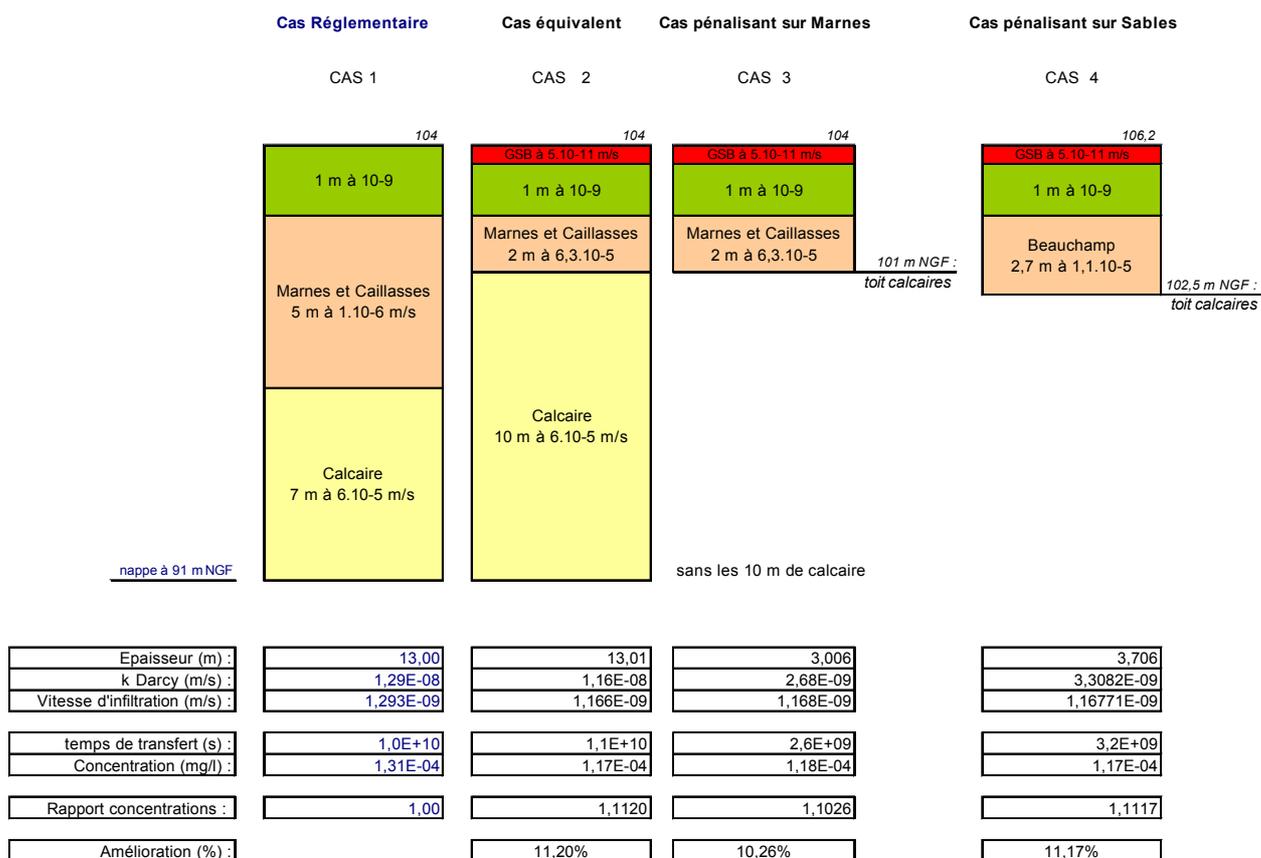


Tableau 5. Résultats de la simulation pour le fond avec MISP_V2.

2.2.4 En flanc

2.2.4.1 Structure

La structure proposée est illustrée dans le schéma conceptuel. De la base du site à 2 m par rapport au fond, de haut en bas :

- GSB à bentonite calcique de 6 mm à sec et $k < 5.10^{-11}$ m/s ;
- 0,5 m à 10⁻⁹ m/s sur les 2 m de base pris perpendiculairement à la pente du talus et compactée à $k < 1.10^{-9}$ m/s.

Au-delà de 2 m par rapport au fond :

- GSB à bentonite calcique de 6 mm à sec et $k < 5.10^{-11}$ m/s.

La base est conforme à la réglementation (0,5 m d'argile compactée à $k < 10^{-9}$ m/s).

Une justification doit être proposée pour le flanc au dessus de 2 m par rapport au fond pour lequel seul le GSB contribue au renforcement de la barrière passive.

2.2.4.2 Évaluation qualitative

Comme spécifié dans la guide des bonnes pratiques ([D1]), une démonstration quantitative n'est pas nécessaire et souvent « *sujette à caution* ». Il est précisé que « [...] *la problématique des flancs est autrement plus complexe que celle des fonds [...]. Il vaut mieux réserver le calcul à celui de la stabilité. [...] La solution équivalente sur les flancs peut être argumentée de manière qualitative en invoquant notamment la stabilité mécanique ou l'amélioration du drainage sur les flancs permettant de réduire les risques de mise en charge par des nappes perchées.* »

Ainsi, la démonstration qualitative passe par la justification de l'absence de venues latérales et par la justification de la stabilité du talus.

2.2.4.2.1 Absence de venues latérales

L'étude hydrogéologique a démontré l'absence de venues latérales. Aucun dispositif de détournement des venues latérales n'est nécessaire.

2.2.4.2.2 Stabilité mécanique

Dans le cas du GSB posé sur les flancs, la stabilité mécanique de l'ensemble GSB/talus, a été étudiée. La stabilité du GSB dépend :

- d'une part de sa résistance à la traction qui doit être supérieure à 10 kN/m (ce qui autorise une mise en œuvre sur des rampants supérieurs à 10 m dans le sens traction) ;
- d'autre part sur la mise en œuvre du GSB enfoui dans la tranchée d'ancrage en tête de talus (la distance au nez du talus doit être suffisante pour supprimer le risque de glissement du nez).

Les calculs de stabilité d'ensemble ont été réalisés par Technosol à l'aide du logiciel PLAXIS 2D et TALREN pour les situations suivantes :

- Profil le plus pénalisant au décaissement à l'ouest en appui de LSP1 ;
- Profil le plus pénalisant une fois le site rempli (étude du tassement général) ;
- Profil le plus pénalisant à l'Est au droit de la digue périmétrique.

Les études de stabilité menées en conditions pénalisantes ont toutes montré la stabilité des ouvrages tant en phase de terrassement qu'en phase de remplissage ou en post-exploitation.

La structure proposée en flanc sur terrain naturel et au droit de l'appui à LSP1 (GSB calcique) est conforme et est au moins équivalente à la structure réglementaire.

2.2.5 Prescriptions de mise en œuvre et de contrôle des matériaux

Ce paragraphe n'est qu'une proposition de prescriptions et doit être validé par le contrôle extérieur le moment venu lors des travaux de mise en œuvre.

2.2.5.1 GSB

Le Géosynthétique Bentonitique est un matériau composite constitué d'une âme en poudre ou granulés d'argiles, enchâssée entre deux géotextiles en polypropylène solidaires (généralement aiguilletés). L'ensemble forme une nappe, de 40 m de longueur et de 0,6 cm d'épaisseur (à sec) et 0,8 cm à saturation.

La nature de l'argile est importante. Celle qui est mise en place sur les flancs est à base de bentonite calcique (*conforme aux exigences du site (substratum crayeux avec risque d'échanges cationiques en cas d'utilisation d'un GSB à bentonite sodique)*).

La masse surfacique en bentonite est égale à au moins 5000 g/m². La résistance à la traction (sens production/sens travers) doit être supérieure à 10 kN/m.

En situation normale, le coefficient de perméabilité de ce GSB sous 30 kPa est $k < 5 \cdot 10^{-11}$ m/s.

2.2.5.1.1 Programme d'essais en laboratoire

Ces valeurs de référence du GSB pourront être validées en laboratoire par des essais de caractérisation (XP P 84-703, NF EN 14196, XP P 84-705) effectués sur des échantillons de GSB prélevés à la livraison sur le chantier.

Le programme d'essais en laboratoire est défini p.18 du fascicule n°12 du Comité Français des Géosynthétiques (CFG, doc [D4]), comprenant la vérification des caractéristiques fonctionnelles à considérer, notamment celles classées N (nécessaires) dont :

- le pouvoir de gonflement de la bentonite ;
- la masse surfacique ;
- la perméabilité sous contrainte.

2.2.5.1.2 Programme de contrôles sur site

L'organisation du chantier de pose du GSB devra suivre les recommandations du Comité Français de Géosynthétiques développées dans le fascicule n° 12 de Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par Géosynthétique Bentonitique et plus particulièrement du tableau p.18 des caractéristiques de mise en œuvre et du § 3.3 p.21 à 32. Il convient, en particulier de s'assurer que :

- la couche de support est adaptée à recevoir un GSB (pas de racines, pas de points de poinçonnement, matériau non pulvérulent...);
- le plan de pose et de récolement mentionne les zones de recouvrement et les découpes particulières (au niveau d'ouvrages par exemple) ;

- la surface de recouvrement entre lés est respectée (dans le sens de la longueur : 15 à 30 cm, aux extrémités des rouleaux : 40 cm) ;
- la largeur d'ancrage en tête de talus est respectée (1,5 m en cas d'enfouissement dans une tranchée par simple lestage, 3 m si des engins doivent circuler).

Plusieurs contrôles de chantier sont recommandés : contrôle interne, externe et extérieur, destinés à vérifier les recommandations du CFG. Les modalités de contrôles sont détaillées dans le chapitre 4 du fascicule, p.33 à 38, avec notamment :

- le contrôle des zones de stockage, de manutention des produits et de réception des matériaux et matériels sur le chantier ;
- le contrôle associé à la mise en œuvre et réception de la couche support ;
- le contrôle du plan de calepinage, du plan de phasage et du plan de récolement ;
- le contrôle associé à la mise en œuvre du GSB (récolement, ancrage...).

2.2.5.2 Couche à 10^{-9} m/s

Préalablement à l'aménagement des alvéoles, l'exploitant doit élaborer un cahier des charges techniques des travaux d'exécution de la barrière passive rapportée avec la validation et le suivi par un organisme extérieur, comprenant en particulier :

- Déblaiement préliminaire :
 - Le contrôle de la qualité du matériau argileux ;
 - Les conditions de son extraction, tri et pré stockage.
- Avant la mise en œuvre in situ en fond de site :
 - La préparation du fond de terrassement avec le réglage de la pente du fond de casier ;
 - La réalisation d'une planche d'essai avant chacune des campagnes d'imperméabilisation :

Devront être définis en particulier : l'épaisseur des couches élémentaires (de l'ordre de 0,25 m), des caractéristiques des engins de compactage en vue de définir le nombre de passes d'engins nécessaire par couche élémentaire.

Les caractéristiques du matériau à mesurer lors de la mise en œuvre de la planche d'essai sont a minima les suivantes : teneur en eau (in situ), Densité (in situ), la teneur en bentonite dans le cas de l'utilisation des sables du site (de l'ordre de 2 % a priori), essais proctor (sur échantillons) ; perméabilité au laboratoire et in situ, l'étalonnage d'une relation perméabilité/densité en place/teneur en eau.

- La définition et le suivi de la procédure de mise en œuvre du matériau argileux propre à assurer l'imperméabilité requise ;

- Lors de la pose de la couche imperméable :
 - La mise en place de la barrière passive rapportée en 4 couches minimum par mètre d'épaisseur finale du matériau argileux ;
 - Le contrôle de la teneur en eau et de la densité du matériau posé et de l'homogénéité spatiale du compactage par couverture au gamma-densimètre ;
 - La mesure de perméabilité de chaque couche de matériau argileux compacté (une mesure par 1 000 m³ de matériau posé) ;
 - Le repérage sur plan à échelle adaptée des points de mesure ;
 - L'émission d'un rapport de contrôle extérieur de surveillance et la réception de chaque phase d'aménagement du fond et des flancs de l'ISDND.

La barrière de sécurité passive doit être mise en œuvre selon les recommandations et les informations figurant notamment dans les documents suivants :

- *Mise en œuvre de matériaux rapportés destinés au confinement des centres de stockage* - Août 1996 - Rapport BRGM R 38696 ;
- *Interaction argile-lixiviat - Impact sur la fonction d'étanchéité de la barrière passive* - Août 2000 - Note technique du Service Environnement et Procédés du BRGM référencée EPI/DEM - HG/BB - N°2000/702.

3

Avis sur la conformité de la barrière équivalente proposée

Les éléments nécessaires à la justification de la recevabilité et de la conformité de la barrière passive équivalente proposée, sont repris dans le [tableau 6](#) en page suivante.

La barrière passive proposée par le pétitionnaire tant en fond de site qu'en flanc, est conforme en tous points et offre une protection au moins équivalente au dispositif réglementaire.

	Exigence 1	Exigence 2	Exigence 3	Exigence 4	Exigence 5
Réglementation ou guide	1 m à 10^{-9} m/s en fond et flanc. (0,5 m minimum sur les 2 m de base des flancs)	5 m à 10^{-6} m/s en fond	Protection de la Ressource AEP	Base de la Couche à 10^{-9} m/s 2 m au dessus des plus hautes eaux	Calcul d'équivalence fond et flanc si BP absente
Constat - état initial	absent	Absents partiellement (épaisseur attestée, perméabilité non conforme)	Ressource AEP sous le site potentiellement vulnérable	Hautes eaux à 91 m NGF	BP absente au moins partiellement
Recommandation	BP à reconstituer	BP à renforcer	BP à renforcer en fond	/	Proposer une structure équivalente validée par un calcul d'équivalence
Cas équivalent	Traitement des sables du site à 2 % de bentonite compactés à l'optimum proctor à $k < 10^{-9}$ m/s sur les fonds et sur les 2 m de base des flancs sur 0,5 m et mise en place d'un GSB en fond et flanc	GSB	Mise en place d'un GSB en fond	Cote de la base de la Couche à 10^{-9} m/s à 103 m NGF soit à 12 m au-dessus des plus hautes eaux	BP équivalente proposée et validée par le calcul en fond et en flanc
Recevabilité - Conformité	Conforme	Conforme	Conforme	Recevable	Conforme

Tableau 6. Synthèse des éléments de conformité de la barrière passive.

4

Annexes : Notes de calcul (MISP_V1)

4.1 Hypothèses de calcul

Le code de calcul utilisé fait appel à des solutions analytiques dont les principales hypothèses de résolution se résument au cas d'un régime permanent en mode hydro-dispersif (advection et dispersion-diffusion), d'un milieu saturé et d'un domaine à une dimension (1D) avec les conditions maximalistes pénalisantes suivantes :

- La barrière de sécurité passive est considérée comme étant poreuse, homogène, isotrope, indéformable et saturée en eau ;
- Le calcul du transfert massique des solutés en mode diffusif nécessite la sélection d'un traceur, en l'occurrence les chlorures ($R = 1$) ;
- Le calcul du flux de Darcy à travers la barrière passive est considéré avec un écoulement vertical, unidirectionnel et uniforme ;
- Le calcul du flux de Darcy dans l'aquifère est considéré avec un écoulement horizontal unidirectionnel et uniforme ;
- Le mélange du flux massique d'infiltration avec celui de l'aquifère est supposé homogène ;
- Le terme source est supposé infini dans le temps avec une concentration unitaire constante dans le temps ;
- Le terme transfert est considéré comme nul (interaction entre la phase liquide interstitielle et la phase solide de la barrière géologique).

4.2 Ecriture mathématique

La migration verticale à partir du terme source à travers la barrière de sécurité passive est définie à partir de l'équation de transport suivante :

$$i \frac{\partial c(z,t)}{\partial z} - \theta D \frac{\delta^2 c(z,t)}{\delta z^2} = -R\theta \frac{\delta c(z,t)}{\delta t} - R\theta \lambda c(z,t)$$

- où :
- $c(z,t)$ = concentration à la profondeur z dans la couche et au temps t (M/L^3)
 - i = infiltration verticale (Darcy) ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - θ = teneur en eau volumique D = coefficient de diffusion-dispersion (L^2/T)
 - R = facteur retard à travers la barrière géologique
 - λ = constante de décroissance de premier ordre (T^{-1}).

Le coefficient de diffusion-dispersion (D) est :

$$D = \alpha \frac{i}{\theta} + D_0 \psi$$

- où :
- α = dispersivité longitudinale (L) ψ = tortuosité
 - D_0 = coefficient de diffusion dans l'eau pure (L^2/T)

L'équation de transport dans l'aquifère est :

$$R_a \phi \frac{\delta C}{\delta t} = -q \frac{\delta C}{\delta x} - \phi D_x \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} - \phi D_y \frac{\delta^2 C}{\delta y^2} - \phi D_z \frac{\delta^2 C}{\delta z^2} - R_a \phi \lambda_a C + M$$

- où :
- C = concentration dans l'aquifère au point x,y,z et au temps t (M/L^3)
 - ϕ = porosité de l'aquifère R_a = facteur de retard dans l'aquifère
 - D_x, D_y, D_z = coefficient de dispersion-diffusion dans les directions x,y,z (L^2/T)
 - λ_a = constante de dégradation de premier ordre dans l'aquifère (T^{-1})
 - M = flux massique à la surface de la nappe (sur l'aire $L \cdot B$) (M/T)

La concentration relative maximale (c^*) pour un temps quasi-infini dans l'aquifère en régime permanent est obtenue à partir de l'équation :

$$c^* = \frac{c_0}{1 + \frac{q_u E}{iL} \left[1 - \exp\left(-\frac{ie}{\theta D}\right) \right]} \quad (4)$$

- où :
- c_0 = concentration source unitaire
 - q_u = flux de DARCY dans l'aquifère en aval de la zone source ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - E = épaisseur de l'aquifère (L) i = infiltration verticale ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - e = épaisseur de la barrière (L) θ = teneur en eau volumique
 - L = plus grande longueur de la zone source dans la direction d'écoulement des eaux souterraines (L)

4.3 Paramétrage du modèle analytique MISP_V2

La concentration relative maximale (c^*) est calculée en régime permanent au toit de l'aquifère ($z=0$), le long de l'axe du panache ($y = 0$).

Le calcul en fond est réalisé sous une charge en lixiviats de 30 cm (réglementaire).

Les feuilles de paramétrage des 3 cas étudiés sont présentées dans les pages suivantes.

CAS 1

```

*****
**** MISP v2,          ACG Environnement, janv 2014 *****
**** CAS 1 Fond Cas reglementaire *****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
1
50.00      OPTION_S pour le type de terme source
50.00      Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
1.00E+00   Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
0.00      Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
0.00E-00  Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00      Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
2.00E-09  Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
0.00      Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
1.29E-09  Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
13.00     Epaisseur (m)
0.25     Teneur en eau ( )
0.30     Tortuosite ( )
13.0E-01  Dispersivite (m)
1.00     Coefficient de retard ( )
0.00E+00  Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.80E-05  Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.80E-05  Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
0.35     Porosite ( )
30.00    Epaisseur (m)
1.00E+00  Dispersivite en X (m)
1.00E-01  Dispersivite en Y (m)
1.00E-01  Dispersivite en Z (m)
0.30     Tortuosite ( )
0.00E-00  Cnte de degradation (1/an)
1.00     Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
0.10     Premier temps de calcul du flux (an)
4        Nombre de cycles log temps
10       Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
2        *** OPTION_A pour le type de concentration
         (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
         (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
0.00     Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00    Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
10       Nombre de subdivisions de l'intervalle
2        *** OPTION_B pour le type de restitution
         (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
0.00     Temps (an) pour le calcul
0.00     Premier point X des profils de concentration (m)
0        Nombre de cycle log
0        Nombre de points par cycle log
         (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00   Coordonnee X (m) du point
0.00     Coordonnee Y (m) du point
0.00     Coordonnee Z (m) du point
0.10     Premier temps de calcul (an)
4        Nombre de cycles log
10       Nombre de points par cycle log
1        *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
         (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
0.00     Valeur max de Y (m)
0.00     Increment de Y (m)
0.00     Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
         (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
0.00     Profondeur max (m)
0.00     Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
0.00     Valeur de Y (m)
1        *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
0.00     Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00     Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00     Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
         (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```

CAS 2

```

*****
**** MISP v2,          ACG Environnement, janv 2014 *****
**** CAS 2 Fond Cas equivalent GSB *****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
      1          OPTION_S pour le type de terme source
      50.00      Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
      50.00      Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00      Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
      0.00      Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00      Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
      0.00      Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09      Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
1.16E-09      Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
      13.00      Epaisseur (m)
      0.25      Teneur en eau ( )
      0.30      Tortuosite ( )
13.0E-01      Dispersivite (m)
      1.00      Coefficient de retard ( )
0.00E+00      Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.80E-05      Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.80E-05      Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
      0.35      Porosite ( )
      30.00      Epaisseur (m)
1.00E+00      Dispersivite en X (m)
1.00E-01      Dispersivite en Y (m)
1.00E-01      Dispersivite en Z (m)
      0.30      Tortuosite ( )
0.00E-00      Cnte de degradation (1/an)
      1.00      Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
      0.10      Premier temps de calcul du flux (an)
      4          Nombre de cycles log temps
      10         Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
      2          *** OPTION_A pour le type de concentration
                (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
                (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
      0.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
      10         Nombre de subdivisions de l'intervalle
      2          *** OPTION_B pour le type de restitution
                (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
      0.00      Temps (an) pour le calcul
      0.00      Premier point X des profils de concentration (m)
      0          Nombre de cycle log
      0          Nombre de points par cycle log
                (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00      Coordonnee X (m) du point
      0.00      Coordonnee Y (m) du point
      0.00      Coordonnee Z (m) du point
      0.10      Premier temps de calcul (an)
      4          Nombre de cycles log
      10         Nombre de points par cycle log
      1          *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
                (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
      0.00      Valeur max de Y (m)
      0.00      Increment de Y (m)
      0.00      Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
                (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
      0.00      Profondeur max (m)
      0.00      Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
      0.00      Valeur de Y (m)
      1          *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
      0.00      Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
      0.00      Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
      0.00      Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
                (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```

CAS 3

```

*****
**** MISP v2,          ACG Environnement, janv 2014 *****
**** CAS 3 Fond Cas penalisant GSB *****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
      1          OPTION_S pour le type de terme source
      50.00      Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
      50.00      Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00      Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
      0.00      Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00      Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
      0.00      Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09      Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
1.17E-09      Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
      3.00      Epaisseur (m)
      0.25      Teneur en eau ( )
      0.30      Tortuosite ( )
      3.0E-01      Dispersivite (m)
      1.00      Coefficient de retard ( )
0.00E+00      Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.80E-05      Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.80E-05      Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
      0.35      Porosite ( )
      30.00      Epaisseur (m)
1.00E+00      Dispersivite en X (m)
1.00E-01      Dispersivite en Y (m)
1.00E-01      Dispersivite en Z (m)
      0.30      Tortuosite ( )
0.00E-00      Cnte de degradation (1/an)
      1.00      Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
      0.10      Premier temps de calcul du flux (an)
      4          Nombre de cycles log temps
      10         Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
      2          *** OPTION_A pour le type de concentration
                (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
                (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
      0.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
      10         Nombre de subdivisions de l'intervalle
      2          *** OPTION_B pour le type de restitution
                (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
      0.00      Temps (an) pour le calcul
      0.00      Premier point X des profils de concentration (m)
      0          Nombre de cycle log
      0          Nombre de points par cycle log
                (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00      Coordonnee X (m) du point
      0.00      Coordonnee Y (m) du point
      0.00      Coordonnee Z (m) du point
      0.10      Premier temps de calcul (an)
      4          Nombre de cycles log
      10         Nombre de points par cycle log
      1          *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
                (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
      0.00      Valeur max de Y (m)
      0.00      Increment de Y (m)
      0.00      Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
                (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
      0.00      Profondeur max (m)
      0.00      Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
      0.00      Valeur de Y (m)
      1          *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
      0.00      Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
      0.00      Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
      0.00      Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
                (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```

CAS 4

```

*****
**** MISP_v2,      ACG Environnement, oct 2015      *****
**** CAS 4 Fond Cas penalisant sable GSB *****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
      1          OPTION_S pour le type de terme source
      50.00      Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
      50.00      Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00      Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
      0.00      Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00      Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
      0.00      Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09      Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
1.16E-09      Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
      3.71      Epaisseur (m)
      0.25      Teneur en eau ( )
      0.30      Tortuosite ( )
      3.7E-01      Dispersivite (m)
      1.00      Coefficient de retard ( )
0.00E+00      Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.80E-05      Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.80E-05      Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
      0.35      Porosite ( )
      30.00      Epaisseur (m)
1.00E+00      Dispersivite en X (m)
1.00E-01      Dispersivite en Y (m)
1.00E-01      Dispersivite en Z (m)
      0.30      Tortuosite ( )
0.00E-00      Cnte de degradation (1/an)
      1.00      Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
      0.10      Premier temps de calcul du flux (an)
      4          Nombre de cycles log temps
      10         Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
      2          *** OPTION_A pour le type de concentration
                (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
                (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
      0.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
      10         Nombre de subdivisions de l'intervalle
      2          *** OPTION_B pour le type de restitution
                (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
      0.00      Temps (an) pour le calcul
      0.00      Premier point X des profils de concentration (m)
      0          Nombre de cycle log
      0          Nombre de points par cycle log
                (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00      Coordonnee X (m) du point
      0.00      Coordonnee Y (m) du point
      0.00      Coordonnee Z (m) du point
      0.10      Premier temps de calcul (an)
      4          Nombre de cycles log
      10         Nombre de points par cycle log
      1          *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
                (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
      0.00      Valeur max de Y (m)
      0.00      Increment de Y (m)
      0.00      Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
                (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
      0.00      Profondeur max (m)
      0.00      Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
      0.00      Valeur de Y (m)
      1          *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
      0.00      Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
      0.00      Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
      0.00      Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
                (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```

Annexe 8.

Calculs de stabilité

Technosol, 2014



N. Réf. : JJTB/AG N°TEA140046

K20

19, rue Emile Duclaux
CS 10001
92268 – SURESNES CEDEX

Ballainvilliers, le 15 octobre 2015

Dossier suivi par :

Jacques-Jean TONDJI BIYO

Tél. : 01 69 09 14 51

Fax : 01 64 48 23 56

jj.tondjibiyo@technosol.fr

60 - LIANCOURT

ISDND de Liancourt Saint-Pierre - Lierville

Mission G5 : Diagnostic géotechnique – Projet d’extension de l’ISDND

1. MISSION

Les études géotechniques présentées ci-dessous entrent dans le cadre de l’extension de l’ISDND de Liancourt Saint-Pierre – Lierville (appelé LSP3) exploitée par SITA IDF.

Ces études de type G5, ont consisté en :

- Stabilité au décaissement (définir le profil de stabilité au droit de la zone la plus profonde du site) ;
- Cas particulier de la zone d’appui entre LSP1 et LSP3 où des tassements théoriques sont possibles et méritent d’être étudiés ;
- Stabilité de la digue périmétrique qui sera mise en place avec prise en compte d’une surcharge lié au passage des camions.

Les études de stabilité ont été réalisées en amont du projet technique sur la base des données géotechniques acquises sur le site et des profils et coupes de principe fournis par 2NE, BE chargé notamment du Dossier Technique du DDAE. Elles ont servi de base à la définition du projet tel que présenté dans le dossier technique.



2. LE SITE

L'ISDND actuelle est localisée sur les communes de Liancourt-Saint-Pierre et Lierville (département de l'Oise, 60) à une dizaine de kilomètres au sud-est de Chaumont-en-Vexin et une quinzaine de kilomètres au nord-est de Magny-en-Vexin. L'extension, pour sa part, est localisée sur les communes de Lierville et Lavilletterte.

Le projet d'extension se trouve au Sud-est immédiat de l'ICPE, au nord du Bois de Bochet au lieu-dit « sous le Bochet ».

Le site étudié est en continuité orientale de l'ISDND actuelle.

Les coordonnées topographiques au centre du projet, rapportées au système géodésique français (NGF) sont :

X = 569 300

Y = 2 468 000

Z = 115 m NGF

3. DOCUMENTS D'ETUDE

Notre mission est effectuée à partir des documents suivants :

- Rapport émis par ACG Environnement, intitulé « Etude de qualification géologique, hydrogéologique, hydrologique et géotechnique », version 3, en date d'octobre 2015,
- Extrait de l'étude de stabilité du centre d'enfouissement technique à Liancourt, transmis par ACG Environnement, référencé 2000, LSP2,
- Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG), émis par SITA France, intitulé « Fournitures et mise en œuvre de géosynthétiques pour la réalisation de dispositifs d'étanchéité et de drainage dans les installations de Stockage de déchets – Prescriptions de mise en œuvre », version 5 en date du 30 juillet 2012,
- Certificat de qualité du géotextile de drainage, transmis par ACG Environnement,
- Plan intitulé « Plan topographique et réseaux », à l'échelle 1/1000, référencé n°19387, émis par Maxime CORRE Géomètre-Expert, en date du 07 janvier 2014,
- Schéma du raccordement de l'extension, réalisé par 2NE,
- Divers éléments du projet, transmis par mail par ACG Environnement.
- Profils du projet intitulés « Dôme » et « Fond de forme » transmis par 2NE,
- Fiche technique des véhicules prévus pour la circulation au droit du site.



4. LE PROJET

Il prévoit l'extension de l'ISDND actuelle. Les éléments ci-après sont issus des données qui nous ont été transmises par SITA IDF :

Pour le projet LSP3 :

- Le décaissement d'une quinzaine de mètres de matériau pour les besoins de création du vide de fouille (sables de Beauchamp puis des marnes et Caillasses) avec un point bas étudié à 103 m NGF;
- La mise en place d'une digue périmétrique ;
- Le remplissage par des déchets jusqu'à une cote finale de 135 m NGF avec une pente de 3 à 4 % environ ;
- L'appui sur l'ancien site (LSP1 au nord-ouest).

Le cas particulier de la zone d'appui entre LSP1 et LSP3 :

- Présence de déchets en dessous de la route périphérique (Talus en contrebas LSP1) et au-dessus de la route périphérique (Dôme Sud LSP1) ;
- Dôme Sud LSP1 rechargé avec une épaisseur de 2 m de matériaux issus du site (LSP2) ;
- Age des déchets : déchets mis en place entre les années 1970 et 1990 au droit du talus en contrebas LSP1, déchets mis en place entre les années 1990 et 2000 au droit du Dôme Sud LSP1 ;
- Types de déchets en place : 40% OM et 60% DIB ;
- Cote du fond de forme de LSP1 à 108 m NGF, et celle de LSP3 à 103 m NGF.
- Point de raccordement entre LSP3 et LSP1 à la cote de 132 m NGF.

5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

D'après les documents qui nous ont été fournis, les terrains de surface sont concernés par la succession stratigraphique suivante, au droit de l'extension, pour un niveau de T.N moyen à 117 m NGF :

- Sables de Beauchamp jusqu'à la cote 114 m NGF,
- Marnes et Caillasses jusqu'à la cote 101 m NGF,
- Calcaire Grossier jusqu'à la cote 90 m NGF.

Le premier niveau de nappe sous le site est contenu dans les formations du Lutétien et des Sables de Cuise, dont la cote du NPHE est de 91 m NGF.



6. ETUDE DE STABILITE AU DECAISSEMENT ET ESTIMATION DES TASSEMENTS A L'INTERFACE LSP1/LSP3

Pour la stabilité au décaissement, une étude paramétrique a été effectuée sur les Sables de Beauchamp résiduels, formation aux caractéristiques géomécaniques les plus contraignantes afin d'optimiser la pente talutaire sécuritaire et la distance d'entrée en terre de LSP3 par rapport à LSP1 ;

Des calculs ont été réalisés avec le logiciel PLAXIS 2D afin d'étudier la stabilité du site et d'estimer les tassements des déchets antérieurs dus au remplissage.

6.1. Procédure de calcul

Les étapes du calcul réalisé sont les suivantes :

- Etablissement d'un modèle géométrique,
- Calage des paramètres géotechniques,
- Etude des paramètres géotechniques des Sables de Beauchamp,
- Etude de stabilité et estimation des tassements.

6.2. Modèle géométrique

Le modèle théorique a été établi à partir du schéma de raccordement initial de base qui nous a été fourni par 2NE et complété par des données géologiques d'ACG (voir les figures ci-dessous).

Il correspond à un profil moyen considéré dans le cas défavorable à savoir : un décaissement maximal à 103 m NGF et une épaisseur maximale de sable (horizon aux caractéristiques géomécaniques les moins favorables). Il ne correspond pas au profil final stable retenu par le client.

Le tableau récapitulant les coordonnées des nœuds du modèle est joint en annexe.

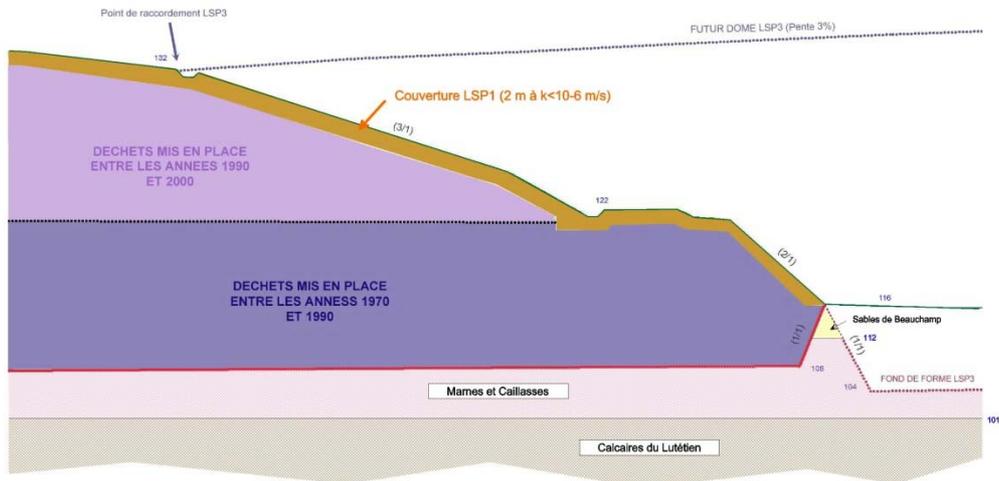


Figure 1. Schéma initial de base du raccordement.

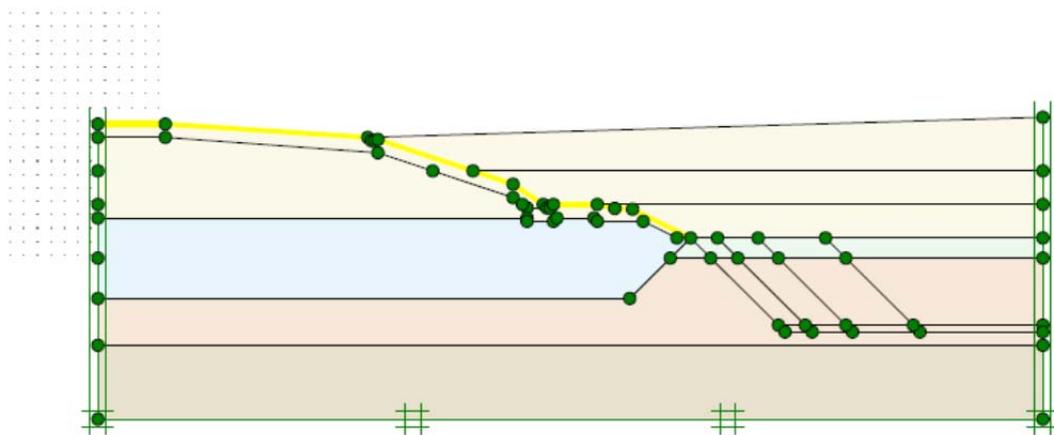


Figure 2. Modèle géométrique sous PLAXIS 2D

6.3. Calage et étude paramétriques pour l'étude de stabilité au décaissement

Deux calages ont été réalisés de façon à justifier la stabilité initiale du site :

- Au niveau des matériaux de remblaiement : avec les matériaux de LSP2 et la couverture,
- Au niveau des déchets existants.

6.3.1. Calage des paramètres géomécaniques des matériaux de remblaiement

Dans un premier temps, les valeurs suivantes ont été retenues pour les matériaux de remblaiement en surface. Cependant, il apparaît au vu des premiers calculs réalisés que la stabilité actuelle du site n'est pas justifiée.

MATERIAUX	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	COHESION c' (kPa)	ANGLE DE FROTTEMENT φ' (°)	MODULE PRESSIOMETRIQUE* E_M (MPa)	MODULE D'YOUNG (kPa)
Matériaux de LSP2	10	0	10	1	1 500
Couverture LSP1	20	20	10	1	1 500

Aussi, les valeurs retenues pour ces matériaux sont celles des déchets existants.

6.3.2. Calage des paramètres géomécaniques des déchets existants

Les couples de valeurs suivants ont été étudiés pour déterminer les paramètres géomécaniques des déchets existants justifiant la stabilité du site :

Matériaux	Déchets mis en place entre les années 1990 et 2000		Déchets mis en place entre les années 1970 et 1990	
	c' (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	φ' (°)
Calage 1	0	20	5	20
Calage 2	5	20	5	20
Calage 3	5	15	5	20
Calage 4	0	20	5	25
Calage 5	5	20	5	25
Calage 6	5	15	5	25

Aucune convergence des calculs n'a été obtenue pour les calages n°1 et n°4.

Un coefficient de sécurité $\Sigma M_{sf} = 1.5$ est obtenu pour les calages n°2 et n°3, correspondant à une stabilité en phase définitive.

Un coefficient de sécurité $\Sigma M_{sf} = 1.3$ est obtenu pour les calages n°3 et n°6, correspondant à une stabilité en phase provisoire.



Aussi, dans la suite de nos calculs, nous avons retenu les couples de valeurs suivantes :

- **Déchets mis en place entre les années 1990 et 2000 : $c' = 5$ kPa et $\varphi' = 15^\circ$,**
- **Déchets mis en place entre les années 1990 et 1970 : $c' = 5$ kPa et $\varphi' = 25^\circ$,**

6.3.3. Etude paramétrique des Sables de Beauchamp

A partir des éléments qui nous ont été transmis, sur les résultats des essais mécaniques réalisés en laboratoire sur les Sables de Beauchamp, nous avons considéré les deux couples de valeurs suivants :

- une cohésion $c' = 0$ kPa et un angle de frottement de $\varphi' = 25^\circ$,
- une cohésion $c' = 5$ kPa et un angle de frottement de $\varphi' = 30^\circ$.

Des calculs de stabilité lors de l'excavation jusqu'à la cote de 103 m NGF ont été réalisés pour les configurations suivantes, avec le premier couple de valeurs ($c' = 0$ kPa et $\varphi' = 25^\circ$) :

- N°1 : Excavation en pied des déchets existants pour une pente de talus de 1/1,
- N°2 : Excavation à une distance de 4 m par rapport au pied des déchets existants pour une pente de talus de 1/1,
- N° 3 : Excavation à une distance de 10 m par rapport au pied des déchets existants pour une pente de talus de 1/1,
- N° 4 : Excavation à une distance de 20 m par rapport au pied des déchets existants pour une pente de talus de 1/1,
- N° 5 : Excavation en pied des déchets existants pour une pente de talus de 2H/1V,
- N° 6 : Excavation en pied des déchets existants pour une pente de talus de 3H/1V,
- N° 7 : Excavation à une distance de 2 m par rapport au pied des déchets existants pour une pente de talus de 3H/1V,
- N°8 : Excavation en pied des déchets existants pour une pente de talus de 3H/1 V dans les Sables de Beauchamp, puis une pente de talus de 1/1 dans les Marnes et Caillasses,
- N°9 : Excavation en pied des déchets existants pour une pente de talus de 3H/1 V dans les Sables de Beauchamp, puis une pente de talus verticale dans les Marnes et Caillasses.

Pour les cas n°1, n°2, n°3, n°5 et n°9, les calculs n'ont pas convergé.

Pour les cas n°4, n°6, n°7 et n°8, le coefficient de sécurité est de $\Sigma M_{sf} = 1.3$, correspondant à une stabilité provisoire.



6.3.4. Résultats obtenus

Ainsi, avec $c' = 0$ kPa et $\varphi' = 25^\circ$ dans les Sables de Beauchamp, pour une stabilité provisoire et une excavation à la cote de 103 m NGF, nous aboutissons aux résultats suivants :

- Pour garder une pente de talus de 1/1, il faut avoir une distance de 20 m par rapport au pied des déchets,
- Soit considérer une pente de talus de 3H/1V dans toutes les formations,
- Soit considérer une pente de talus de 3H/1V dans la formation des Sables de Beauchamp et une pente de talus de 1/1 dans les Marnes et Caillasses sous-jacentes.

Par la suite, en tenant compte des valeurs suivantes $c' = 5$ kPa et $\varphi' = 30^\circ$ dans ce faciès et une pente de 1/1 en pied des déchets existants, le coefficient de sécurité est de $\Sigma M_{sf} = 1.3$ justifiant la stabilité provisoire du site.

Ainsi, pour les Sables de Beauchamp, nous retiendrons $c' = 5$ kPa et $\varphi' = 30^\circ$, qui nous semblent cohérentes par rapport aux valeurs enveloppes obtenues habituellement dans cette formation.



6.4. Etude de stabilité et de tassement en phase remplissage

6.4.1. Hypothèses géotechniques retenues

- Les hypothèses retenues dans la suite des calculs sont les suivantes :

MATERIAUX	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	COHESION $c' \text{ (kPa)}$	ANGLE DE FROTTEMENT $\varphi'(^{\circ})$	MODULE PRESSIOMETRIQUE* $E_M(\text{MPa})$	MODULE D'YOUNG (kPa)
Déchets mis en place entre les années 1990 et 2000	10	5	15	1	1 500
Déchets mis en place entre les années 1970 et 2000	15	5	25	4	6 000
Argile	15	Cu = 20	0	15	22 500
Sables de Beauchamp	20	5	30	16	24 000
Marnes et Caillasses	18.8	80	30	20	30 000
Calcaire Grossier	18.8	300	30	100	150 000

*Valeurs usuelles

- La valeur du coefficient rhéologique pris en compte pour les matériaux est de 2/3,
- La valeur du coefficient de Poisson retenue est de 0.3,
- En ce qui concerne le module d'Young du géotextile, sa valeur a été déterminée à partir de la fiche technique qui nous a été fournie. A savoir :

Déformation (%)	Résistance à la traction (kN/m)	Epaisseur (mm)	Module d'Young (kPa)
5	5	6	17
95	46	6	8
→ Soit une valeur retenue du module d'Young de 12 kPa			



Les tableaux récapitulant les caractéristiques attribués aux matériaux sont joints en annexe.

6.4.2. Phases de calcul

Le calcul se fait selon la succession des phases suivantes :

- Phase 1 : Application du poids propre des matériaux, initialisation des contraintes,
- Phase 3 : Activation du géotextile,
- Phase 2 : Calcul de sécurité pour l'état initial,
- Phase 4 : Calcul en plasticité correspondant à une excavation en aval avec une pente de talus de 1/1 jusqu'à la cote de 103 m NGF,
- Phase 5 : Calcul de sécurité suite à l'excavation précédente,
- Phase 6 : Calcul en plasticité correspondant à la mise en place de la couche d'argile jusqu'à la cote de 104 m NGF,
- Phase 7 : Calcul en plasticité correspondant à la mise en place d'une couche de déchets jusqu'à la cote de 117 m NGF,
- Phase 8 : Calcul en plasticité correspondant à la mise en place d'une couche de déchets jusqu'à la cote de 122 m NGF,
- Phase 9 : Calcul en plasticité correspondant à la mise en place d'une couche de déchets jusqu'à la cote de 127 m NGF,
- Phase 10 : Calcul en plasticité correspondant à la mise en place d'une couche de déchets jusqu'à la cote de 132 m NGF.

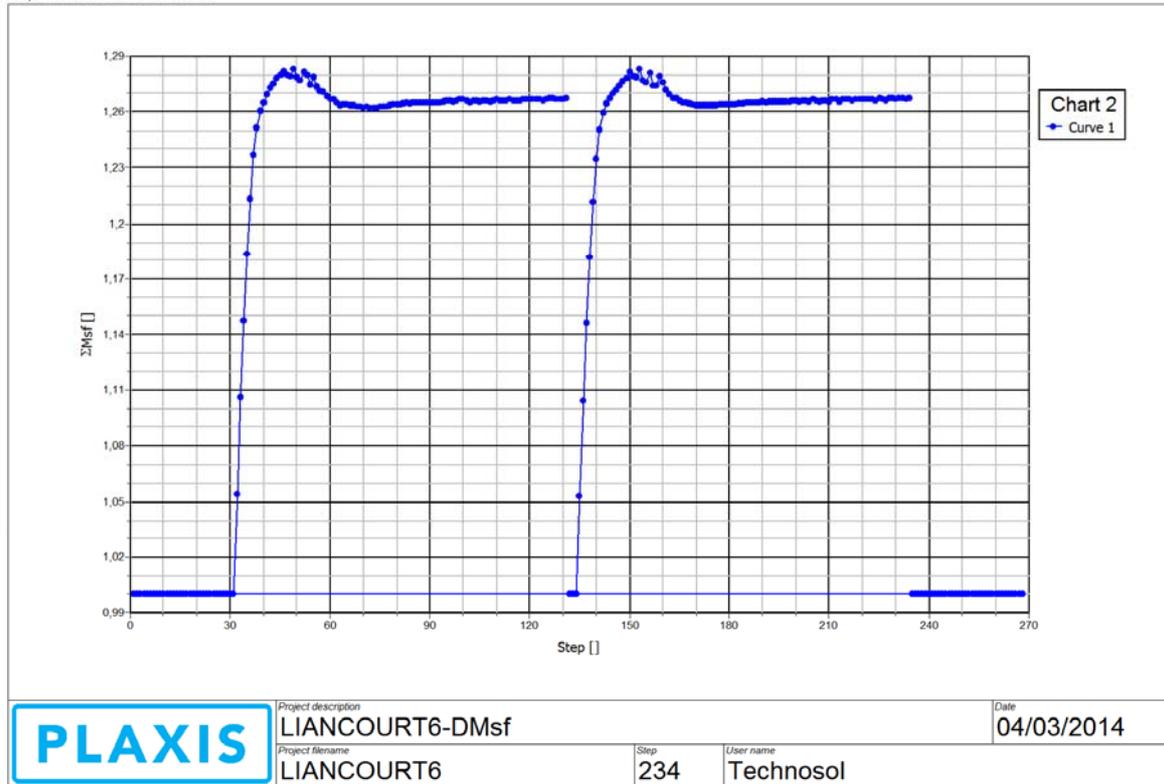
6.4.3. Principaux résultats

6.4.3.1. Résultats des calculs de sécurité

Ils concernent les phases n°3 et n°5. Le coefficient de sécurité obtenu est de $\Sigma M_{sf} = 1.3$. L'ouvrage est stable en phase provisoire.



Output Version 2012.2.14975.10081



6.4.3.2. Tassements maximaux

Les tassements maximaux obtenus à la fin des phases de remplissage sont de :

Phase	Tassements u_y (m)
7	0.46
8	0.43
9	0.57
10	1.25

Les figures sont jointes en annexe.

Les tassements maximum attendus sont faibles (de l'ordre de 1.25 m).



7. ETUDE DE STABILITE DE LA DIGUE PERIMETRIQUE

Des calculs ont été réalisés avec le logiciel TALREN afin d'étudier la stabilité de la digue avec surcharge (camion).

7.1. Profils

Les profils qui nous ont été transmis ont été modélisés sous TALREN (voir les figures ci-après).

7.2. Hypothèses géotechniques retenues

Les hypothèses retenues dans la suite des calculs sont les suivantes :

MATERIAUX	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	COHESION c' (kPa)	ANGLE DE FROTTEMENT φ' (°)
Déchets	10	5	15
Remblai pour la digue	18.8	80	10
Sables de Beauchamp	20	5	30
Marnes et Caillasses	18.8	80	30

Selon les éléments qui nous ont été transmis, la digue sera constituée par les matériaux de la formation des Marnes et Caillasses.

Concernant les surcharges, on retiendra une valeur de 15 kPa.

7.3. Phases de calcul

Les phases de calcul étudiées sont les suivantes pour chacun de profils étudiés :

Profil	Phases	
« Fond de forme »	1	Excavation et application de la surcharge
	2	Construction de la digue et application de la surcharge
« Dôme »	3	Mise en place des déchets et présence de la digue
	4	Mise en place des déchets, présence de la digue, application de la surcharge



7.4. Résultats obtenus

Les graphiques obtenues et la synthèse des résultats sont présentées ci-après:

Profil	Phases		Coefficient de sécurité
« Fond de forme »	1	Excavation et application de la surcharge	5.06
	2	Construction de la digue et application de la surcharge	3.24
« Dôme »	3	Mise en place des déchets et présence de la digue	2.46
	4	Mise en place des déchets, présence de la digue, application de la surcharge	2.26

Ces résultats indiquent que les configurations étudiées sont stables.

D'une manière générale, vu l'importance des déchets qui seront mis en place, les matériaux de reprofilage vont représenter une surcharge négligeable vis-à-vis de la stabilité générale du site.

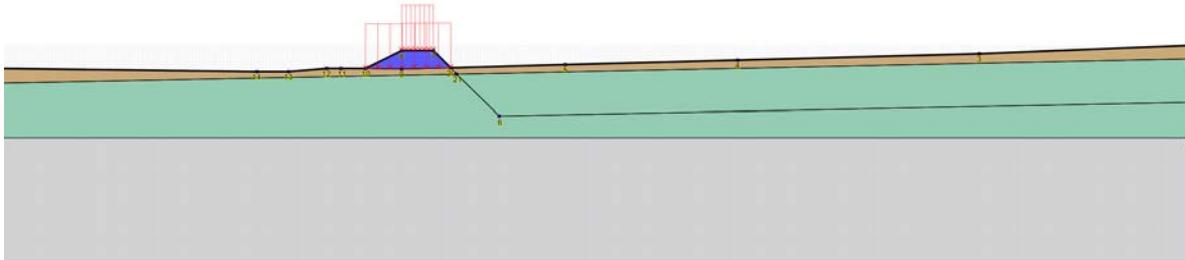


Figure 3. Profil « fond de forme » réalisé sous TALREN

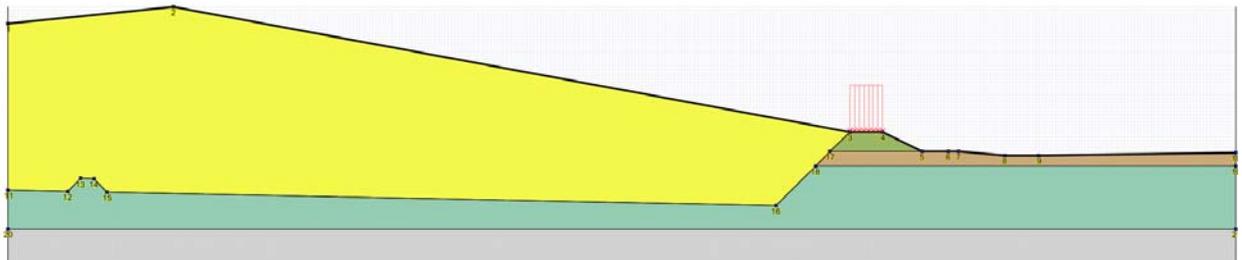
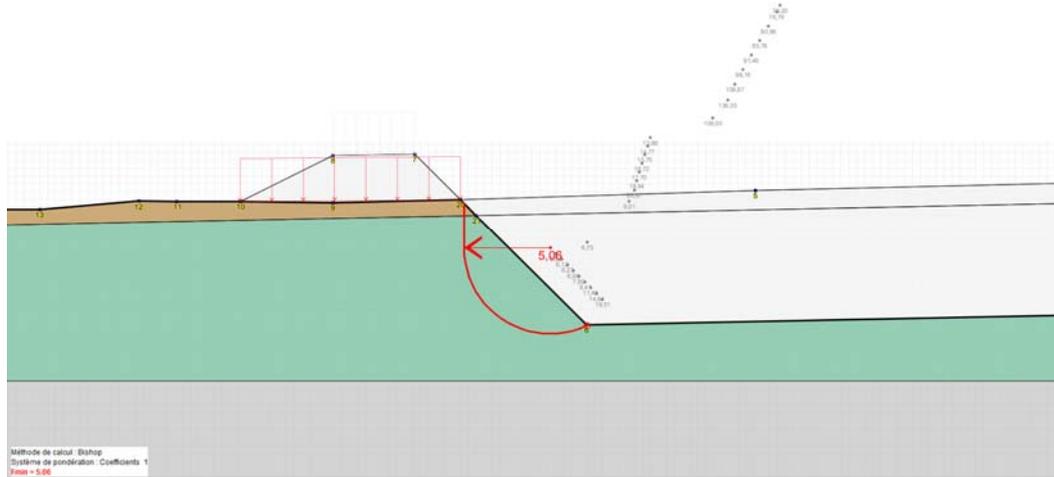


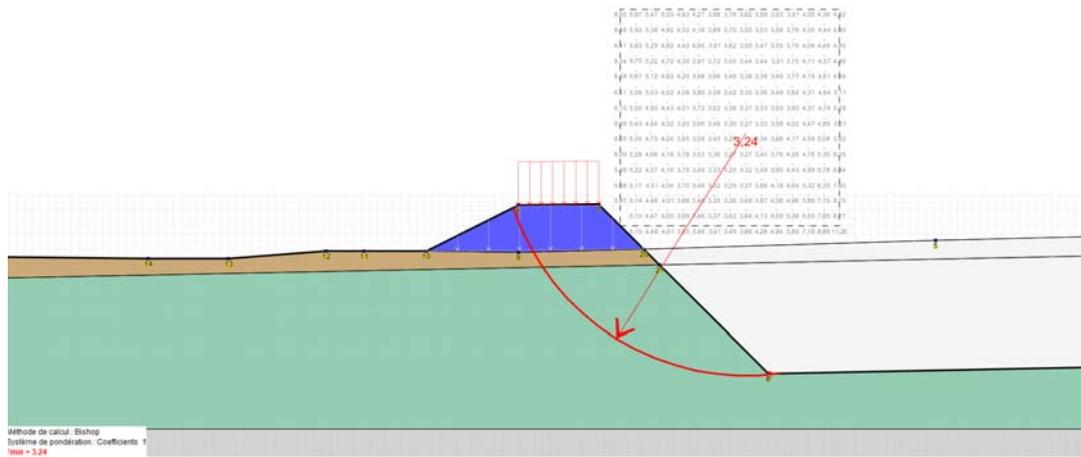
Figure 4. Profil « Dôme » réalisé sous TALREN



7.4.1. Phase 1

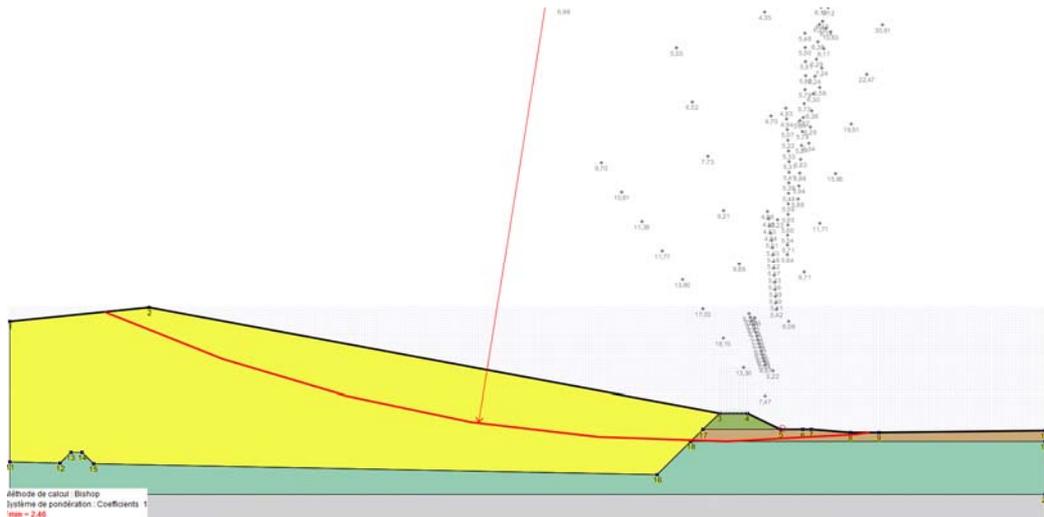


7.4.2. Phase 2

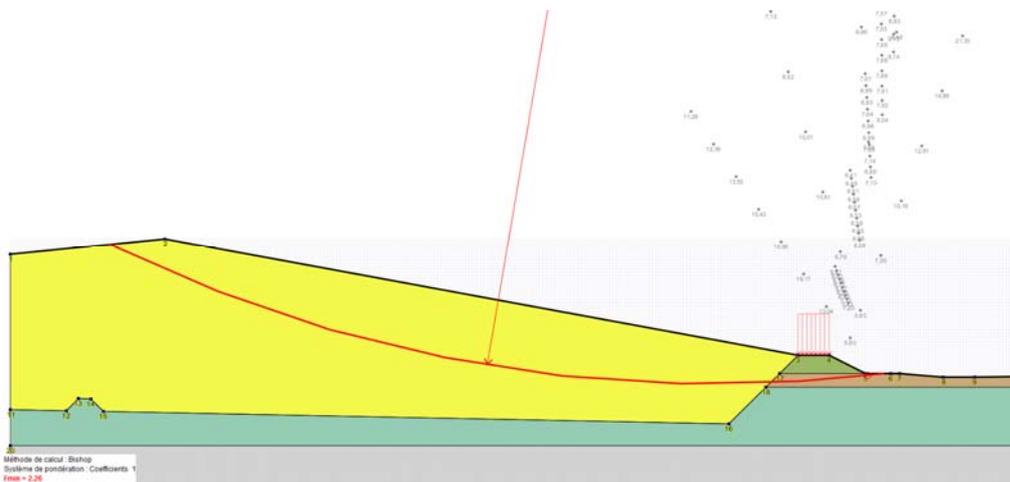




7.4.3. Phase 3



7.4.4. Phase 4





8. CONCLUSIONS

3 Types de calculs ont été réalisés pour le projet d'extension de L'ISDND de Liancourt-saint-Pierre (LSP3) :

- Calcul de stabilité au décaissement pour un fond de terrassement maximisé à 103 m NGF ;
- Calcul de stabilité et de tassement au droit de la zone d'appui entre LSP1 et LSP3 ;
- Calcul de stabilité de la digue périmétrique avec surcharge.

Concernant la stabilité au décaissement, 3 profils sont stables :

Profil 1 : une pente unique de 1H/1V dans les sables de Beauchamp et dans les Marnes et Caillasses sous-jacentes en positionnant l'entrée en terre de LSP3 à 20 m de LSP1 ;

Profil 2 : avec une entrée en terre de LSP3 au plus proche de LSP1, il convient d'avoir une pente unique dans les sables de Beauchamp et dans les Marnes et Caillasses sous-jacentes de 3H/1V ;

Profil 3 : avec une entrée en terre de LSP3 au plus proche de LSP1, il est possible d'optimiser la pente talutaire à 3H/1V dans les sables et de 1H/1V dans les marnes

Pour la zone d'appui entre LSP1 et LSP3, la modélisation sous plaxis 2D, avec des paramètres pénalisants, ont montré que la stabilité est assurée avec **un tassement** maximal faible de 1,25 m pour LSP3 et inférieur à 0,2 m sur LSP1.

Pour la digue périmétrique avec surcharge, la digue est autostable pour une largeur en haut de digue de 5 m avec :

- o des pentes externes de la digue périphérique qui seront de 2/Horizontal pour 1/Vertical.
- o des pentes internes à cette digue qui seront quant à elle de 1/Horizontal pour 1/Vertical.

9. RECOMMANDATIONS

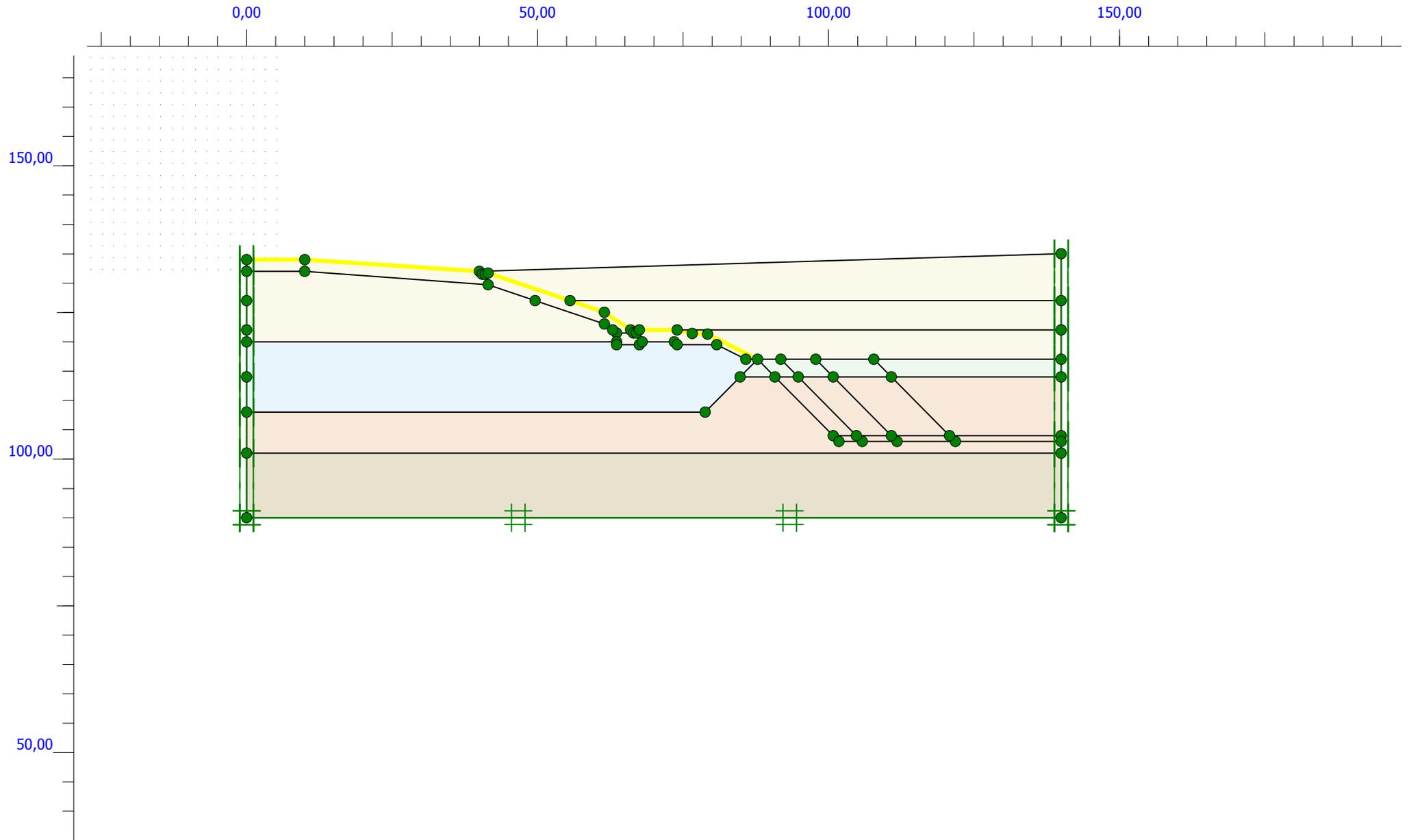
- Il faudra s'assurer de l'absence de risque de ravinement des talus notamment au droit des Sables de Beauchamp par la mise en œuvre rapide de la barrière active réglementaire ou de tout autre moyen en phase provisoire ;
- Ces études de diagnostic initial peuvent être, au besoin, optimisée en phase travaux moyennant notamment la réalisation de sondage au pénétromètre statique pour obtenir des paramètres in-situ moins pénalisants que les données utilisées dans la présente note.



Jacques-Jean TONDJI BIYO
Directeur de Projets



ANNEXES



Project description

LIANCOURT-Modèle

Project filename

LIANCOURT6.P2D

Date

03/03/2014

User name

Technosol

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Input nodes

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 1

Index	Node	X [m]	Y [m]
0	121	0,000	134,000
1	1449	10,000	134,000
2	9583	40,000	132,000
3	3593	0,000	90,000
4	8861	40,500	131,500
5	8835	41,000	131,500
6	9480	41,500	131,700
7	24859	61,500	125,030
8	35995	66,000	122,000
9	38743	66,500	121,500
10	38666	67,000	121,500
11	53558	67,500	122,000
12	68235	74,000	122,000
13	56515	76,600	121,400
14	63891	79,200	121,300
15	43807	87,800	117,000
16	73	0,000	132,000
17	787	10,000	132,000
18	7517	41,500	129,700
19	19242	61,500	123,030
20	22835	63,600	121,500
21	20954	63,600	120,000
22	19193	63,600	119,500
23	684	0,000	120,000
24	26490	67,500	119,500
25	30775	68,000	120,000
26	32978	73,500	120,000
27	32949	74,000	119,500
28	38053	80,800	119,500
29	32618	85,800	117,000
30	17337	78,800	108,000

Project description : LIANCOURT6

Output Version 2012.2.14975.10081

User name : Technosol

Project filename : LIANCOURT6

Date : 03/03/2014

Output : Input nodes

Page : 2

Index	Node	X [m]	Y [m]
31	1841	0,000	108,000
32	29927	100,800	104,000
33	29911	101,800	103,000
34	2221	0,000	101,000
35	1213	0,000	114,000
36	24210	84,800	114,000
37	30163	90,800	114,000
38	489	0,000	122,000
39	20996	62,914	122,000
40	235	0,000	127,000
41	17911	55,593	127,000
42	10740	49,596	127,000
43	88117	140,000	135,000
44	62293	140,000	90,000
45	81657	140,000	117,000
46	70068	140,000	104,000
47	66165	140,000	103,000
48	62335	140,000	101,000
49	79465	140,000	114,000
50	83516	140,000	122,000
51	84996	140,000	127,000
52	43501	91,800	117,000
53	34495	105,800	103,000
54	34511	104,800	104,000
55	37359	94,800	114,000
56	70450	107,800	117,000
57	46787	121,800	103,000
58	46803	120,800	104,000
59	58690	110,800	114,000
60	54896	97,800	117,000
61	39814	111,800	103,000

Project description : LIANCOURT6

Output Version 2012.2.14975.10081

User name : Technosol

Project filename : LIANCOURT6

Date : 03/03/2014

Output : Input nodes

Page : 3

Index	Node	X [m]	Y [m]
62	39842	110,800	104,000
63	50913	100,800	114,000

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Materials

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 1

Material set

Identification number	3	4	5
Identification	Dech1	Dech2	SB
Material model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	Drained	Drained	Drained
Colour	RGB 236, 232, 156	RGB 195, 229, 249	RGB 182, 226, 190
Comments			

General properties

γ_{unsat}	kN/m ³	10,00	15,00	20,00
γ_{sat}	kN/m ³	10,00	15,00	20,00

Advanced

Void ratio

Dilatancy cut-off	No	No	No
e_{init}	0,5000	0,5000	0,5000
e_{min}	0,000	0,000	0,000
e_{max}	999,0	999,0	999,0

Damping

Rayleigh α	0,000	0,000	0,000
Rayleigh β	0,000	0,000	0,000

Stiffness

E	kN/m ²	1500	6000	24,00E3
ν (nu)		0,3000	0,3000	0,3000

Alternatives

G	kN/m ²	576,9	2308	9231
E_{oed}	kN/m ²	2019	8077	32,31E3

Strength

c_{ref}	kN/m ²	5,000	5,000	5,000
ϕ (phi)	°	15,00	25,00	30,00
ψ (psi)	°	0,000	0,000	0,000

Velocities

V_s	m/s	23,78	38,83	67,25
V_p	m/s	44,48	72,64	125,8

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Materials

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 2

Identification		Dech1	Dech2	SB
Advanced				
Set to default values		Yes	Yes	Yes
Stiffness				
E_{inc}	kN/m ² /m	0,000	0,000	0,000
γ_{ref}	m	0,000	0,000	0,000
Strength				
C_{inc}	kN/m ² /m	0,000	0,000	0,000
γ_{ref}	m	0,000	0,000	0,000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour				
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9783	0,9783	0,9783
ν_u		0,4950	0,4950	0,4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	56,25E3	225,0E3	900,0E3
Consolidation				
$C_{v,ref}$	m ² /day	0,000	0,000	0,000
Strength				
Strength		Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}		1,000	1,000	1,000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
Real interface thickness				
δ_{inter}		0,000	0,000	0,000
K0 settings				
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x}$		0,7412	0,5774	0,5000
Model				
Data set		Standard	Standard	Standard

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Materials

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 3

Identification		Dech1	Dech2	SB
Soil				
Type		Coarse	Coarse	Coarse
< 2 μm	%	10,00	10,00	10,00
2 μm - 50 μm	%	13,00	13,00	13,00
50 μm - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00
Parameters				
Set to default values		No	No	No
k_x	m/day	0,000	0,000	0,000
k_y	m/day	0,000	0,000	0,000
$^{-}\Psi_{\text{unsat}}$	m	10,00E3	10,00E3	10,00E3
e_{init}		0,5000	0,5000	0,5000
Change of permeability				
c_k		1,000E15	1,000E15	1,000E15

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Materials

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 4

Material set

Identification number	6	7	8
Identification	MC	CG	Argile
Material model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type	Drained	Drained	Undrained (B)
Colour	RGB 230, 181, 132	RGB 200, 182, 137	RGB 241, 228, 246
Comments			

General properties

γ_{unsat}	kN/m ³	18,80	18,80	15,00
γ_{sat}	kN/m ³	18,80	18,80	15,00

Advanced

Void ratio

Dilatancy cut-off	No	No	No
e_{init}	0,5000	0,5000	0,5000
e_{min}	0,000	0,000	0,000
e_{max}	999,0	999,0	999,0

Damping

Rayleigh α	0,000	0,000	0,000
Rayleigh β	0,000	0,000	0,000

Stiffness

E	kN/m ²	30,00E3	150,0E3	22,50E3
ν (nu)		0,3000	0,3000	0,3000

Alternatives

G	kN/m ²	11,54E3	57,69E3	8654
E_{oed}	kN/m ²	40,38E3	201,9E3	30,29E3

Strength

c_{ref}	kN/m ²	80,00	300,0	20,00
ϕ (phi)	°	30,00	30,00	0,000
ψ (psi)	°	0,000	0,000	0,000

Velocities

V_s	m/s	77,55	173,4	75,19
V_p	m/s	145,1	324,4	140,7

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Materials

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 5

Identification		MC	CG	Argile
Advanced				
Set to default values		Yes	Yes	Yes
Stiffness				
E_{inc}	kN/m ² /m	0,000	0,000	0,000
γ_{ref}	m	0,000	0,000	0,000
Strength				
C_{inc}	kN/m ² /m	0,000	0,000	0,000
γ_{ref}	m	0,000	0,000	0,000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour				
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9783	0,9783	0,9783
ν_u		0,4950	0,4950	0,4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	1,125E6	5,625E6	843,7E3
Consolidation				
$C_{v,ref}$	m ² /day	0,000	0,000	0,000
Strength				
Strength		Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}		1,000	1,000	1,000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
Real interface thickness				
δ_{inter}		0,000	0,000	0,000
K0 settings				
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x}$		0,5000	0,5000	1,000
Model				
Data set		Standard	Standard	Standard

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Materials

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 6

Identification		MC	CG	Argile
Soil				
Type		Coarse	Coarse	Coarse
< 2 μm	%	10,00	10,00	10,00
2 μm - 50 μm	%	13,00	13,00	13,00
50 μm - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00
Parameters				
Set to default values		No	No	No
k_x	m/day	0,000	0,000	0,000
k_y	m/day	0,000	0,000	0,000
$^{-}\Psi_{\text{unsat}}$	m	10,00E3	10,00E3	10,00E3
e_{init}		0,5000	0,5000	0,5000
Change of permeability				
c_k		1,000E15	1,000E15	1,000E15

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Materials

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 1

Material set			
Identification number		1	2
Identification		R-LSP2	R-terreau
Material model		Linear elastic	Linear elastic
Drainage type		Drained	Drained
Colour		RGB 161, 226, 232	RGB 134, 234, 162
Comments			
General properties			
γ_{unsat}	kN/m ³	10,00	20,00
γ_{sat}	kN/m ³	10,00	20,00
Advanced			
Void ratio			
Dilatancy cut-off		No	No
e_{init}		0,5000	0,5000
e_{min}		0,000	0,000
e_{max}		999,0	999,0
Damping			
Rayleigh α		0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000
Stiffness			
E	kN/m ²	1500	1500
ν (nu)		0,3000	0,3000
Alternatives			
G	kN/m ²	576,9	576,9
E_{oed}	kN/m ²	2019	2019
Velocities			
V_s	m/s	23,78	16,81
V_p	m/s	44,48	31,46

Project description : LIANCOURT6
 User name : Technosol
 Project filename : LIANCOURT6
 Output : Materials

Output Version 2012.2.14975.10081

Date : 03/03/2014

Page : 2

Identification		R-LSP2	R-terreau
Advanced			
Set to default values		Yes	Yes
Stiffness			
E_{inc}	kN/m ² /m	0,000	0,000
γ_{ref}	m	0,000	0,000
Strength			
Strength		Rigid	Rigid
R_{inter}		1,000	1,000
Consider gap closure		Yes	Yes
Real interface thickness			
δ_{inter}		0,000	0,000
K0 settings			
K_0 determination		Automatic	Automatic
$K_{0,x}$		0,8264	0,8264
Model			
Data set		Standard	Standard
Soil			
Type		Coarse	Coarse
< 2 μ m	%	10,00	10,00
2 μ m - 50 μ m	%	13,00	13,00
50 μ m - 2 mm	%	77,00	77,00
Parameters			
Set to default values		No	No
k_x	m/day	0,000	0,000
k_y	m/day	0,000	0,000
$-\psi_{unsat}$	m	10,00E3	10,00E3
e_{init}		0,5000	0,5000
Change of permeability			
c_k		1,000E15	1,000E15

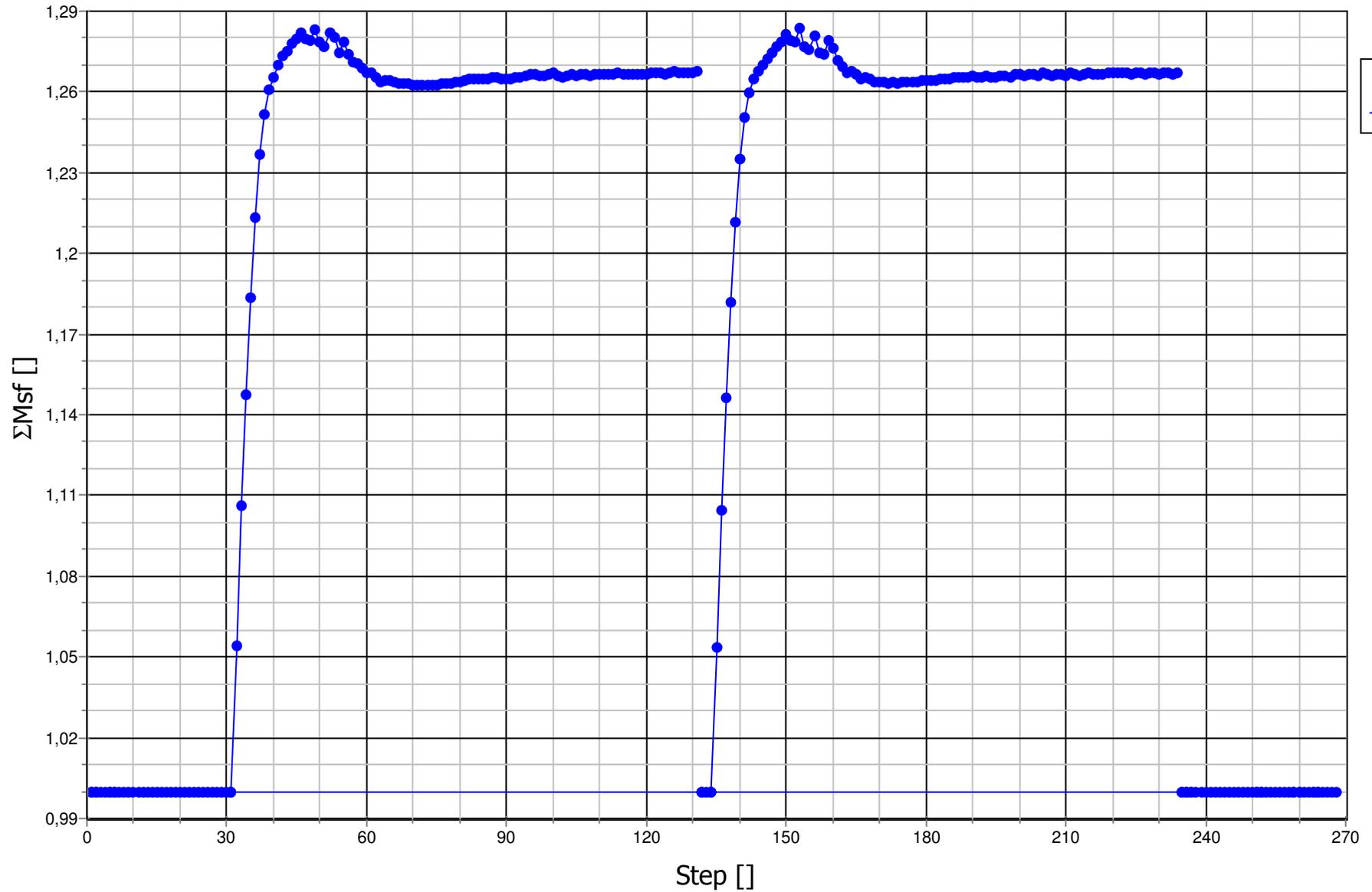


Chart 2
- Curve 1



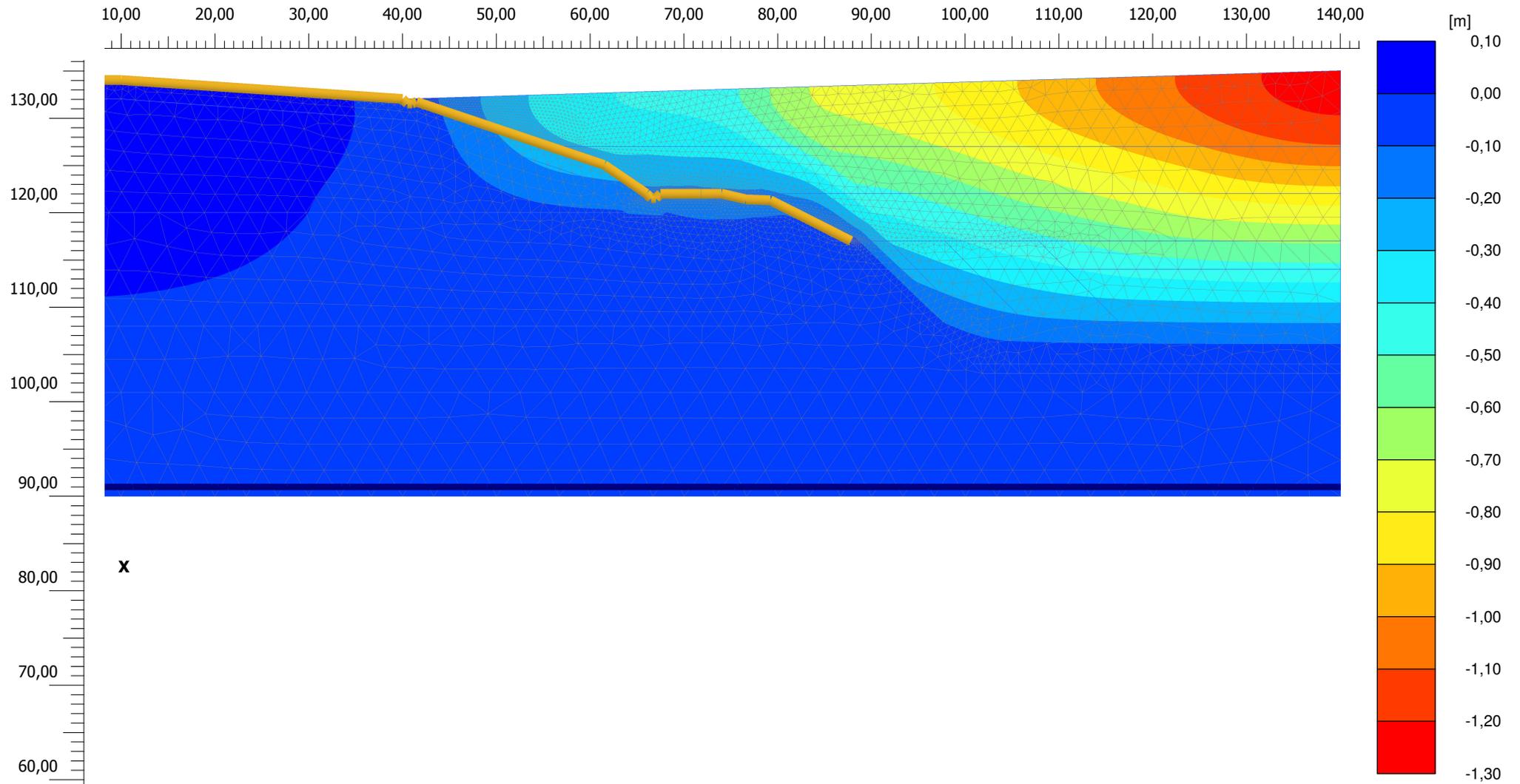
Project description
LIANCOURT6-DMsf

Date
04/03/2014

Project filename
LIANCOURT6

Step
234

User name
Technosol



Total displacements u_y

Maximum value = $7,827 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2351 at Node 4580)

Minimum value = -1,246 m (Element 2702 at Node 88116)



Project description

LIANCOURT6-P10-uy

Date

05/03/2014

Project filename

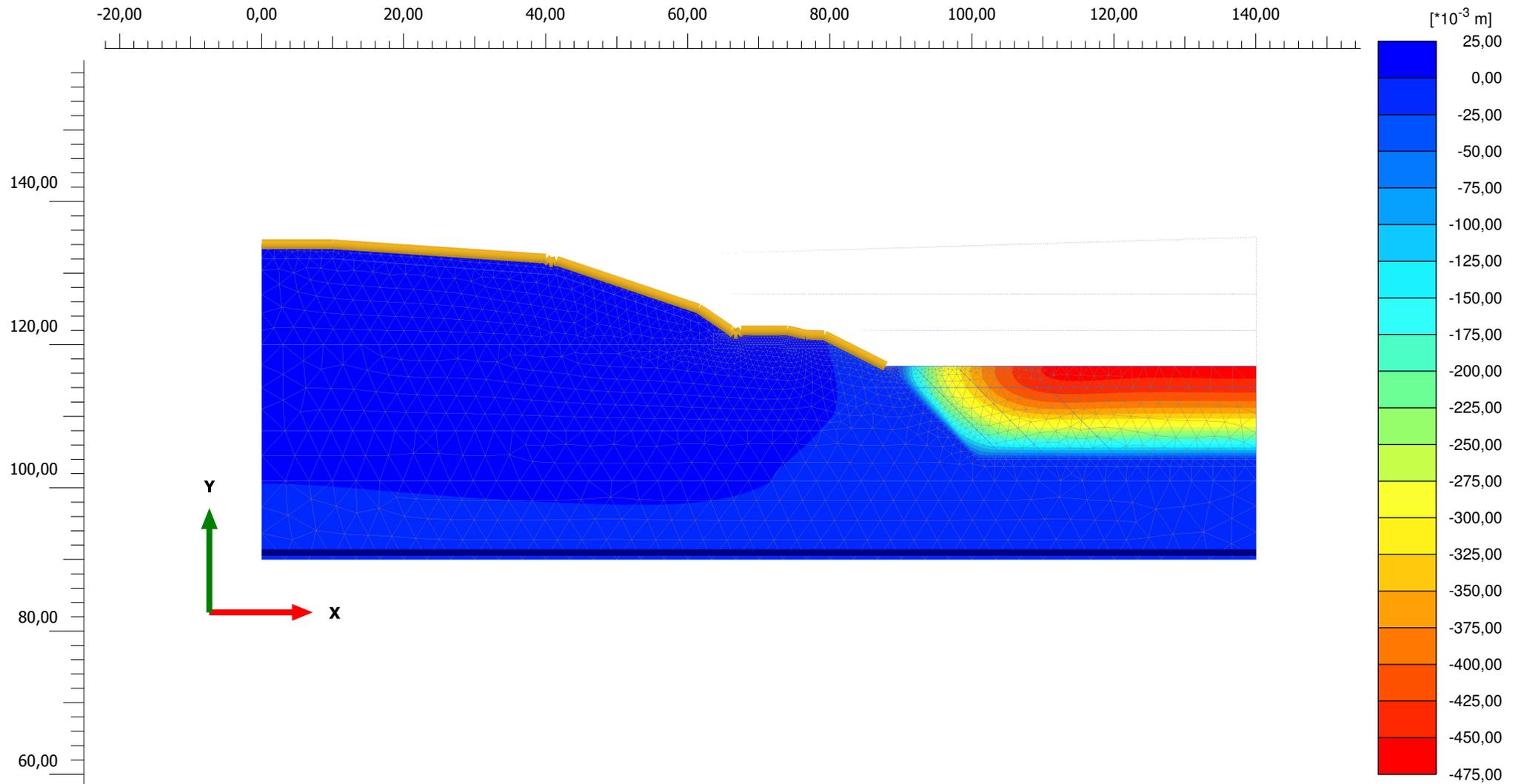
LIANCOURT6

Step

268

User name

Technosol



Total displacements u_y

Maximum value = $1,259 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1196 at Node 26339)

Minimum value = -0,4579 m (Element 10984 at Node 70295)



Project description

LIANCOURT6-P7-uy

Project filename

LIANCOURT6

Step

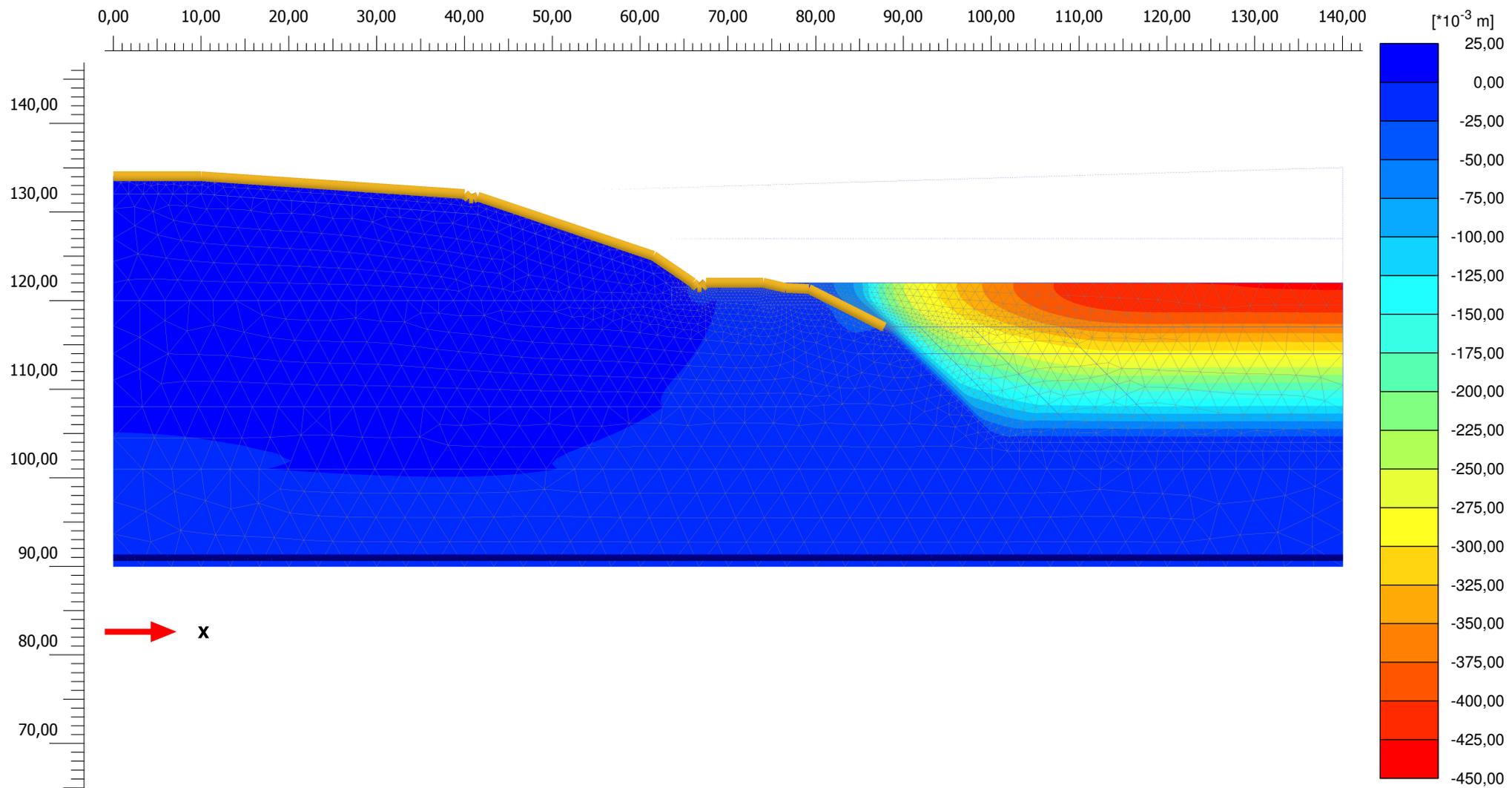
251

User name

Technosol

Date

05/03/2014



Total displacements u_y

Maximum value = $1,381 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2453 at Node 17774)

Minimum value = -0,4265 m (Element 8809 at Node 83516)



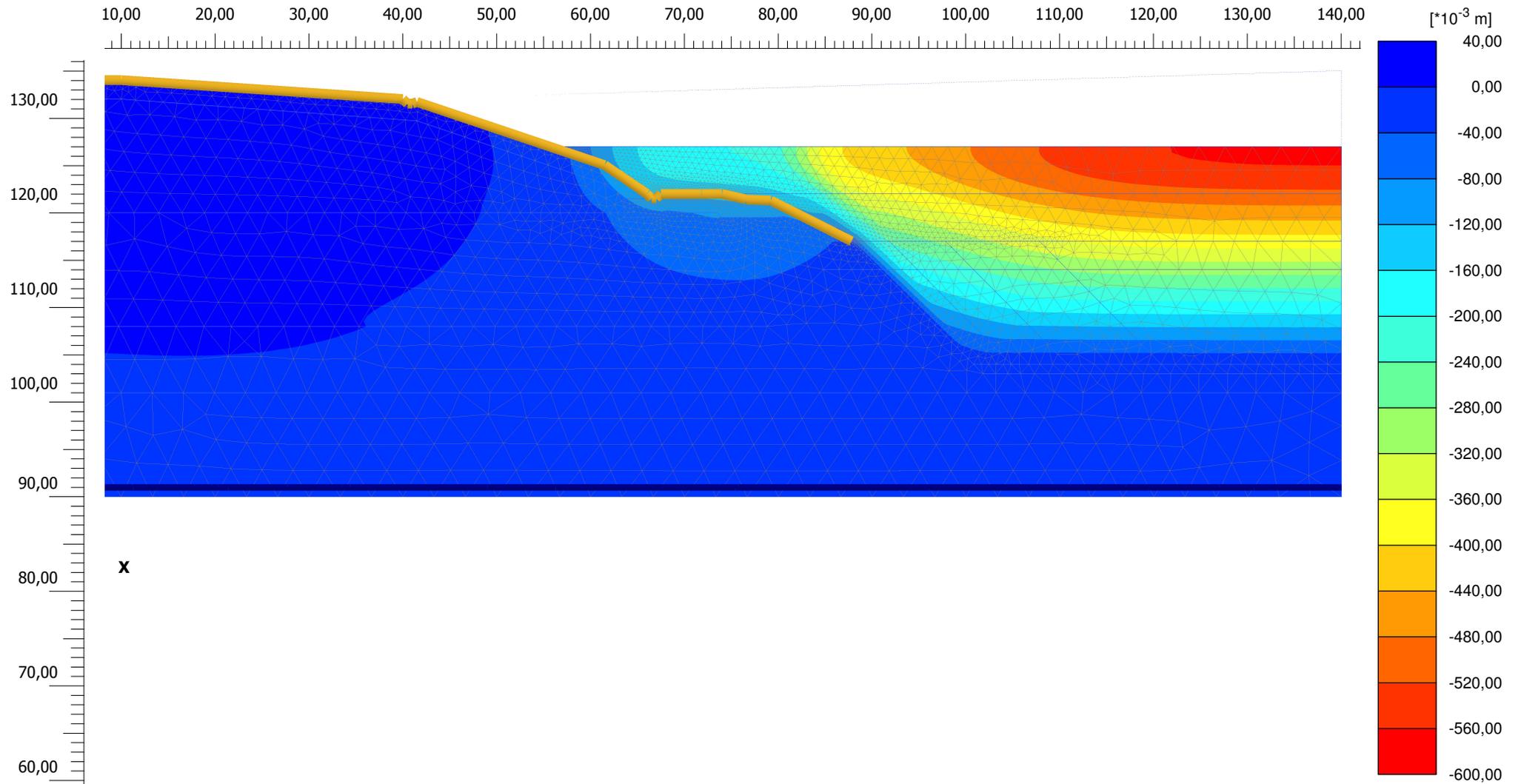
Project description
LIANCOURT6-P8-uy

Project filename
LIANCOURT6

Date
05/03/2014

Step
259

User name
Technosol



Total displacements u_y

Maximum value = $3,135 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2456 at Node 8294)

Minimum value = -0,5685 m (Element 5085 at Node 84996)



Project description

LIANCOURT6-P9-uy

Project filename

LIANCOURT6

Step

263

User name

Technosol

Date

05/03/2014



NF P 94-500 – novembre 2013

Tableau 1 - Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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 Étude 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, esquisse, 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)		<u>À la charge de l'entreprise</u>	<u>À la charge du maître d'ouvrage</u>			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (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 Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi 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



NF P 94-500 – novembre 2013

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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/IACT

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 d'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.



NF P 94-500 – novembre 2013

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>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 :</p> <p>Phase Étude</p> <ul style="list-style-type: none">• 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).• Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <p>Phase Suivi</p> <ul style="list-style-type: none">• 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).• Établir 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).
<p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>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 :</p> <p>Phase Supervision de l'étude d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none">• 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. <p>Phase Supervision du suivi d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none">• 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 pour le DIUO.
<p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none">• 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).

Annexe 9.

Notes de calculs d'hydraulique

ACG Environnement, 2015

Volumes et débits à gérer pour des épisodes décennaux

Débit induit par la bassin versant amont

Surface BV amont	50000 m ²
pente topo	5,40%
couvert	bois
coeff induit	35%
pluie décennale 15 min	14,89 mm
Débit induit	0,290 m3/s

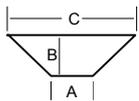
Débits induits par le site

Données topographiques			Volumes maximum à gérer dimensionnement du bassin d'orage BEP		Débit maximum à gérer dimensionnement section fossé max	
Surfaces mises en jeu		Coef de ruissellement, ou ratio	Intensité pluie (mm)	Volumes induits	Intensité pluie (mm)	Débits induits
ISD réaménagée (moins voirie)	112 000 m ²	45%	44,60	2 248 m3	14,89	0,834 m3/s
Voirie	6 000 m ²	95%		254 m3		0,094 m3/s
Total				2 502 m3	Total 0,928 m3/s	

Dimensionnement du fossé extérieur

Débit souhaité :

Données d'entrée fossé :



Type de fossé :	herbe	▼
Longueur fossé :	580	m
Pente moyenne du fossé :	1,9	%
Angle fossé	27	°
a	0,3	m
b	0,60	m
c	0,91	m

Paramètre K formule de Strickler : U

Débit du fossé testé :

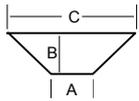
Formule de STRICKLER

Coefficient de sécurité :

Dimensionnement du fossé voirie

Débit souhaité :

Données d'entrée fossé :



Type de fossé :

Longueur fossé : m

Pente moyenne du fossé : %

Angle fossé °

a m

b m

c m

Paramètre K formule de Strickler : U

Débit du fossé testé :

Formule de STRICKLER

Coefficient de sécurité :

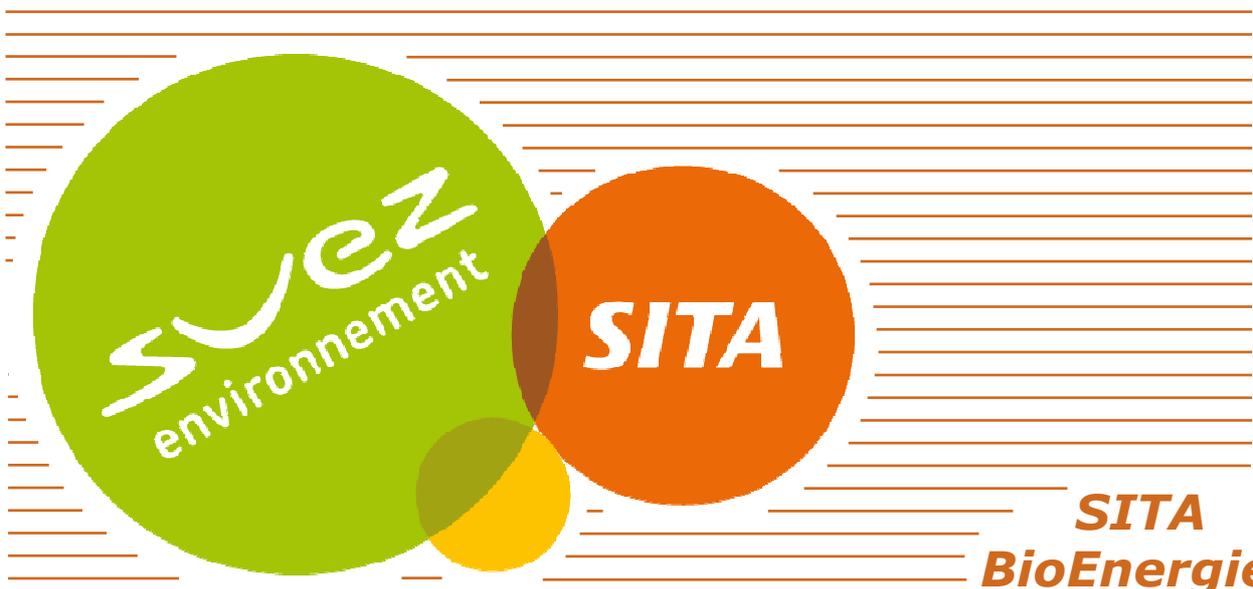


Etude

SITA IDF
ISDND DE LIANCOURT
Construction d'une unité
de traitement des lixiviats

Avant-Projet Sommaire

Information commerciale – Strictement confidentiel





SITA BioEnergies décrit dans ce document un avant-projet détaillant la meilleure solution disponible pour répondre à la demande de SITA IDF, à savoir la fourniture d'une unité de traitement de lixiviats pour le site de Liancourt.

SITA BioEnergies a fait le choix d'une **solution d'évapo-concentration thermique** qui présente les avantages suivants :

- ◆ Excellents rendements épuratoires de ces installations qui permettent un respect des normes de rejet tout en limitant le prétraitement amont
- ◆ Utilisation de thermie issue d'une cogénération et permettant d'obtenir le bonus cogénération (en cas de mise en place simultanée des installations – contrat BG 11)
- ◆ Evolution possible de l'unité selon les besoins du site et les évolutions réglementaires.

Cet avant-projet devra être validé par une étude détaillée, notamment sur les teneurs exactes en polluants dans les effluents à traiter.

1. Solutions techniques envisagées

SITA BioEnergies a étudié les diverses technologies de traitement de lixiviats reconnues et éprouvées pour répondre au mieux aux besoins de SITA Grand Ouest. Ce chapitre détaille les solutions étudiées et les raisons du choix réalisé par SITA BioEnergies.

1.1. Equipements étudiés

SITA BioEnergies a mené sa réflexion sur la base de son expérience en construction et exploitation de stations de traitement de lixiviats. Pour chaque solution, la réflexion s'est basée sur des exemples réels de stations existantes, notamment sur les analyses de rejets et performances de traitement. SITA BioEnergies a étudié deux grands types de filières :

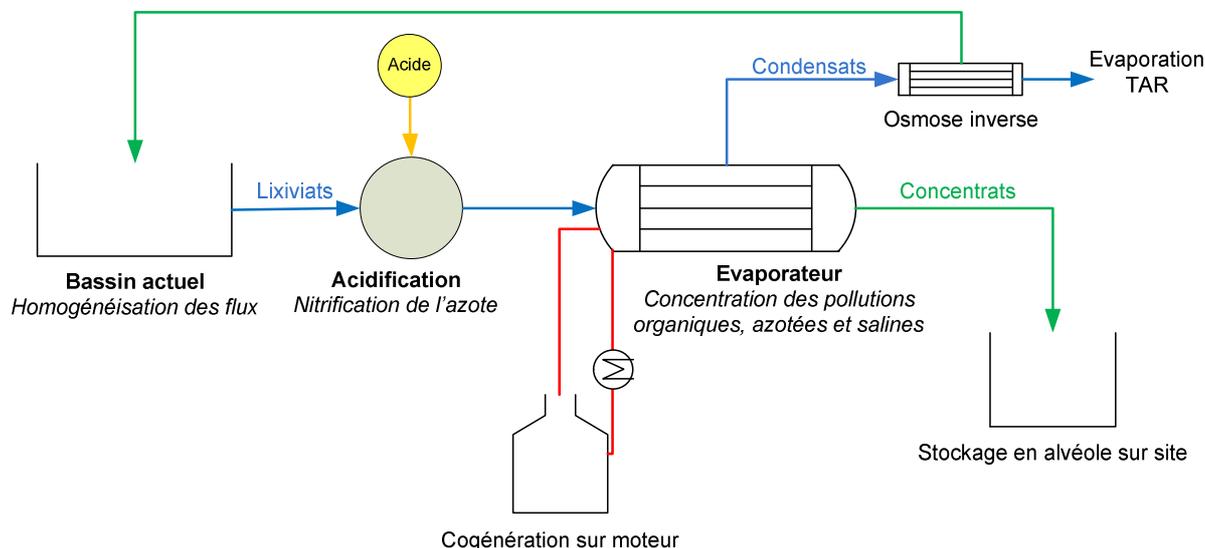
- ◆ Les traitements biologiques
- ◆ Les traitements thermiques par évaporation

Chaque filière a été conçue pour prévoir le « 0 rejet » au milieu naturel. Après cette première étude, SITA BioEnergies a privilégiée la filière présentée ci-après pour les raisons suivantes :

- ◆ garanties sur les rendements épuratoires de la filière
- ◆ limitation des sous-produits générés et gestion possible sur site
- ◆ optimisation économique

1.2. Détail de la filière

SITA BioEnergies a choisi la filière suivante :



Ce procédé présente les avantages suivants :

- ◆ L'acidification permet la séparation de l'ammonium sur évaporation qui sépare également très efficacement les paramètres carbonés, sels, métaux...
- ◆ L'évaporateur permet d'assurer des rejets conformes aux normes demandées par l'AP, notamment sur la DCO, l'azote sous toutes ses formes, et les métaux
- ◆ Le traitement de finition sur osmose inverse permet d'assurer des rejets avant évaporation conformes aux normes demandées par l'AP, étape nécessaire, notamment pour finir le traitement des éléments volatils (ammoniac, DBO5)
- ◆ L'eau traitée sera évaporée ensuite via la tour aéro-réfrigérante
- ◆ L'osmose Inverse étant destinée à un traitement de finition sur les condensats d'évaporation, la charge polluante captée et renvoyée en tête de process sera minimale
- ◆ Les concentrats d'évaporation présenteront une siccité de 30% et des caractéristiques permettront leur enfouissement sur site.

A ce stade de l'étude, il ne paraît pas nécessaire de mettre en œuvre un traitement biologique en amont de l'évaporateur. En effet, les excellentes performances épuratoires des évapo-concentrateurs installés par SITA BioEnergies sur les principaux polluants (organiques, azote, sels) permettent d'assurer un traitement conforme à la demande sans pré-traitement biologique amont. Ce point devra toutefois être validé par la suite.

2. Capacité de l'installation

L'installation est dimensionnée pour évaporer les lixiviats uniquement pendant le fonctionnement des moteurs (récupération de la chaleur produite par la cogénération), ce qui limite les volumes traités de part les arrêts de maintenance sur chacune des unités.

Au vu de la puissance thermique disponible et de l'unité d'évaporation des eaux traitées installée, il sera possible d'évaporer un certain volume en fonction de la thermie disponible (et donc du moteur mis en place) :

Thermie (en kWth)	Volume d'eaux traitées évaporables (en m³/an)
2000	14 000
1400	11 000
1100	8 500

3. Conditionnement de fonctionnement

L'installation globale est dimensionnée pour fonctionner dans les conditions climatiques suivantes :

- ◆ Température mini = -5 °C
- ◆ Température maxi = +30°C

En-dessous de la température minimale, les performances de l'installation ne seront pas atteintes. En cas d'arrêt de l'évaporateur, le redémarrage de l'installation est possible pour une température positive.

L'installation globale est dimensionnée pour fonctionner avec les caractéristiques physico-chimiques des lixiviats présentées dans la partie 2 « Données de base » du présent rapport.

4. Détail des installations

4.1. Description de l'acidification

Les lixiviats contiennent de l'ammoniaque, composé volatil qui, s'il n'est pas traité en amont, se retrouve dans les condensats. Un prétraitement par acidification est prévu pour remédier à ce problème.

Le pré-traitement utilisé consiste en une diminution du pH des lixiviats jusqu'à une valeur d'environ 5, au moyen d'acide sulfurique.

Ce dosage permet :

- ◆ De transformer l'ammoniac en sulfate d'ammonium qui sera principalement retenu dans les concentrats d'évaporation
- ◆ De transformer les hydrogénocarbonates en CO_2 , et donc de limiter l'encrassement de type « minéral » des échangeurs

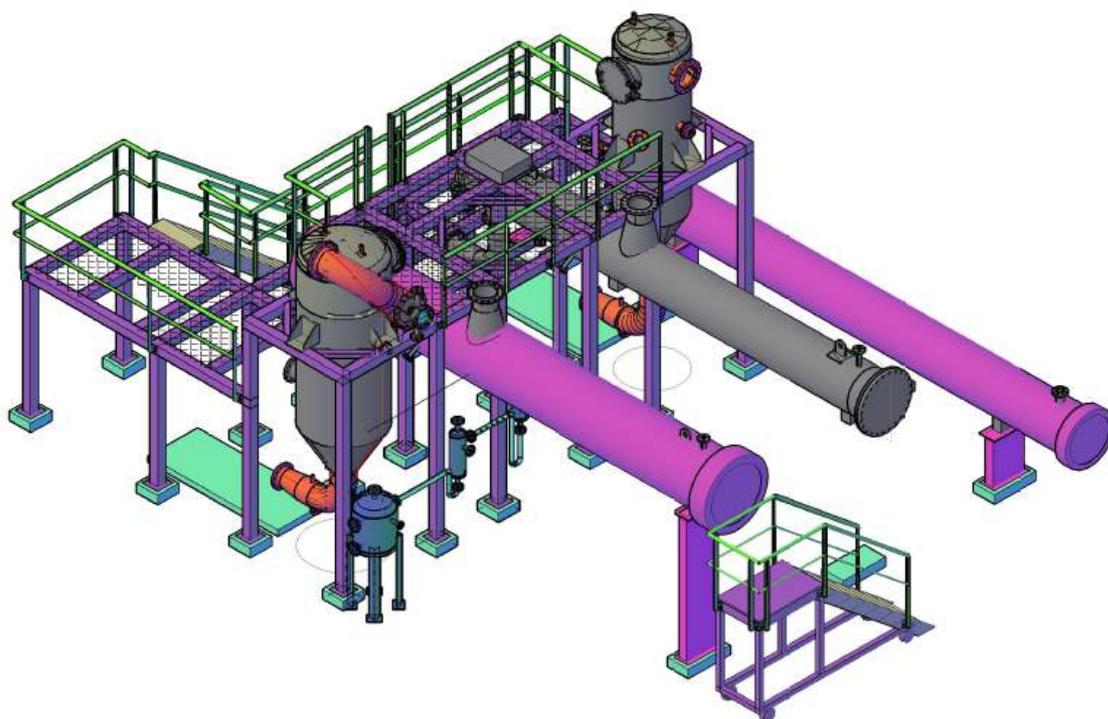
L'acidification est effectuée en mode séquentiel dans une cuve équipée de seuils de détection de niveau, d'une sonde de pH et d'un agitateur.

4.2. Description de l'installation d'évaporation

◆ Evaporation thermique

L'énergie thermique récupérée du moteur est transférée aux lixiviats par l'intermédiaire d'un échangeur. Cette énergie permet d'évaporer l'eau contenue dans les lixiviats. L'unité est constituée de deux évaporateurs en série et d'un condenseur final.

La condensation de la vapeur issue du premier effet de l'évaporateur fournit la chaleur nécessaire à l'évaporation dans le second effet, Cette solution permet de maximiser la quantité de lixiviats à traiter avec la chaleur récupérable sur le moteur du site.



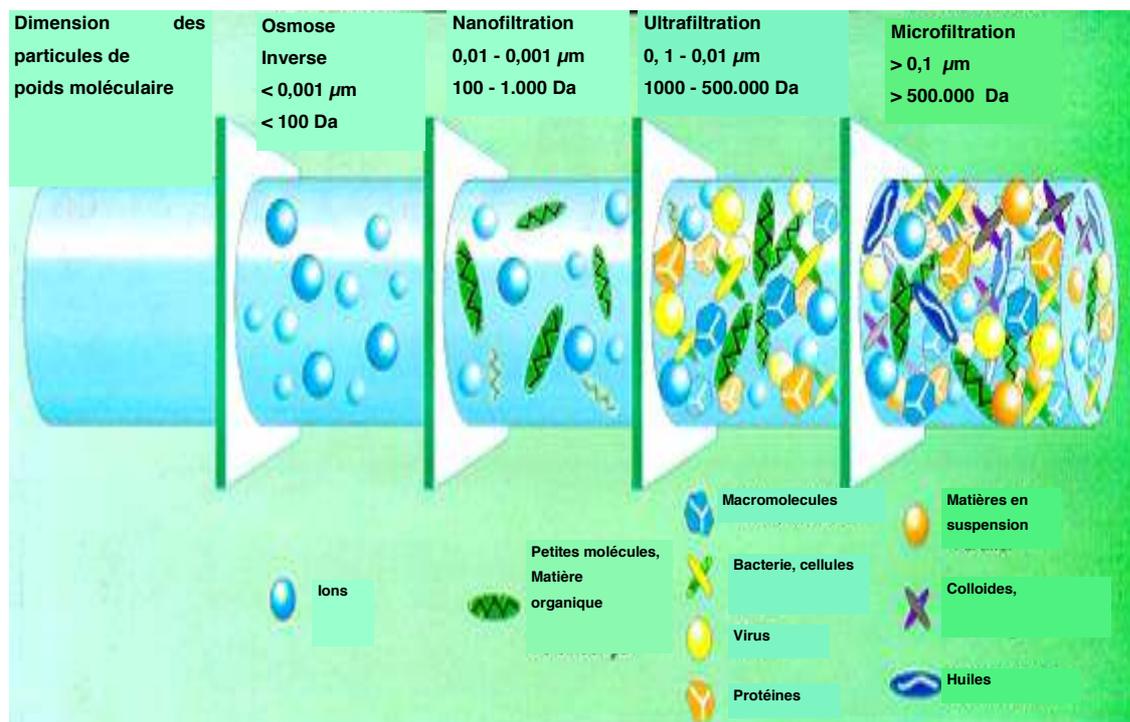
Représentation 3D d'un évaporateur 2 effets

4.3. Description de l'osmose inverse

La norme de rejet concernant les paramètres azotés est exigeante. Pour cette raison un post traitement par osmose inverse est prévu en sortie de l'évapo-condenseur pour capturer le NH_4 résiduel contenu dans les condensats.

L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide par perméation à travers des membranes semi-sélectives sous l'effet d'un gradient de pression.

Une membrane semi-sélective est une membrane permettant certains transferts de matière entre deux milieux qu'elle sépare, en interdisant d'autres ou plus généralement en favorisant certains par rapport à d'autres.



L'écoulement s'effectue en continu tangentiellement à la membrane. Une partie de la solution à traiter se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes :

- ◆ Une partie qui passe à travers la membrane (perméats)
- ◆ Une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrats) et qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane

Le ratio perméat/perméat+concentrat, appelé « taux de conversion » permet de définir la fraction d'effluent qui sera rejeté au milieu naturel.

Le taux de conversion varie en fonction de la concentration en polluants de l'effluent à traiter et des normes de rejet.

Dans le cas étudié le **taux de conversion sera de 90%**.

4.4. Evaporation sur TAR

Après traitement dans l'osmose inverse, les condensats seront évaporés dans un Tour-Aéro-Réfrigérante pour respecter le 0 rejet au milieu naturel. Le volume évaporable sera proportionnel à la thermie récupérable sur le moteur de valorisation. L'équipement d'évaporation sera soumis à des contrôles périodiques et nettoyages obligatoires pour prévenir le risque de légionnelle.

4.5. Tuyauterie, calorifugeage et traçage

Les appareils chaudronnés et les tuyauteries à l'intérieur de l'unité d'évaporation sont, d'une façon générale, calorifugés, soit pour limiter les pertes thermiques, soit pour la protection du personnel, soit pour limiter les risques de gel.

Certaines lignes présentant un risque de gel seront tracées électriquement en plus d'être calorifugées. L'ensemble des dites lignes seront vidangeables en cas d'arrêt prolongé de l'installation (vannes manuelles de purge).

4.6. Electricité- automatisme – Instrumentation

La conception générale de l'électricité et de l'automatisme sera étudiée pour répondre au mieux aux besoins des exploitants et intégrera les objectifs suivants :

- ◆ Sécurité des personnes
- ◆ Fiabilité de fonctionnement et continuité de service
- ◆ Confort d'exploitation et de maintenance (suivi et contrôle des paramètres station, traçabilité)
- ◆ Respect des normes et réglementation en vigueur
- ◆ Pérennité des matériels choisis

L'ensemble des travaux prévus est composé de la fourniture, de la pose et du raccordement des principaux matériels suivants :

- ◆ L'armoire de commande
- ◆ Les coffrets déportés pour les équipements
- ◆ L'automatisation
- ◆ La supervision

L'installation sera réalisée avec des matériels adaptés à un environnement industriel, largement représentés et distribués en France et disposant d'un réseau commercial et d'après-vente reconnu.

4.7. Laboratoire et analyses

Les moyens de Contrôle du rejet sont :

- ◆ En continu :

Afin de garantir le respect des normes de rejet, une sonde de contrôle du pH sera installée (Seuil contrôlé $5,5 < \text{pH} < 8,5$) en sortie de la station de traitement. Elle permet une mesure en continu du rejet et son arrêt dès le dépassement des seuils non autorisés.

- ◆ Par des analyses in situ :

Des analyses effectuées au moyen de matériel portable, ou par prélèvement et analyses au laboratoire, permettent également de s'assurer de la conformité des rejets et du bon fonctionnement de l'installation et de son optimisation (TAR comprise). Les paramètres pouvant être mesurés au laboratoire sont les suivants : pH, température, conductivité, NH_4 , NO_3 , NO_2 , NGL et DCO. De plus, il est prévu d'analyser la siccité des concentrats d'évaporation.

4.8. Autres équipements nécessaires l'exploitation

SITA BioEnergies prévoit aussi dans sa fourniture l'ensemble des équipements nécessaires à l'exploitation optimisée de l'outil, à savoir :

- ◆ Potences de manutention
- ◆ Echelles et accès sécurisés aux principaux équipements en hauteur
- ◆ Air comprimé
- ◆ Raccordements aux réseaux d'eau potable
- ◆ Autres équipements nécessaires

5. Sous-produits générés par l'installation

L'unité de traitement des lixiviats installée par SITA BioEnergies générera deux types de sous-produits :

- ◆ Les concentrats issus de l'étape d'osmose inverse qui sont redirigés vers la cuve d'acidification. Ces concentrats auront une faible charge polluante qui ne perturbera pas le traitement global.
- ◆ Les concentrats issus de l'évaporation des effluents

5.1. Gestion des concentrats d'évaporation

Le procédé mis en place par SITA BioEnergies générera un volume de concentrats d'évaporation qui ont pour origine le traitement des lixiviats d'ISDND.

Ces sous-produits présentent les caractéristiques suivantes :

- ◆ Siccité > 30 %
- ◆ Charge organique : 10 à 20 %
- ◆ Sels : 10 à 20 %

A la vue de leur composition, SITA BioEnergies propose que ces concentrats soient stockés sur le site de Liencourt.

La qualité prévisionnelle des concentrats sera indiquée lors d'analyses complémentaires effectuées sur les lixiviats.

6. Qualité, Sécurité, Environnement

La démarche globale de SITA BioEnergies (conception - construction - mise en service - exploitation) est réalisée de manière à satisfaire en permanence les prescriptions en vigueur en terme de Qualité, Sécurité, Hygiène et Protection de l'Environnement.

Ainsi, l'ensemble de la station de traitement sera réalisé de manière à optimiser l'exploitation dans le respect des normes en vigueur, à savoir :

- ◆ L'arrêté préfectoral du site
- ◆ Les prescriptions INRS applicables

SITA BioEnergies veillera au strict respect des règles de sécurité et prendra en compte tous les risques potentiels lors du déroulement du chantier. De plus, SITA BioEnergies place la protection de l'environnement et la gestion des déchets au cœur de ses priorités.

SITA BioEnergies veillera à la mise en place sur l'installation des meilleures fournitures disponibles afin d'optimiser les rendements de l'installation et limiter les arrêts pour maintenance.

Afin d'assurer une durée de vie et une exploitation optimale à son installation, SITA BioEnergies garantit l'ensemble de ses structures 10 ans et les peintures 5 ans.



Pour le process, les meilleurs matériaux seront utilisés pour optimiser le fonctionnement, à savoir :

Uranus pour les effets de l'échangeur

Inox (304 ou 316) pour les tuyauteries et éléments process

PEHD pour l'acide sulfurique, la soude et l'anti-mousse

Département de l'Oise
LIERVILLE - LAVILLETERTRE
LIANCOURT-SAINT-PIERRE
 Installation de Stockage de Déchets
 Non Dangereux du Bochet

Rue de la Gare
 60240 Liencourt-Saint-Pierre
 Tél : 03.44.49.16.56 Fax : 03.44.49.00.79



Recyclage et valorisation des déchets
 19 Rue Emile DUCLAUX-CS 10001
 92268 SURESNES Cedex
 Tél : 01.40.80.60.00 Fax : 01.40.80.67.21

PLAN PROJET RÉAMENAGEMENT

"Liencourt-Saint-Pierre 3"

Échelle : 1/1000

Nota :
 Plan dressé à partir de documents d'archives et des indications communiquées par Suez.

Les limites indiquées n'ont qu'une valeur approchée et provisoire et ne peut être garantie que par la réalisation d'une procédure de bornage contradictoire.

Coordonnées planimétriques : Lambert 1
 Nivellement : NGF

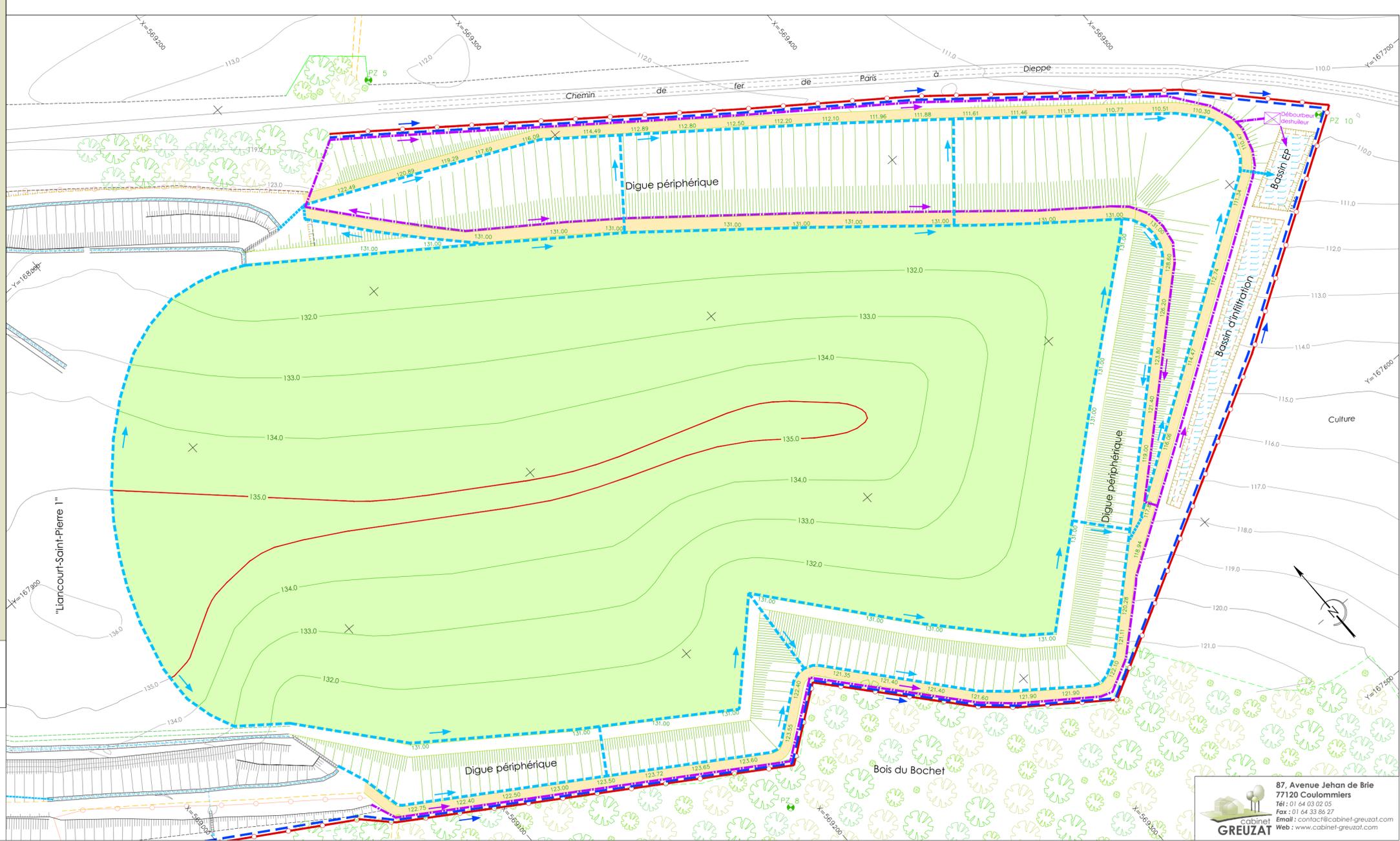
N° dossier : 2015.0410 Dressé le : 02/12/2015 par: AMK
 Fichier : \\mms\data\Archives\2015\2015.0410_Topo\Plan réam\2015.0410_LSP3_PRJ_REAM.dwg

Siège social : Tél : 01 64 33 18 29 - Fax : 01 60 09 19 72 - 40, rue Moreau Duchesne BP 12 - 77910 VARREDES
 Bureau secondaire : Tél : 01 64 03 02 05 - Fax : 01 64 33 86 27 - 87, avenue Jehan de Brie - 77120 COULOMMIERS
 Permanence : Tél : 01 64 63 80 51 - Fax : 01 64 63 04 38 - 26, rue du Général Leclerc - 77580 CRECY LA CHAPELLE

e-mail : geometre-expert@cabinet-greuzat.com Site web : www.cabinet-greuzat.com
 Selon inscrite à l'ordre des géomètres Experts sous le n° 23605 - Certifié ISO 9001 par Bureau Veritas

GEOMETRE EXPERT - URBANISTE - BUREAU D'ETUDE VRD - ENVIRONNEMENT - PAYSAGE - EAU - SIG - IMAGE

- ### Légende projet
-  Courbes de niveau après réaménagement
 -  Clôture
 -  Fossé gestion des eaux internes
 -  Fossé gestion des eaux de voirie
 -  Fossé gestion des eaux externes
 -  Piste périphérique
 -  Dôme niveau réaménagement



87, Avenue Jehan de Brie
77120 Coulommiers
 Tél : 01 64 03 02 05
 Fax : 01 64 33 86 27
 Email : contact@cabinet-greuzat.com
 Web : www.cabinet-greuzat.com