KUHN AGRICULTURAL MACHINERY

PROJET D'EXTENSION DU SITE INDUSTRIEL KUHN SUR LA COMMUNE DE MONSWILLER (67)

DOSSIER D'ENQUÊTE PUBLIQUE UNIQUE

Note de présentation non technique, informations administratives et guide de lecture

A	**Permis d'aménager** *Présentant les travaux nécessaires à l'aménagement du site*
B	**B1 : Résumé non technique de l'étude d'impacts**
	B2 : Étude d'impacts *Présentant le projet, ses effets sur l'environnement et la santé humaine, les mesures associées, ainsi que l'évaluation environnementale de la mise en compatibilité du PLU et les incidences Natura 2000* — Vous êtes ici
	B3 : Avis avant enquête, dont avis de l'autorité environnementale et mémoire en réponse
C	**Autorisation environnementale: volet ICPE** *Modification des conditions d'exploitation de l'Installation classée pour la protection de l'environnement*
D	**Autorisation environnementale: volet IOTA** *Demande d'autorisation pour les installations, ouvrages, travaux et activités pouvant avoir des effets sur l'eau et les milieux aquatiques*
E	**Autorisation environnementale : volet défrichement** *Demande d'autorisation de défricher les espaces boisés*
F	**Autorisation environnementale: volet espèces protégées** *Demande de dérogation à l'interdiction de porter atteinte aux espèces et habitats protégés*
G	**Mise en compatibilité du PLU de Monswiller** *Permettant à la communauté de communes du Pays de Saverne de rendre compatible le PLU de Monswiller avec la réalisation du projet porté par Kuhn*
H	**Bilans des concertations** *Bilan de la concertation relative au projet et de la concertation relative à la mise en compatibilité du PLU de Monswiller*

PIÈCE B2 – ANNEXES DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

egis

Juillet 2025

Version 2

PARTIE 23. ANNEXES

1. Annexe 1 : Mémoire technique de caractérisation des plateformes et gestion des eaux sur le site

L'étude technique de caractérisation des plateformes et gestion des eaux sur le site a été menée par le bureau d'étude OTE, la version 4 a été finalisée en novembre 2024. Cette étude comporte 55 pages.

SOMMAIRE

A. DESCRIPTION DU PROJET 4
B. PLATES-FORME DU PROJET 5
B.1. CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES 5
B.1.1. LITHOLOGIE 5
B.1.2. ESSAIS DE CLASSIFICATION DES SOLS SELON LA NF P-11-300 7
B.1.3. TERRASSEMENTS GENERAUX 7
B.1.4. REUTILISATION DES MATERIAUX DU SITE 8
B.2. MODELISATION DU TERRAIN 9
B.3. EXTENSION SUD : RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT- RESTAURANT, BATIMENTS ANNEXES ET PARKING. 11
B.3.1. PF 3 PARKING + BUREAUX R&D + RESTAURANT. 11
B.3.2. PF4 BUREAUX R&D + ATELIERS D'ESSAIS. 13
B.3.3. PF5 ATELIERS D'ESSAIS + BATIMENT TESTES. 14
B.3.4. ACCES VOIRIE LOURDE SUD. 15
B.3.5. JONCTION VOIRIE LOURDE SUD/NORD. 16
B.4. EXTENSION NORD : MONTAGE ET PROCESS. 17
B.4.1. PF1 ET PF2 17
B.4.2. BATIMENT 1A 18
B.4.3. ACCES VOIRIE LOURDE ZONE NORD. 19
B.5. TABLEAU GENERAL DES DEBLAIS/REMBLAIS DES PLATEFORMES 21
B.6. CONCLUSION 22
C. GESTION DES EAUX PLUVIALES 23
C.1. ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU 24
C.2. EXTENSION SUD : RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT- RESTAURANT, BATIMENTS ANNEXES ET PARKING. 25
C.2.1. BATIMENT 7 – 5 000 M². 27
C.2.2. BATIMENT 9 – 5 000 M² 29
C.2.3. BATIMENT 10 ET 11 – 5 070 M². 31
C.2.4. BASSIN D'INFILTRATION GENERAL – EXTENSION SUD 33
C.3. EXTENSION NORD : MONTAGE ET PROCESS. 36
C.3.1. BATIMENT 1B – 4000 M². 38
C.3.2. BATIMENTS 2 ET 6 - 9 300 M² 40
C.3.3. BATIMENT 4 ET 6 - 12 000 M² 42
C.3.4. BATIMENT 3 - 8 000 M² 44
C.3.5. BASSIN D'INFILTRATION GENERAL – EXTENSION NORD 46
D. GESTION DES EAUX USEES 48
E. BESOIN EN DEFENSE INCENDIE 48
F. ALIMENTATION EN EAU POTABLE 50
F.1. EXTENSION SUD : RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT- RESTAURANT, BATIMENTS ANNEXES ET PARKING. 50
F.2. EXTENSION NORD : MONTAGE ET PROCESS. 50
G. VOIRIE. 52
G.1. GIRATIONS. 52
G.2. PENTES DE VOIRIES. 52
G.3. TALUS 52
G.4. PARKINGS 53
H. RESEAUX SECS. 54
H.1. EXTENSION SUD : RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT - RESTAURANT, BATIMENTS ANNEXES ET PARKINGS. 54
H.2. EXTENSION NORD : MONTAGE ET PROCESS. 54

OTE INGENIERIE
\\Srvstr01\projets\10-Projets\19540-KUHN Monswiller - Ambition 2020\35-APD\10-DOC TRAVAIL\45-VRD\Mémoire technique\19540-APD-Descriptif PF_4.docx REV. 4

Maître d'Ouvrage :

4, Impasse des Fabriques
67700 SAVERNE

Projet AMBITION 2020
USINE DE MONSWILER

Mémoire technique

OTE INGÉNIERIE
Construction & environnement
SIÈGE SOCIAL
1 rue de la Lisière - BP 40110
F-67403 ILLKIRCH CEDEX
Tél : 03 88 67 55 55
www.groupe-ote.com

REV	DATE	DESCRIPTION	REDACTION/VERIFICATION		APPROBATION		N° AFFAIRE : 19540	Page : 1/55
1	07/06/2024	Création	OTE - F. PFERSCH	F.P.				
2	07/06/2024	Mise à jour	OTE - F. PFERSCH	F.P.			Phase : APD	
3	30/10/2024	Mise à jour	OTE - F. PFERSCH	F.P.				
4	12/11/2024	Mise à jour	OTE - F. PFERSCH	F.P.				

PF — Les révisions sont indiquées par une marque de révision notée en marge

SOMMAIRE

A. DESCRIPTION DU PROJET 4
B. PLATES-FORME DU PROJET 5
B.1. CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES 5
B.1.1. LITHOLOGIE 5
B.1.2. ESSAIS DE CLASSIFICATION DES SOLS SELON LA NF P-11-300 7
B.1.3. TERRASSEMENTS GENERAUX 7
B.1.4. REUTILISATION DES MATERIAUX DU SITE 8
B.2. MODELISATION DU TERRAIN 9
B.3. EXTENSION SUD : RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT- RESTAURANT, BATIMENTS ANNEXES ET PARKING. 11
B.3.1. PF 3 PARKING + BUREAUX R&D + RESTAURANT. 11
B.3.2. PF4 BUREAUX R&D + ATELIERS D'ESSAIS. 13
B.3.3. PF5 ATELIERS D'ESSAIS + BATIMENT TESTES. 14
B.3.4. ACCES VOIRIE LOURDE SUD. 15
B.3.5. JONCTION VOIRIE LOURDE SUD/NORD. 16
B.4. EXTENSION NORD : MONTAGE ET PROCESS 17
B.4.1. PF1 ET PF2 17
B.4.2. BATIMENT 1A 18
B.4.3. ACCES VOIRIE LOURDE ZONE NORD. 19
B.5. TABLEAU GENERAL DES DEBLAIS/REMBLAIS DES PLATEFORMES 21
B.6. CONCLUSION 22
C. GESTION DES EAUX PLUVIALES 23
C.1. ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU 24
C.2. EXTENSION SUD : RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT- RESTAURANT, BATIMENTS ANNEXES ET PARKING. 25
C.2.1. BATIMENT 7 – 5 000 M². 27
C.2.2. BATIMENT 9 – 5 000 M² 29
C.2.3. BATIMENT 10 ET 11 – 5 070 M² 31
C.2.4. BASSIN D'INFILTRATION GENERAL – EXTENSION SUD 33
C.3. EXTENSION NORD : MONTAGE ET PROCESS 36
C.3.1. BATIMENT 1B – 4000 M² 38
C.3.2. BATIMENTS 2 ET 6 - 9 300 M² 40
C.3.3. BATIMENT 4 ET 6 - 12 000 M² 42
C.3.4. BATIMENT 3 - 8 000 M² 44
C.3.5. BASSIN D'INFILTRATION GENERAL – EXTENSION NORD 46
D. GESTION DES EAUX USEES 48
E. BESOIN EN DEFENSE INCENDIE 48

F. ALIMENTATION EN EAU POTABLE 50
F.1. EXTENSION SUD : RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT- RESTAURANT, BATIMENTS ANNEXES ET PARKING. 50
F.2. EXTENSION NORD : MONTAGE ET PROCESS 50
G. VOIRIE 52
G.1. GIRATIONS 52
G.2. PENTES DE VOIRIES 52
G.3. TALUS 52
G.4. PARKINGS 53
H. RESEAUX SECS 54
H.1. EXTENSION SUD : RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT - RESTAURANT, BATIMENTS ANNEXES ET PARKINGS. 54
H.2. EXTENSION NORD : MONTAGE ET PROCESS 54

A. DESCRIPTION DU PROJET

Dans le cadre de l'extension de son site de Monswiller, la Société KUHN a été approché par la Collectivité afin de mener une étude portant sur les VRD.

Le périmètre correspond au projet nommé « Ambition 2020 ».

Le projet est réparti en 2 zones distinctes :
1 : Extension sud Recherche et développement - Restaurant, bâtiments annexes et parkings.
2 : Extension Nord Montage et Process

Données fournies par le maître d'ouvrage :
- Plan de masse architecte
- Plan des réseaux du site (recolement ADAM)
- Levé topographique de l'extension
- Etude de sol (G1PGC FONDASOL 2023)

B. PLATES-FORME DU PROJET

B.1. Caractéristiques Géotechniques

B.1.1. Lithologie

Une étude géotechnique G1PGC réalisée par FONDASOL en août 2023 (dossier PR.MSGT.23.0162.001) a mis en évidence les couches géologiques suivantes :

Les sondages ont permis de mettre en évidence la coupe lithologique suivante :

- **Formation n°1 : Terrains de surface hétérogènes** : sables, limons, limons sableu: loess, bruns, beiges. On notera la présence de remblais sablo-graveleux limoneux avec de débris de béton au droit de MAT4.
- **Formation n°2 : Terrains à dominante argileuse** avec des blocs pouvant êtr graveleuses, limoneuses ou sableuses beiges, brunes, grises, rouges.
- **Formation n°3 : Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires** beige brun foncé, grises.

Nota : La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisior inhérentes à la méthode de forage destructif. En particulier, les sondages à la foreuse ne permettent pa de déterminer la granulométrie exacte des horizons ou d'identifier la présence d'éléments grossiers ou bloc

Nous récapitulons le toit des formations au droit de chaque sondage dans le tableau ci-dessous :

N°		SP1	SP2	SP4	SP5	SP6	POR1
	Toit sondage	207.9	205.6	224.1	222.9	218.3	197.8
	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface	/	0.6 (205.0)	/	/	/	/
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	1.2 (206.7)	1.2 (204.4)	0.6 (223.5)	2.3 (220.6)	1.2 (217.1)	1.5* (220.3)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires	15.0 (192.9)	15.0 (190.6)	8.0 (216.1)	8.0 (214.9)	8.0 (210.3)	

* : *Arrêt du sondage*

N°		SD2	SD3	MAT1	MAT3	MAT4	MAT5
	Toit sondage	206.7	209.7	202.4	197.0	195.8	221.6
	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface	/	/	0.4 (202.0)	0.3 (196.7)	0.6 (195.2)	0.3 (221.3)
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	1.7 (205.0)	0.8 (208.9)	1.0* (201.4)	1.0* (196.0)	1.4* (194.4)**	1.0* (220.6)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires	10.0 (196.7)	7.0 (202.7)				

* : *Arrêt du sondage*

N°		MAT6	MAT7	MAT8	MAT9	PM1	PM2
	Toit sondage	222.0	220.5	219.8	218.0	197.8	199.1
	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface	0.3 (221.7)	0.5 (220.0)	0.7 (219.1)	0.2 (217.8)	1.2 (196.6)	0.5 (197.4)
2	Terrains à dominante argileuse(blocs)	1.0* (221.0)	1.3* (219.2)	1.5* (218.6)	1.0* (217.0)	2.7* (195.1)	2.1* (195.8)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires						

* : *Arrêt du sondage*

N°		PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
	Toit sondage	194.8	195.5	201.2	222.4	220.2	221.3
	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface		0.6 (194.9)	0.3 (200.9)	0.3 (222.1)	/	/
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	2.6* (192.2)	2.8* (192.7)	1.8* (199.4)	2.0* (220.4)	2.3* (217.9)	2.5* (218.8)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires						

* : *Arrêt du sondage*

N°		PM9	PM10
	Toit sondage	221.3	199.1
	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface	0.5 (220.8)	/
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	2.2* (219.1)	1.8* (197.3)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires		

* : *Arrêt du sondage*

B.1.2. Essais de classification des sols selon la NF P-11-300

Le classement des matériaux selon le Guide des Terrassements Routiers

Sondage	Profondeur prélèvement (m)	Teneur en eau (%)	Analyse granulométrique	Limites d'Atterberg	VBS	IPI (%)	Classe selon NF P-11-300
PM1	1.3 à 2.5	9.1	Dmax < 50 mm Passant à 80 µm = 47.6 %	/	2.00	30.6	A1 m à s
PM2	0.5 à 2.5	16.8	Dmax < 50 mm Passant à 80 µm = 62.2 %	/	2.68	9	A2 m
PM3	1.5 à 2.6	12.6	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 40.7 %	/	1.88	15.2	C1A1 m
PM4	0.6 à 2.8	12.7	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 58.3 % Passant à 2 µm = 24.3 %	W_L = 39 % W_P = 19 % I_P = 20 %	2.86	22.1	C1A2 m à s
PM5	0.0 à 1.8	13.2	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 17.2 % Passant à 2 µm = 6.2 %	W_L = 36 % W_P = 24 % I_P = 12 %	0.70	23.8	C2B5
PM6	0.3 à 2.0	17.9	Dmax < 50 mm Passant à 80 µm = 74.9 %	/	2.95	12.7	A2 m
PM7	0.3 à 1.8	15.4	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 36.7 % Passant à 2 µm = 18.2 %	W_L = 46 % W_P = 28 % I_P = 19 %	1.48	14.9	C1A2 m
PM8	0.0 à 2.5	14.0	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 48.4 % Passant à 2 µm = 14.9 %	W_L = 44 % W_P = 23 % I_P = 20 %	1.79	18.7	C1A2 m
PM9	0.5 à 2.2	13.9	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 39.1 % Passant à 2 µm = 23.7 %	W_L = 52 % W_P = 26 % I_P = 27 %	2.01	16.5	C1A3 m
PM10	0.0 à 1.8	14.1	Dmax < 50 mm Passant à 80 µm = 37.8 %	/	1.46	11.9	A1 m

« m » : moyen, « s » : sec

B.1.3. Terrassements généraux

Le contexte géologique mis en évidence est constitué de terrains de surface de nature lithologique hétérogène surmontant des terrains à dominante argileuse avec de nombreux blocs mis en évidence au droit des sondages à la pelle mécanique.

Dans les terrains en place comportant des blocs, les terrassements nécessiteront des engins puissants et certainement des engins de déroctage (BRH, …).

Les matériaux argileux et lœssiques sont très sensibles à l'eau. En effet, il suffit de quelques % d'augmentation de leur teneur en eau pour qu'ils passent d'un état consistant à un état mou qui pourra rendre la traficabilité des engins difficiles voire impossible.

La mise en place d'une couche de cloutage n'est pas à exclure pour un sol d'assise à matrice argileuse importante.

Les éventuels talus provisoires induits par les terrassements seront protégés par du polyane et réglés à 3H pour 2V pour des hauteurs inférieures à 3 m sans surcharge en tête.

B.1.4. Réutilisation des matériaux du site

Les matériaux testés sont des sols à dominante argileuse de nature variable sur la zone de prélèvement.

Ces matériaux sont réutilisables en remblais sous certaines conditions et notamment en fonction de leur état hydrique car ces matériaux sont sensibles à l'eau.

Dans nos hypothèses nous estimons que ces matériaux respectent les conditions de réutilisation stipulées dans le rapport d'étude de géotechnique (chapitre D3).

Ils sont donc réutilisés en remblais pour créer les différentes plateformes des 2 extensions.

B.2. Modélisation du terrain

Nous avons modélisé le terrain sur la base du levé topographique fourni par le maître d'ouvrage avec le logiciel COVADIS.

Dans un premier temps, cette modélisation va nous permettre de déterminer les déblais remblais des différentes plates-formes à étudier selon les côtes altimétriques du plan architecte.

Dans un second temps, nous allons déterminer une côte altimétrique par plate-forme en optimisant les déblais/remblais.

Cette optimisation ne tient pas compte de la géotechnique des sols rencontrés mais uniquement du niveau altimétrique.

Hypothèses

Nous avons considéré 7 plates-formes réalisées selon les différentes phases du projet :

Extension Nord : Montage et Process
Plate-forme n°1 : Montage et Process
Plate-forme n°2 : Montage et Process
Plate-forme Accès voirie lourde (liaison nord-sud)

Extension sud : Recherche et développement - Restaurant, bâtiments annexes et parkings.
Plate-forme n°3 : Parking + Bureaux R&D + Restaurant
Plate-forme n°4 : Bureaux R&D + Ateliers d'essais
Plate-forme n°5 : Ateliers d'essais + bâtiment testes
Plate-forme Accès voirie lourde (accès rue du Marttelberg)

Les terrassements s'effectueront comme suit :
- Abattage des arbres, débroussaillage
- Décapage de terre végétale sur une épaisseur de 30 cm (épaisseur estimée) sur l'emprise totale des plate-formes y compris talus.
- Réalisation de déblais/Remblais pour arriver à l'équilibre
- Reprise sur stock et mise en œuvre de terre végétale dans les talus et espaces verts
- Evacuation de l'excédent de terre végétale ou de matériaux de terrassements.

Le calcul de ces plates-formes ne tient pas compte des structures nécessaires à la construction des bâtiments ni des voiries.

Des études de sol doivent permettre de vérifier nos hypothèses ainsi que le réemploi des matériaux extraits.

Hypothèses :
- Matériaux non pollués
- Matériaux réutilisables en remblais selon rapport géotechnique

B.3. Extension sud : Recherche et développement- Restaurant, bâtiments annexes et parking.

Le logiciel COVADIS nous permet d'optimiser les plates-formes de terrassement afin de trouver un équilibre déblais/remblai.
Le résultat nous donne bien évidemment les différents volumes de matériaux mais également le niveau altimétrique de la plate-forme optimisé.

B.3.1. PF 3 Parking + Bureaux R&D + Restaurant.

Plate-forme	
Nom	Surface 2D
PF3 219,80 NGF	16555,34
Total général	***16555,34***

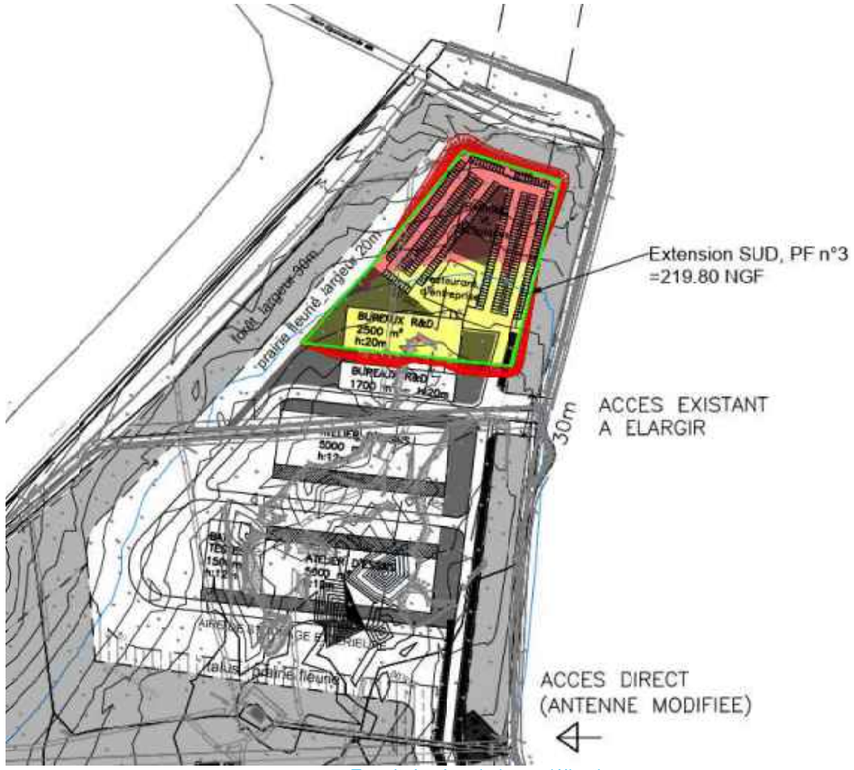
Décapage terre végétale			
Epaisseur	Volume	Surface totale 3D	Surface 3D pour 0.30
0,300	5912,484	19747,70	19747,70
	5912,484	***19747,70***	***19747,70***

Le résultat de la modélisation nous donne :

Volumes					
Total des déblais	Total des remblais	Déblais plate-forme	Remblais plate-forme	Déblais talus	Remblais talus
12002,559	12002,558	10813,558	9708,348	1189,000	2294,210
12002,559	***12002,558***	***10813,558***	***9708,348***	***1189,000***	***2294,210***

Nous sommes bien à l'équilibre.

Le niveau altimétrique de cette plate-forme optimisée est de : **219,80 NGF**



Extrait de plan de la modélisation
En rouge, zones de remblais - En jaune, zones de déblais

B.3.2. PF4 Bureaux R&D + Ateliers d'essais.

Plate-forme			
Nom	Type	Décaissement	Surface 2D
Sud PF4 222.00	Terrassement	0,000	21701,621
Total général			**21701,621**

Décapage		
Epaisseur	Volume	Surface totale 2D
0,300	6878,669	22928,898
	6878,669	**22928,898**

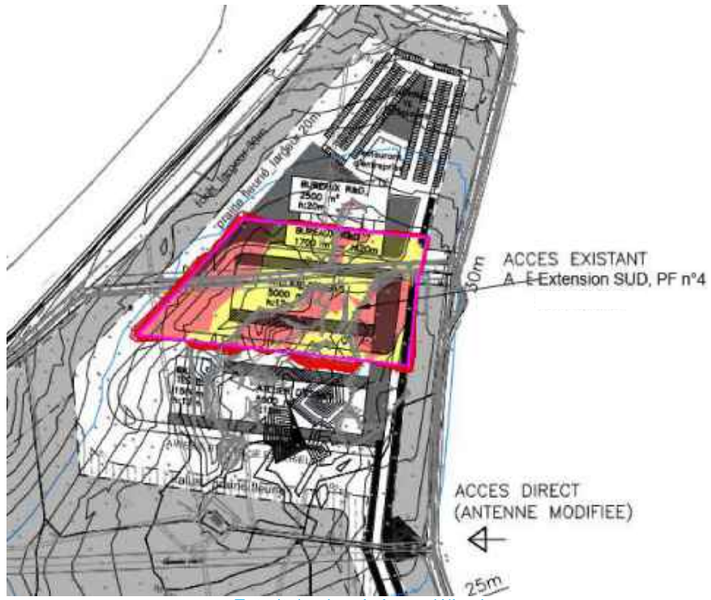
Le résultat de la modélisation nous donne :

Volumes					
Total des déblais	Total des remblais	Déblais plate-forme	Remblais plate-forme	Déblais talus	Remblais talus
9831,344	10365,868	9748,800	9484,460	82,544	881,408
9831,344	**10365,868**	**9748,800**	**9484,460**	**82,544**	**881,408**

Nous ne sommes pas à l'équilibre sur cette plateforme.

Nous avons un léger déficit de matériaux de remblais de 534 m³ pour équilibrer les volumes.
Ce déficit peut être comblé avec les matériaux excédentaires de la PF 5.

Le niveau altimétrique de cette plate-forme optimisée est de : **222,00 NGF**



Extrait de plan de la modélisation
En rouge, zones de remblais - En jaune, zones de déblais

B.3.3. PF5 Ateliers d'essais + bâtiment testes.

Plate-forme			
Nom	Type	Décaissement	Surface 2D
Sud PF5 223.00	Terrassement	0,000	25358,784
Total général			**25358,784**

Décapage		
Epaisseur	Volume	Surface totale 2D
0,300	8589,994	28633,315
	8589,994	**28633,315**

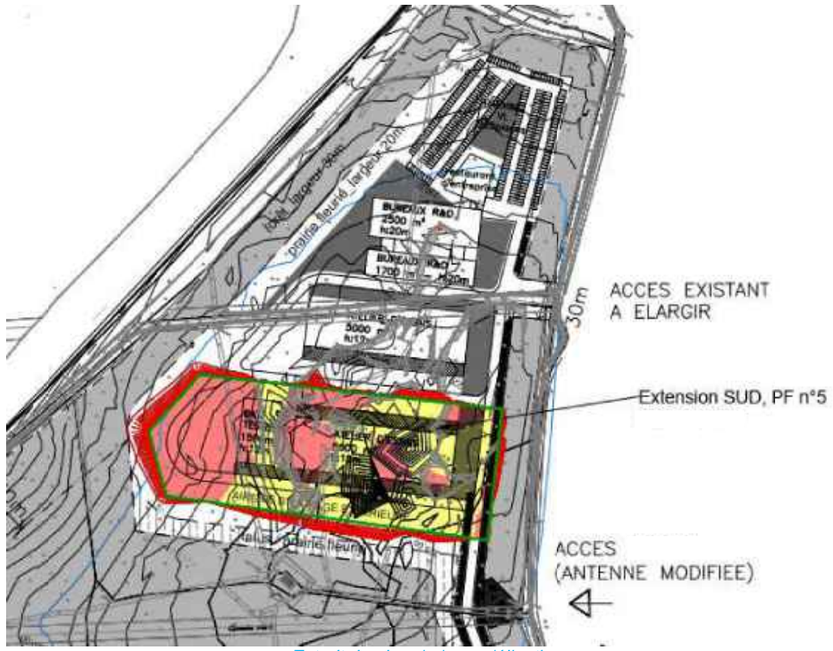
Le résultat de la modélisation nous donne :

Volumes					
Total des déblais	Total des remblais	Déblais plate-forme	Remblais plate-forme	Déblais talus	Remblais talus
22752,078	22334,532	21310,152	18774,045	1441,927	3560,487
22752,078	**22334,532**	**21310,152**	**18774,045**	**1441,927**	**3560,487**

Nous ne sommes pas à l'équilibre sur cette plateforme.

Nous avons un léger excédent de matériaux de déblais de 418 m³.
Ces matériaux peuvent être mis en œuvre sur la PF4.

Le niveau altimétrique de cette plate-forme optimisée est de : **223,00 NGF**



Extrait de plan de la modélisation
En rouge, zones de remblais - En jaune, zones de déblais

B.3.4. Accès voirie lourde Sud.

Plate-forme			
Nom	Type	Décaissement	Surface 2D
Sud Voirie lourde	Voirie lourde	0,810	1035,045
Total général			**1035,045**

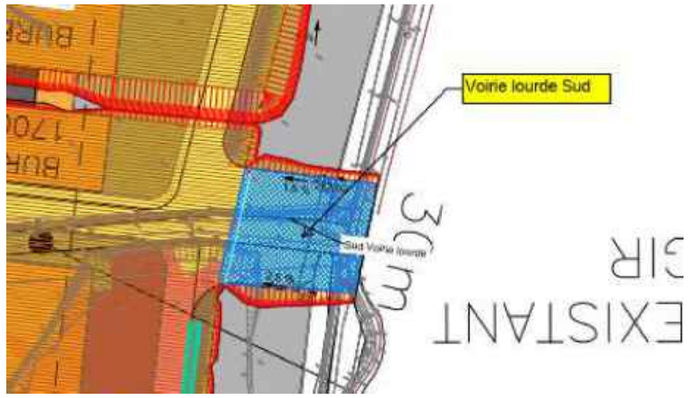
Décapage		
Epaisseur	Volume	Surface totale 2D
0,300	377,818	1259,393
	377,818	**1259,393**

Le résultat de la modélisation nous donne :

Volumes					
Total des déblais	Total des remblais	Déblais plate-forme	Remblais plate-forme	Déblais talus	Remblais talus
1009,267	10,287	937,890	0,219	71,376	10,068
1009,267	**10,287**	**937,890**	**0,219**	**71,376**	**10,068**

Nous ne sommes pas à l'équilibre sur cette plateforme.

Nous avons un léger excédent de matériaux de déblais de 1000 m³.
Ces matériaux peuvent être mis en œuvre sur la PF4 ou sur la zone nord.



B.3.5. Jonction voirie lourde sud/nord.

Plate-forme			
Nom	Type	Décaissement	Surface 2D
Jonction Voirie lourde 1	Voirie lourde	0,810	3816,448
Total général			**3816,448**

Décapage		
Epaisseur	Volume	Surface totale 2D
0,300	3350,115	11167,049
	3350,115	**11167,049**

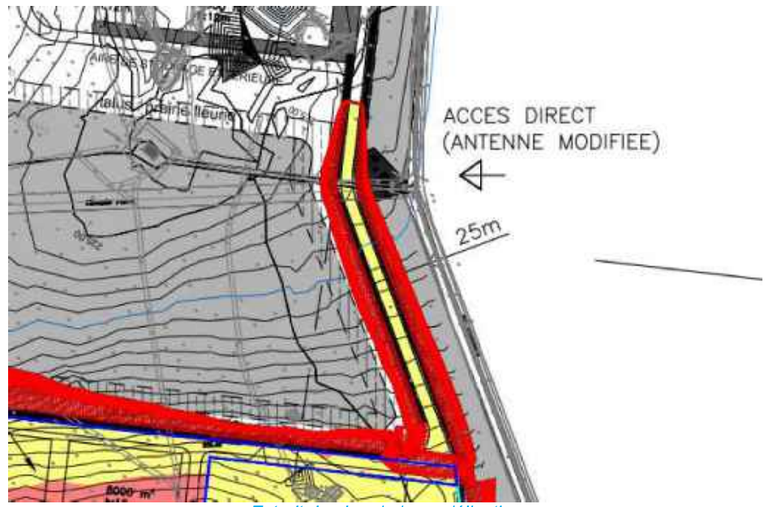
Le résultat de la modélisation nous donne :

Volumes					
Total des déblais	Total des remblais	Déblais plate-forme	Remblais plate-forme	Déblais talus	Remblais talus
34440,537	66,522	17422,865	0,000	17017,672	66,522
34440,537	**66,522**	**17422,865**	**0,000**	**17017,672**	**66,522**

Nous ne sommes pas à l'équilibre sur cette plateforme.

Nous avons un excédent de matériaux de déblais de 34 400 m³.
Ces matériaux peuvent être mis en œuvre sur les PF4, PF5 ou sur la zone nord.

Cet accès concerne le raccordement nord/sud du site.
Pour respecter les pentes maximales de 10 % les voiries sont encaissées. Il est donc impossible de respecter un équilibre déblais/remblais pour ces travaux.



Extrait de plan de la modélisation
En rouge, zones de remblais - En jaune, zones de déblais

B.4. Extension Nord : Montage et Process

B.4.1. PF1 et PF2

Plate-forme			
Nom	**Type**	**Décaissement**	**Surface 2D**
Nord PF1 201.00a	Terrassement	0,000	11304,228
Nord PF2 201.00b	Terrassement	0,000	42778,382
Total général			**54082,611**

Décapage		
Epaisseur	**Volume**	**Surface totale 2D**
0,300	3630,355	12101,184
0,300	13716,862	45722,875
	17347,218	**57824,059**

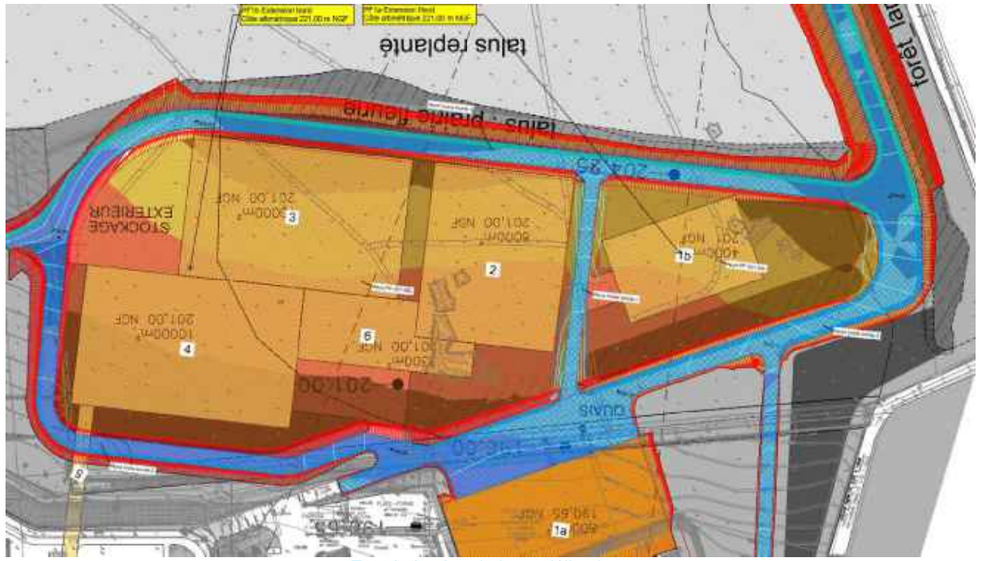
Le résultat de la modélisation nous donne :

Volumes					
Total des déblais	**Total des remblais**	**Déblais plate-forme**	**Remblais plate-forme**	**Déblais talus**	**Remblais talus**
25576,338	6360,343	22788,303	6054,286	2788,035	306,057
53601,738	116220,893	47424,236	108673,709	6177,501	7547,183
79178,076	**122581,236**	**70212,539**	**114727,996**	**8965,537**	**7853,240**

Nous ne sommes pas à l'équilibre sur ces plateformes.

Nous avons un déficit de matériaux de remblais de 43 400 m³.

Ces matériaux peuvent être récupérer les terrassements de voirie.



Extrait de plan de la modélisation
En rouge, zones de remblais
En jaune, zones de déblais

B.4.2. Bâtiment 1a

Plate-forme			
Nom	**Type**	**Décaissement**	**Surface 2D**
Nord PF 190.65	Terrassement	0,000	7998,298
Total général			**7998,298**

Décapage		
Epaisseur	**Volume**	**Surface totale 2D**
0,300	2508,931	8363,103
	2508,931	**8363,103**

Le résultat de la modélisation nous donne :

Volumes					
Total des déblais	**Total des remblais**	**Déblais plate-forme**	**Remblais plate-forme**	**Déblais talus**	**Remblais talus**
19551,155	244,517	18913,616	239,507	637,539	5,010
19551,155	**244,517**	**18913,616**	**239,507**	**637,539**	**5,010**

Nous ne sommes pas à l'équilibre sur cette plateforme.

Nous avons un excédent de 19 300 m³ de matériaux à évacuer ou égaliser sur le site.

B.4.3. Accès voirie lourde zone nord.

Ce chapitre comprend l'ensemble des terrassements liés aux voiries de la zone nord de l'extension et selon le plan de modélisation.

Plate-forme			
Nom	Type	Décaissement	Surface 2D
Nord Talus1	Terrassement	0,000	707,854
Nord Talus2	Terrassement	0,000	532,081
Nord Talus3	Terrassement	0,000	747,542
Nord Voirie lourde 1	Voirie lourde	0,810	7595,421
Nord Voirie lourde 2	Voirie lourde	0,810	3612,784
Nord Voirie lourde 3	Voirie lourde	0,810	9043,680
Nord Voirie lourde 4	Voirie lourde	0,810	1127,563
Total général			**23366,926**

Décapage		
Epaisseur	Volume	Surface totale 2D
0,300	217,951	726,503
0,300	160,980	536,601
0,300	228,329	761,096
0,300	4238,515	14128,385
0,300	1653,889	5512,962
0,300	3335,159	11117,198
0,300	345,073	1150,244
	10179,897	**33932,989**

Le résultat de la modélisation nous donne :

Volumes					
Total des déblais	Total des remblais	Déblais plate-forme	Remblais plate-forme	Déblais talus	Remblais talus
281,296	698,316	281,295	664,429	0,001	33,886
2492,459	0,000	2471,783	0,000	20,676	0,000
469,599	624,651	462,115	592,737	7,484	31,914
36832,062	8837,384	23525,075	6319,426	13306,987	2517,959
30,353	15902,823	28,325	11328,136	2,028	4574,688
15651,565	1225,410	13291,284	1149,577	2360,281	75,833
1411,045	0,483	1389,577	0,000	21,468	0,483
57168,380	**27289,067**	**41449,453**	**20054,305**	**15718,926**	**7234,762**

Nous ne sommes pas à l'équilibre sur cette plateforme.

Nous avons un excédent de 30 000 m³ de matériaux à évacuer ou égaliser sur le site.

Pour respecter les pentes maximales de 10 % les voiries sont encaissées. Il est donc impossible de respecter un équilibre déblais/remblais pour ces travaux.

B.5. Tableau général des déblais/remblais des plateformes

Plate-forme					Volumes							Décapage		
Nom	Type	Décaissement	Surface 2D	Total des déblais	Total des remblais	Déblais plate-forme	Remblais plate-forme	Déblais talus	Remblais talus	Epaisseur	Volume	Surface totale 2D
Jonction Voirie lourde 1	Voirie lourde	0,810	3816,448	34440,537	66,522	17422,865	0,000	17017,672	66,522	0,300	3350,115	11167,049
Nord PF 190.65	Terrassement	0,000	7998,298	19551,155	244,517	18913,616	239,507	637,539	5,010	0,300	2508,931	8363,103
Nord PF1 201.00a	Terrassement	0,000	11304,228	25576,338	6360,343	22788,303	6054,286	2788,035	306,057	0,300	3630,355	12101,184
Nord PF2 201.00b	Terrassement	0,000	42778,382	53601,738	116220,893	47424,236	108673,709	6177,501	7547,183	0,300	13716,862	45722,875
Nord Talus1	Terrassement	0,000	707,854	281,296	698,316	281,295	664,429	0,001	33,886	0,300	217,951	726,503
Nord Talus2	Terrassement	0,000	532,081	2492,459	0,000	2471,783	0,000	20,676	0,000	0,300	160,980	536,601
Nord Talus3	Terrassement	0,000	747,542	469,599	624,651	462,115	592,737	7,484	31,914	0,300	228,329	761,096
Nord Voirie lourde 1	Voirie lourde	0,810	7595,421	36832,062	8837,384	23525,075	6319,426	13306,987	2517,959	0,300	4238,515	14128,385
Nord Voirie lourde 2	Voirie lourde	0,810	3612,784	30,353	15902,823	28,325	11328,136	2,028	4574,688	0,300	1653,889	5512,962
Nord Voirie lourde 3	Voirie lourde	0,810	9043,680	15651,565	1225,410	13291,284	1149,577	2360,281	75,833	0,300	3335,159	11117,198
Nord Voirie lourde 4	Voirie lourde	0,810	1127,563	1411,045	0,483	1389,577	0,000	21,468	0,483	0,300	345,073	1150,244
Sud PF3 219.80	Terrassement	0,000	16555,341	12002,557	11992,702	10813,558	9708,348	1188,999	2284,354	0,300	5896,813	19656,043
Sud PF4 222.00	Terrassement	0,000	21701,621	9831,344	10365,868	9748,800	9484,460	82,544	881,408	0,300	6878,669	22928,898
Sud PF5 223.00	Terrassement	0,000	25358,784	22752,078	22334,532	21310,152	18774,045	1441,927	3560,487	0,300	8589,994	28633,315
Sud Voirie lourde	Voirie lourde	0,810	1035,045	1009,267	10,287	937,890	0,219	71,376	10,068	0,300	377,818	1259,393
Total général			**153915,075**	**235933,393**	**194884,731**	**190808,873**	**172988,880**	**45124,520**	**21895,851**		**55129,455**	**183764,848**

B.6. Conclusion

Globalement le projet n'est pas à l'équilibre.

Extension nord :

Sur l'ensemble de la zone y compris le terrassement du bâtiment 1a, nous constatons un léger excédent de matériaux de 5 800 m³.
Voici les altimétries des différentes plateformes :

- PF1a : 201,00 m NGF
- PF1b : 201,00 m NGF
- Bâtiment 1a : 190,65 m NGF

Extension sud :

Cette zone est globalement à l'équilibre hormis pour la voirie de jonction nord/sud.
Nous constatons donc un excédent de matériaux de l'ordre de 35 265 m³

Au total (extensions nord et sud) nous avons un excédent de 41 049 m³ de matériaux sur le site.

Ces matériaux excédentaires sont mis en œuvre sur les plateformes de l'extension sud (PF3, PF4 et PF5).
La surface de ces plateformes est de 63 615 m² ce qui représente la mise en œuvre des matériaux sur une épaisseur de 65 cm.

Voici les altimétries des différentes plateformes après mise en œuvre des matériaux :

- PF3 : 220,45 m NGF
- PF4 : 222,65 m NGF
- PF5 : 223,65 m NGF

C. GESTION DES EAUX PLUVIALES

Les chapitres suivants traitent une première approche du volume de stockage des eaux pluviales des différentes phases de l'opération.

Selon les recommandations de l'agence de l'eau Rhin-Meuse, les eaux pluviales du projet doivent être traitées sur la parcelle KUHN et selon la méthodologie suivante :

- Calcul de la surface active **Sa**, avec les coefficients de ruissellement suivants :
  - 1 pour une toiture
  - 0.9 pour une voirie imperméabilisée (enrobés etc…)
  - 0.6 pour une voirie « perméable » (stationnements en pavés à joints larges etc…)
  - 0.1 pour les espaces verts

- Vérification du volume d'eau à stocker suivant trois niveaux de pluies :
  - Niveau N1 : pluie d'une hauteur de 10 mm, **correspondant à une pluie courante**
  - Niveau N2 : pluie de période de retour **T= 10 ans**
  - Niveau N3 : pluie de période de retour **T= 20 ans**
  - Niveau N4 : pluie de période de retour **T= 100 ans**

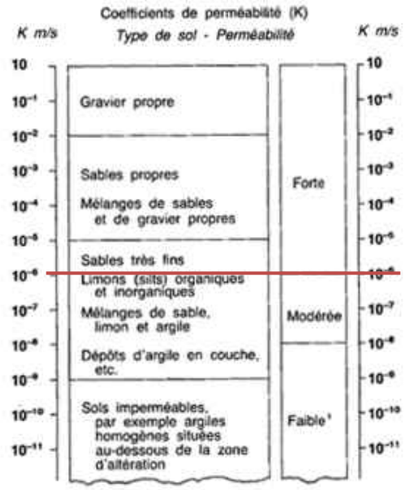
- Vérification du dimensionnement de la noue, méthode des pluies
  - Coefficient de Montana : Station d'Entzheim sur la période 1982-2018, pour une durée de pluie 6mn-2h, 2h-6h et 6h-24h.
  - Niveau N1 : infiltration complète de la pluie
  - Niveau N2 : infiltration complète de la pluie
  - Niveau N3 : infiltration complète de la pluie. A noter que les ouvrages ont été dimensionnés afin d'infiltrer ce niveau N3, et les niveaux N1 et N2 sont donc également gérés.
  - Niveau N4 : vérification du volume de débordement et de ses conséquences

C.1. Essai de perméabilité in situ

FONDASOL a réalisé 1 essai de perméabilité in-situ de type Lefranc dans le respect de la norme NF EN ISO 22282-2. Cet essai, réalisé vers 4 m de profondeur en LF1, concerne les sols intermédiaires.
FONDASOL a pu traduire cet essai suivant la théorie Nasberg étant donné que le niveau de la nappe dans ce secteur est assez profond et est supposé comme infini. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Sondage	Profondeur de l'essai (m)	Régime transitoire		
		Injection à l'avancement		Descente
		Débit Q (m^3/s)	Perméabilité k (m/s)	Perméabilité k (m/s)
LF1	≈ 4.0	3.73×10^{-5}	$\approx 3 \times 10^{-5}$	$\approx 5 \times 10^{-6}$

Compte tenu de ces résultats, FONDASOL propose de retenir pour définir le système de traitement des EP la valeur de perméabilité suivante : **$k = 1 \times 10^{-6}$ m/s**



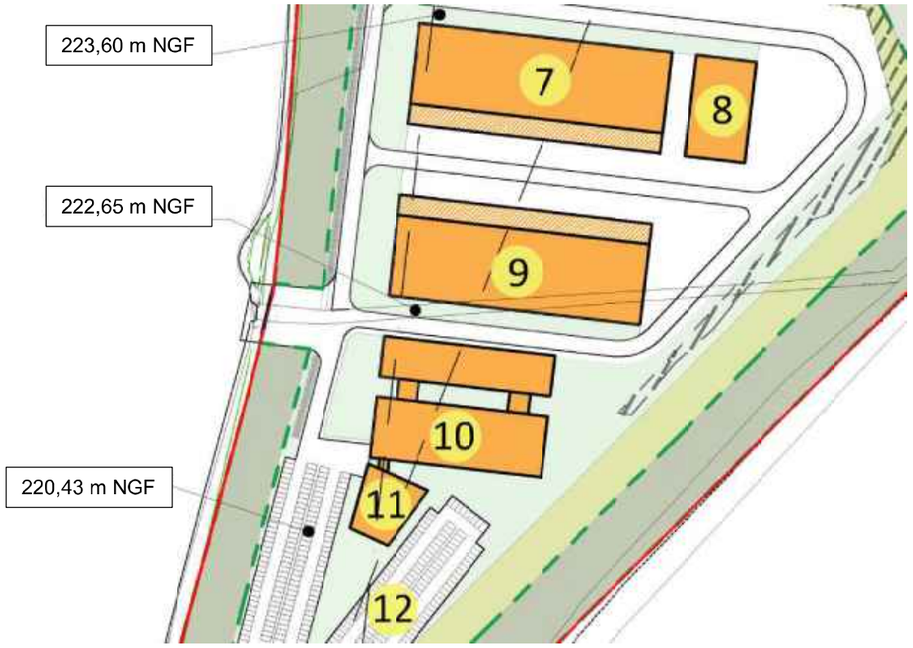
C.2. Extension sud : Recherche et développement- Restaurant, bâtiments annexes et parking.

Les eaux pluviales des toitures, du parking et des voiries de l'extension sud sont infiltrées dans le sol.

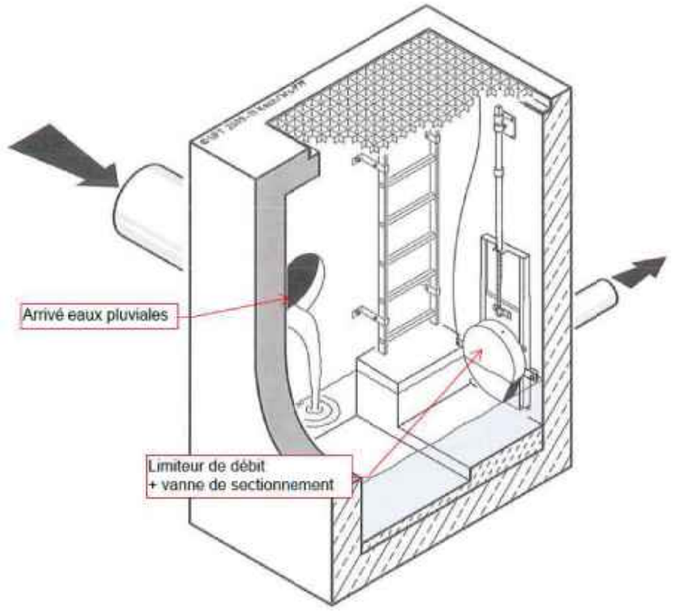
La zone d'infiltration principale est située sous le parking qui représente le point bas de l'extension sud.

Les eaux pluviales des voiries sont recueillies dans des fossés étanches avant traitement et infiltration (ICPE). Ces fossés servent également au confinement des eaux d'extinction incendie.

Un réseau pluvial récupère ces eaux sur l'ensemble de l'extension sud jusqu'au bassin d'infiltration.



Le rejet des eaux pluviales des bâtiments 7 et 9 est limité à 5 l/s. Un stockage tampon est donc réalisé le long de ces bâtiments par l'intermédiaires de canalisations enterrées.



Plan de principe du limiteur de débit

Un bassin spécifique aux des bâtiments 10 et 11 permet l'infiltration des eaux pluviales. Ce bassin est composé de galets 30/80 enrobés de géotextile.

Les eaux pluviales du bâtiment 8 permettent d'alimenter 2 mares situées dans les espaces verts le long de la forêt conservées.

Les bassins de stockage ou d'infiltration des eaux pluviales sont dimensionnés pour une pluie de retour 20 ans.

C.2.1. Bâtiment 7 – 6 250 m².

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana d'Entzheim de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans	
Pour T = 6 min à 2h	
a=	7,538
b=	0,602
Ic=	0,95
Pour T = 2 h à 6h	
a=	24,159
b=	0,874
Pour T = 6 h à 24h	
a=	20,171
b=	0,846

S=	6250	m²		
Sa=	5937,5	m²	C=	0,95
Qfuite =	5,000	l/s		

Durée averse	Intensité i = a*tb*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m^3
6	2,44	86,75	1,8	84,95
15	1,40	124,93	4,5	120,43
30	0,92	164,62	9	155,62
45	0,72	193,45	13,5	179,95
60	0,61	216,91	18	198,91
90	0,48	254,90	27	227,90
120	0,40	285,82	36	249,82
180	0,25	262,16	54,00	208,16
240	0,19	271,84	72,00	199,84
360	0,13	286,09	108,00	178,09
720	0,07	313,39	216,00	97,39
1440	0,04	348,69	432,00	-83,31

Volume maximum à stocker (m^3)	**250**
Volume utile du bassin (m^3)	**251**

L'ouvrage est suffisant

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Il est recommandé de vidanger le bassin en moins de 4 jours.

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 4 jours)

Qf :	5,000 l/s
Qf :	18 m^3/h
Temps de vidange	**13,88 heures**
Soit	**0,58 jours**

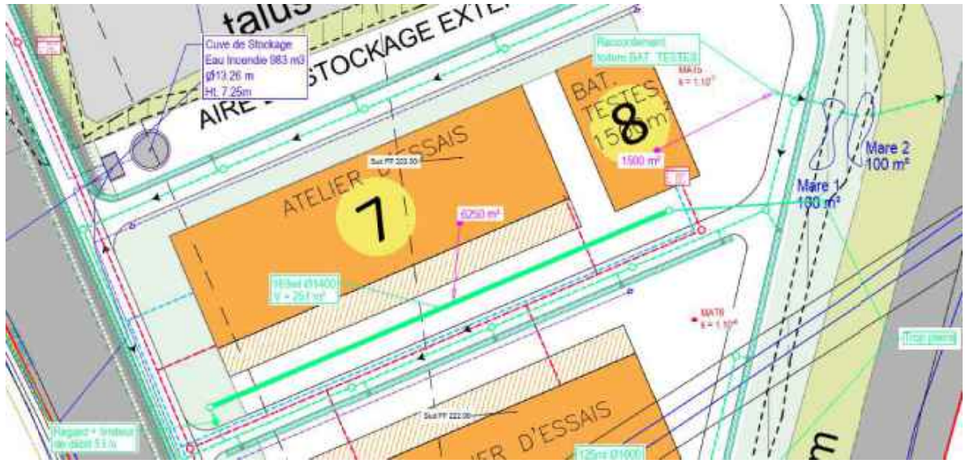
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN DE STOCKAGE

	Dimensions		Total	
Ø canalisation	1,4	1,539	1,54	
Longueur	163		163	
		Volume	250,92	
		% de vide	100%	
		Vutile	**250,92**	**m^3**

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 251 m³

Ce volume est stocké dans une canalisation enterrée Ø1400 mm et d'une longueur de 163 m.



C.2.2. Bâtiment 9 – 6 250 m²

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana d'Entzheim de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans	
Pour T = 6 min à 2h	
a=	7,538
b=	0,602
Ic=	0,95
Pour T = 2 h à 6h	
a=	24,159
b=	0,874
Pour T = 6 h à 24h	
a=	20,171
b=	0,846

S=	6250	m²		
Sa=	5937,5	m²	C=	0,95
Qfuite =	5,000	l/s		

Durée averse	Intensité i = a*tb*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m^3
6	2,44	86,75	1,8	84,95
15	1,40	124,93	4,5	120,43
30	0,92	164,62	9	155,62
45	0,72	193,45	13,5	179,95
60	0,61	216,91	18	198,91
90	0,48	254,90	27	227,90
120	0,40	285,82	36	249,82
180	0,25	262,16	54,00	208,16
240	0,19	271,84	72,00	199,84
360	0,13	286,09	108,00	178,09
720	0,07	313,39	216,00	97,39
1440	0,04	348,69	432,00	-83,31

Volume maximum à stocker (m^3)	**250**
Volume utile du bassin (m^3)	**251**

L'ouvrage est suffisant

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Il est recommandé de vidanger le bassin en moins de 4 jours.

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 4 jours)

Qf :	5,000 l/s
Qf :	18 m^3/h
Temps de vidange	**13,88 heures**
Soit	**0,58 jours**

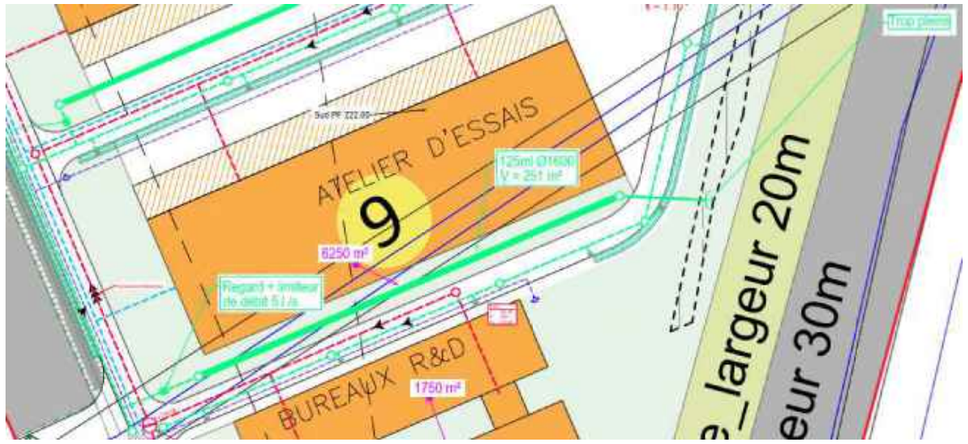
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN DE STOCKAGE

	Dimensions		Total	
Ø canalisation	1,6	2,011	2,01	
Longueur	125		125	
		Volume	251,33	
		% de vide	100%	
		Vutile	**251,33**	**m^3**

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 251 m³

Ce volume est stocké dans une canalisation enterrée Ø1600 mm et d'une longueur de 125 m.



C.2.3. Bâtiment 10 et 11 – 5 150 m²

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana d'Entzheim de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans	
Pour T = 6 min à 2h	
a=	7,538
b=	0,602
Ic=	0,95
Pour T = 2 h à 6h	
a=	24,159
b=	0,874
Pour T = 6 h à 24h	
a=	20,171
b=	0,846

S=	5150	m²		
Sa=	4892,5	m²	C=	0,95
Qfuite =	0,770	l/s		

Durée averse	Intensité i = a*tb*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m^3
6	2,44	71,48	0,2772	71,21
15	1,40	102,94	0,693	102,25
30	0,92	135,65	1,386	134,26
45	0,72	159,40	2,079	157,32
60	0,61	178,74	2,772	175,97
90	0,48	210,04	4,158	205,88
120	0,40	235,52	5,544	229,97
180	0,25	216,02	8,32	207,71
240	0,19	224,00	11,09	212,91
360	0,13	235,74	16,63	219,10
720	0,07	258,23	33,26	224,97
1440	0,04	287,32	66,53	220,79

Volume maximum à stocker (m^3)	**229,97**
Volume utile du bassin (m^3)	**231,00**

L'ouvrage est suffisant

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Il est recommandé de vidanger le bassin en moins de 4 jours.

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 4 jours)

Qf :	0,770 l/s
Qf :	2,772 m^3/h
Temps de vidange	**82,96 heures**
Soit	**3,46 jours**

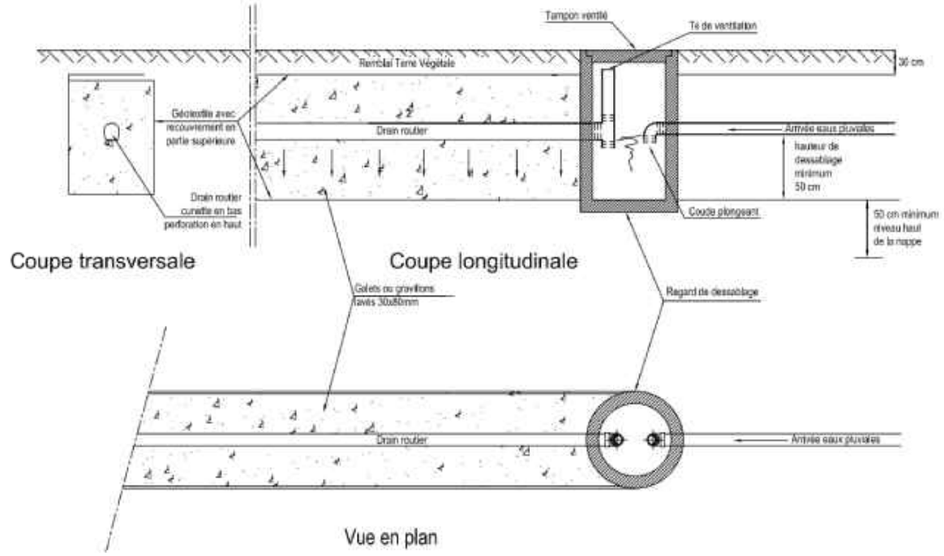
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN D'INFILTRATION

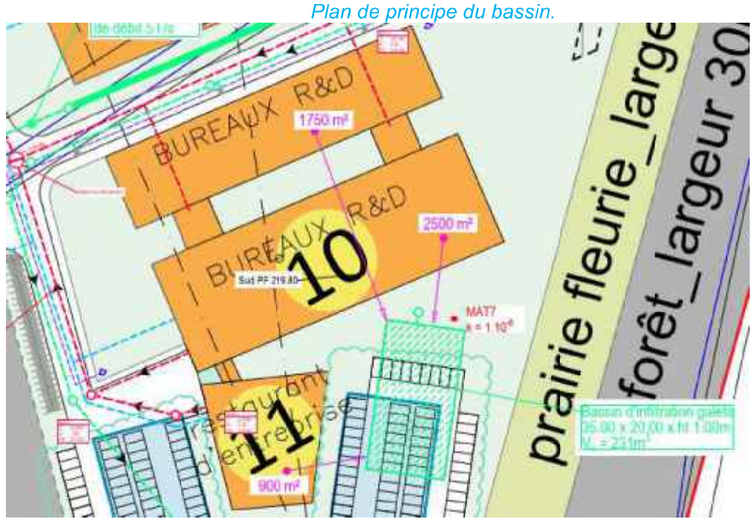
	Dimensions		Total
Longueur	0,8	25	20,00
Largeur	35	1	35,00
Hauteur	1	1	1,00
		Volume	700,00
		% de vide	33%
		Vutile	**231,00** m^3

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 231 m³

Ce volume est stocké dans un bassin enterré d'une surface de 700 m².
Ce bassin est composé de galets 30/80 enrobés de géotextile.



Plan de principe du bassin.



C.2.4. Bassin d'infiltration général – Extension sud

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana **d'Entzheim** de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans

6 mn à 2 h	a=	7,538
	b=	-0,602
2 h à 6 h	a=	24,159
	b=	-0,874
6 h à 24 h	a=	20,171
	b=	-0,846

Surface active Sa = 11 260 m²

Débit de fuite Qf = 12,83 l/s

Avec apport extérieur

débit d'apport en l/s **10**

Correspondant au débit de rejet des bâtiments 7 et 9.

Durée averse	Intensité i = a*t^b*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m3
6	2,56	176,78	4,6188	172,16
15	1,48	258,39	11,547	246,84
30	0,97	346,62	23,094	323,52
45	0,76	413,17	34,641	378,52
60	0,64	469,01	46,188	422,82
90	0,50	562,84	69,282	493,56
120	0,42	642,57	92,376	550,19
180	0,26	631,34	138,564	492,77
240	0,20	686,66	184,752	501,90
360	0,14	787,10	277,128	509,97
720	0,08	1 057,60	554,256	503,34
1440	0,04	1 560,07	1108,512	451,56

volume optimum à stocker en m3 : 550,19

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 4 jours)

Qf :	12,830 l/s
Qf :	46,188 m^3/h
Temps de vidange	**11,91 heures**
Soit	**0,50 jours**

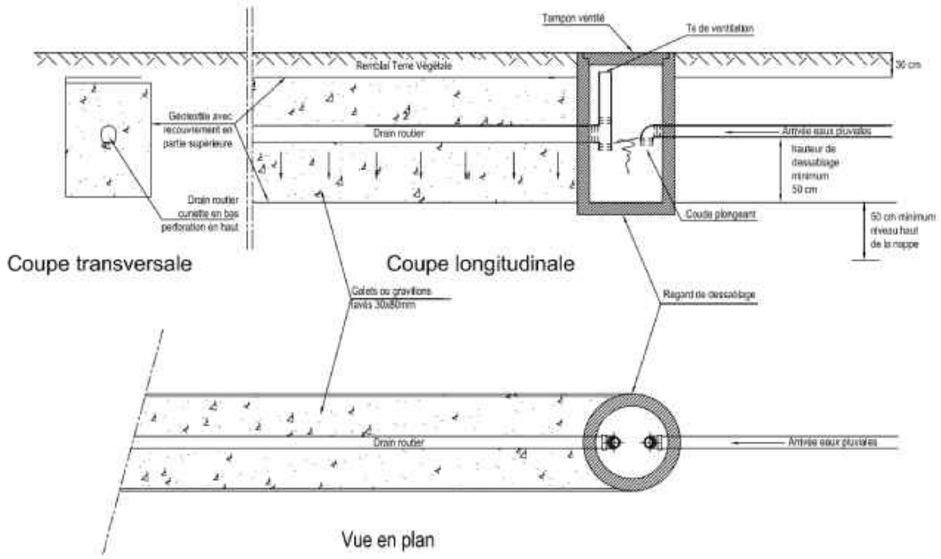
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN D'INFILTRATION

	Dim. Caisson	Nombre	Total	
Largeur caissons	0,8	40	50	
Longueur caissons	0,8	100	50	
Hauteur caissons	0,66	1	0,66	
			1650	
		% de vide	33%	
		Vutile	**544,5**	**m^3**

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 544 m³

Ce volume est stocké dans un bassin enterré d'une surface de 2500 m².
Ce bassin est composé de galets 30/80 enrobés de géotextile.



Plan de principe du bassin.

Les eaux pluviales sont traitées par un séparateur d'hydrocarbures avant rejet vers le bassin d'infiltration.

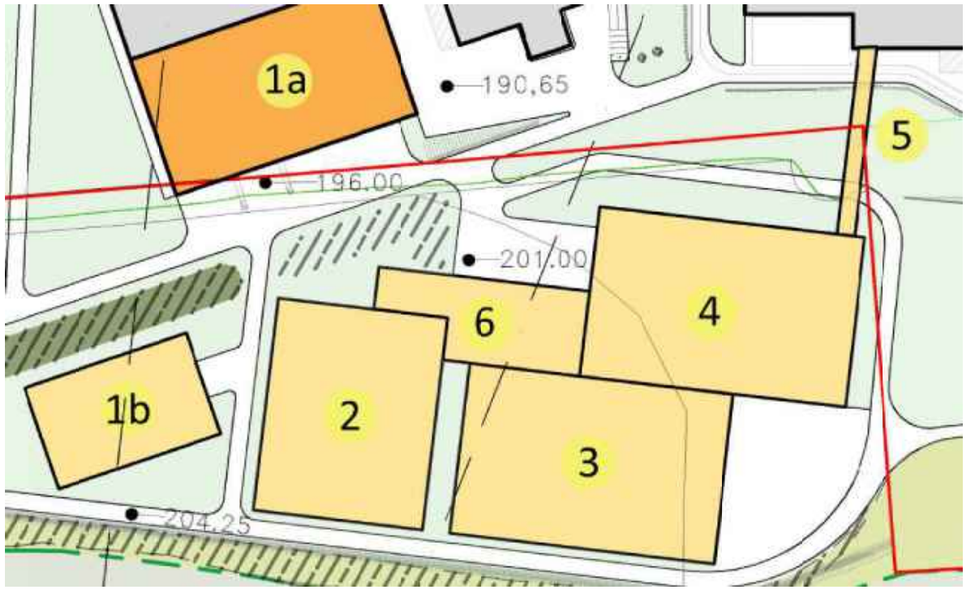
C.3. Extension nord : Montage et Process

Les eaux pluviales des toitures, du parking et des voiries de l'extension nord sont infiltrées dans le sol.

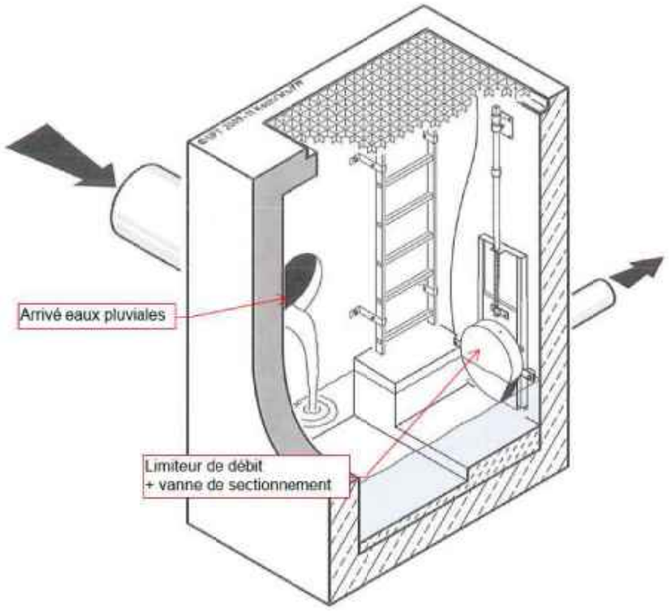
La zone d'infiltration principale est située dans l'espace vert au nord-ouest de la parcelle qui représente le point bas de l'extension nord.

Les eaux pluviales des voiries sont recueillies dans des fossés étanches avant traitement et infiltration (ICPE). Ces fossés servent également au confinement des eaux d'extinction incendie.

Un réseau pluvial récupère ces eaux sur l'ensemble de l'extension nord jusqu'au bassin d'infiltration.



Le rejet des eaux pluviales des bâtiments 1b, 2, 3 est limité à 5 l/s.
Le rejet des eaux pluviales des bâtiments 4 et 6 est limité à 10 l/s.
Un stockage tampon est donc réalisé le long de ces bâtiments par l'intermédiaires de canalisations enterrées.



Plan de principe du limiteur de débit

Une partie des eaux pluviales du bâtiment 3 permettent d'alimenter la mare située dans les espaces verts à l'arrière du stand de tir.

Les bassins de stockage ou d'infiltration des eaux pluviales sont dimensionnés pour une pluie de retour 20 ans.

C.3.1. Bâtiment 1b – 4000 m²

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana d'Entzheim de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans	
Pour T = 6 min à 2h	
a=	7,538
b=	0,602
Ic=	0,95
Pour T = 2 h à 6h	
a=	24,159
b=	0,874
Pour T = 6 h à 24h	
a=	20,171
b=	0,846

S=	4000	m²		
Sa=	3800	m²	C=	0,95
Qfuite =	5,000	l/s		

Durée averse	Intensité i = a*tb*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m^3
6	2,44	55,52	1,8	53,72
15	1,40	79,96	4,5	75,46
30	0,92	105,36	9	96,36
45	0,72	123,81	13,5	110,31
60	0,61	138,82	18	120,82
90	0,48	163,14	27	136,14
120	0,40	182,93	36	146,93
180	0,25	167,78	54,00	113,78
240	0,19	173,98	72,00	101,98
360	0,13	183,10	108,00	75,10
720	0,07	200,57	216,00	-15,43
1440	0,04	223,16	432,00	-208,84

Volume maximum à stocker (m^3)	**146,93**
Volume utile du bassin (m^3)	**147,03**

L'ouvrage est suffisant

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Il est recommandé de vidanger le bassin en moins de 4 jours.

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 4 jours)

Qf :	5,000 l/s
Qf :	18 m^3/h
Temps de vidange	**8,16 heures**
Soit	**0,34 jours**

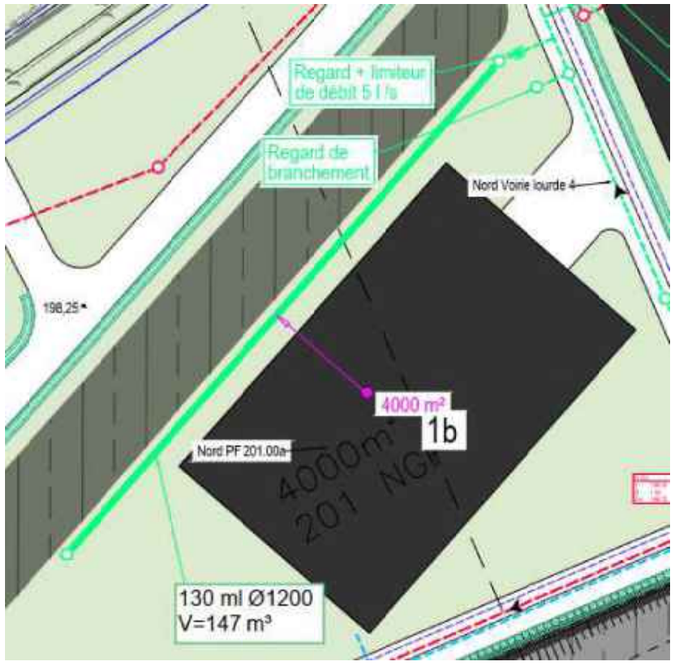
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN DE STOCKAGE

	Dimensions		Total	
Ø canalisation	1,2	1,131	1,13	
Longueur	130		130	
		Volume	147,03	
		% de vide	100%	
		Vutile	**147,03**	**m³**

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 147 m³

Ce volume est stocké dans une canalisation enterrée Ø1200 mm et d'une longueur de 130 m.



C.3.2. Bâtiments 2 et 6 - 9 300 m²

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana d'Entzheim de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans

Pour T = 6 min à 2h	
a=	7,538
b=	0,602
Ic=	0,95
Pour T = 2 h à 6h	
a=	24,159
b=	0,874
Pour T = 6 h à 24h	
a=	20,171
b=	0,846

S=	9300	m²		
Sa=	8835	m²	C=	0,95
Qfuite =	5,000	l/s		

Durée averse	Intensité i = a*tb*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m³
6	2,44	129,09	1,8	127,29
15	1,40	185,90	4,5	181,40
30	0,92	244,95	9	235,95
45	0,72	287,85	13,5	274,35
60	0,61	322,77	18	304,77
90	0,48	379,29	27	352,29
120	0,40	425,30	36	389,30
180	0,25	390,10	54,00	336,10
240	0,19	404,50	72,00	332,50
360	0,13	425,70	108,00	317,70
720	0,07	466,32	216,00	250,32
1440	0,04	518,85	432,00	86,85

Volume maximum à stocker (m³)	**389,30**
Volume utile du bassin (m³)	**395,84**

L'ouvrage est suffisant

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Il est recommandé de vidanger le bassin en moins de 4 jours.

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 4 jours)

Qf :	5,000 l/s
Qf :	18 m³/h
Temps de vidange	**21,63 heures**
Soit	**0,90 jours**

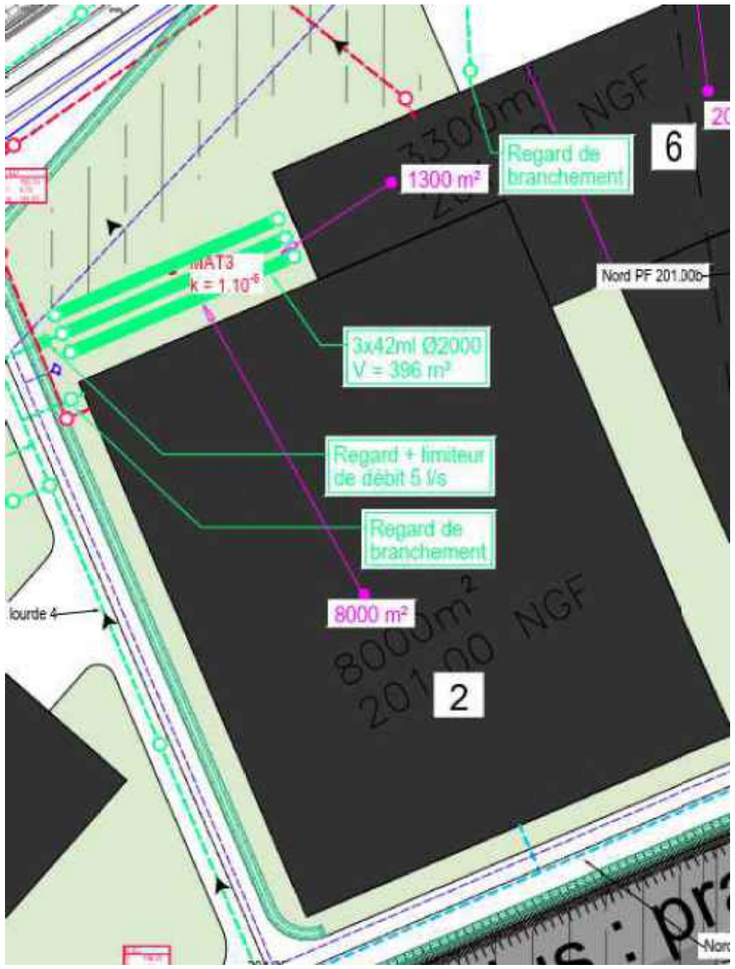
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN DE STOCKAGE

	Dimensions		Total	
Ø canalisation	2	3,142	3,14	
Longueur	126		126	
		Volume	395,84	
		% de vide	100%	
		Vutile	**395,84**	**m³**

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 396 m³

Ce volume est stocké dans une canalisation enterrée Ø2000 mm et d'une longueur de 3 x42 m.



C.3.3. Bâtiment 4 et 6 - 12 000 m²

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana d'Entzheim de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans

Pour T = 6 min à 2h	
a=	7,538
b=	0,602
Ic=	0,95
Pour T = 2 h à 6h	
a=	24,159
b=	0,874
Pour T = 6 h à 24h	
a=	20,171
b=	0,846

S=	12000	m²		
Sa=	11400	m²	C=	0,95
Qfuite =	10,000	l/s		

Durée averse	Intensité i = a*tb*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m³
6	2,44	166,57	3,6	162,97
15	1,40	239,87	9	230,87
30	0,92	316,07	18	298,07
45	0,72	371,42	27	344,42
60	0,61	416,47	36	380,47
90	0,48	489,41	54	435,41
120	0,40	548,78	72	476,78
180	0,25	503,35	108,00	395,35
240	0,19	521,93	144,00	377,93
360	0,13	549,29	216,00	333,29
720	0,07	601,71	432,00	169,71
1440	0,04	669,49	864,00	-194,51

Volume maximum à stocker (m³)	**476,78**
Volume utile du bassin (m³)	**479,53**

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Il est recommandé de vidanger le bassin en moins de 4 jours.

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 4 jours)

Qf :	10,000 l/s
Qf :	36 m³/h
Temps de vidange	**13,24 heures**
Soit	**0,55 jours**

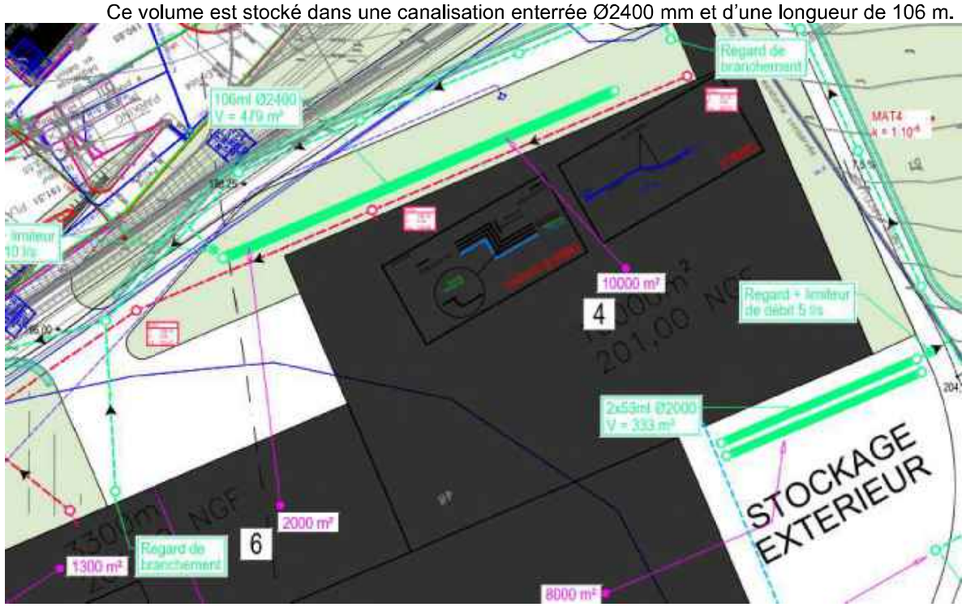
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN DE STOCKAGE

	Dimensions		Total	
Ø canalisation	2,4	4,524	4,52	
Longueur	106		106	
		Volume	479,53	
		% de vide	100%	
		Vutile	**479,53**	**m³**

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 479 m³

Ce volume est stocké dans une canalisation enterrée Ø2400 mm et d'une longueur de 106 m.



C.3.4. Bâtiment 3 - 8 000 m²

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana d'Entzheim de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans	
Pour T = 6 min à 2h	
a=	7,538
b=	0,602
Ic=	0,95
Pour T = 2 h à 6h	
a=	24,159
b=	0,874
Pour T = 6 h à 24h	
a=	20,171
b=	0,846

S=	8000	m²		
Sa=	7600	m²	C=	0,95
Qfuite =	5,000	l/s		

Durée averse	Intensité i = a*tb*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m³
6	2,44	111,04	1,8	109,24
15	1,40	159,91	4,5	155,41
30	0,92	210,71	9	201,71
45	0,72	247,61	13,5	234,11
60	0,61	277,65	18	259,65
90	0,48	326,27	27	299,27
120	0,40	365,85	36	329,85
180	0,25	335,57	54,00	281,57
240	0,19	347,95	72,00	275,95
360	0,13	366,19	108,00	258,19
720	0,07	401,14	216,00	185,14
1440	0,04	446,33	432,00	14,33

Volume maximum à stocker (m³)	**329,85**
Volume utile du bassin (m³)	**333,01**

L'ouvrage est suffisant

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Il est recommandé de vidanger le bassin en moins de 4 jours.

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 4 jours)

Qf :	5,000 l/s
Qf :	18 m³/h
Temps de vidange	**18,33 heures**
Soit	**0,76 jours**

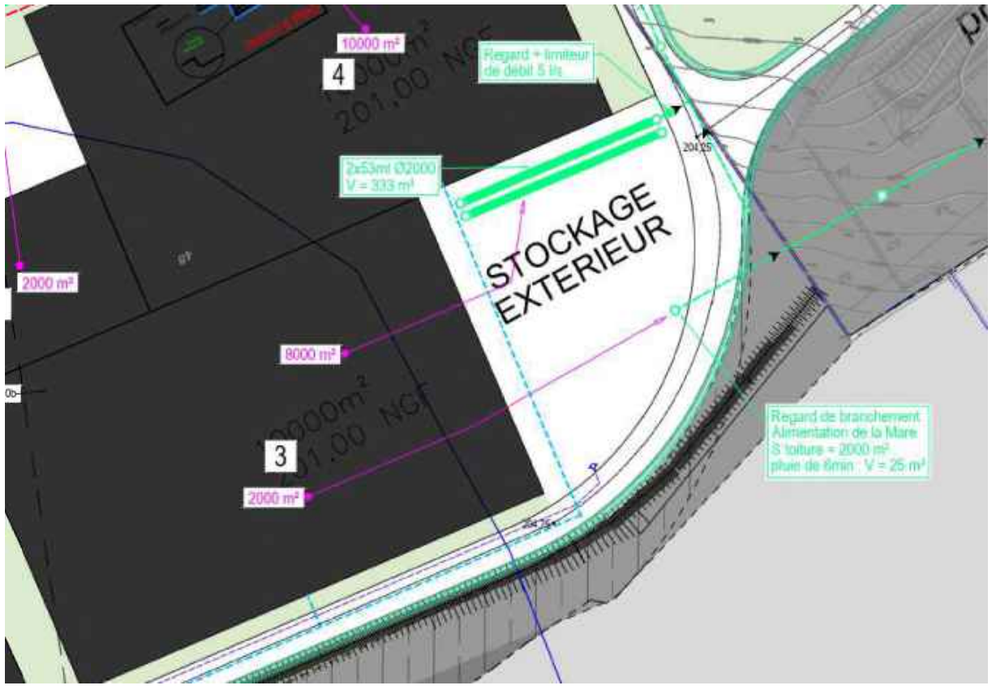
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN DE STOCKAGE

	Dimensions		Total	
Ø canalisation	2	3,142	3,14	
Longueur	106		106	
		Volume	333,01	
		% de vide	100%	
		Vutile	**333,01**	**m³**

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 333 m³

Ce volume est stocké dans une canalisation enterrée Ø2000 mm et d'une longueur de 2x53 m.



C.3.5. Bassin d'infiltration général – Extension nord

NOTE DE CALCUL

Coefficients de Montana **d'Entzheim** de 1982 à 2018, pluie de retour 20 ans

6 mn à 2 h	a=	7,538
	b=	-0,602
2 h à 6 h	a=	24,159
	b=	-0,874
6 h à 24 h	a=	20,171
	b=	-0,846

Surface active Sa = 25 675 m²

Débit de fuite Qf = 3,46 l/s

coeff de perméabilité en 10-5 m/s (rapport de sol) **0,1**

Estimé par rapport à l'ensemble du site.
Un test de perméabilité des sols doit être réalisé dans cette zone.

Avec apport extérieur

débit d'apport en l/s **25**

Correspondant au débit de rejet des bâtiments 1b, 2, 3, 4 et 6.

Durée averse	Intensité i = a*t^b*Ic en mm/min et t en min	Volume produit Sa*t*i en m3	Volume de fuite en m3	Volume à stocker en m3
6	2,56	403,89	1,24704	402,64
15	1,48	591,16	3,1176	588,04
30	0,97	794,31	6,2352	788,07
45	0,76	948,03	9,3528	938,68
60	0,64	1 077,35	12,4704	1 064,88
90	0,50	1 295,26	18,7056	1 276,55
120	0,42	1 481,01	24,9408	1 456,07
180	0,26	1 463,31	37,4112	1 425,90
240	0,20	1 597,36	49,8816	1 547,48
360	0,14	1 842,22	74,8224	1 767,40
720	0,08	2 506,48	149,6448	2 356,84
1440	0,04	3 747,18	299,2896	3 447,89

volume optimum à stocker en m3 : 1 767,40

TEMPS DE VIDANGE DU BASSIN

Calcul du temps de vidange N3 (doit être inférieur à 6 jours)

Qf :	3,464 l/s
Qf :	12,4704 m³/h
Temps de vidange	**141,73 heures**
Soit	**5,91 jours**

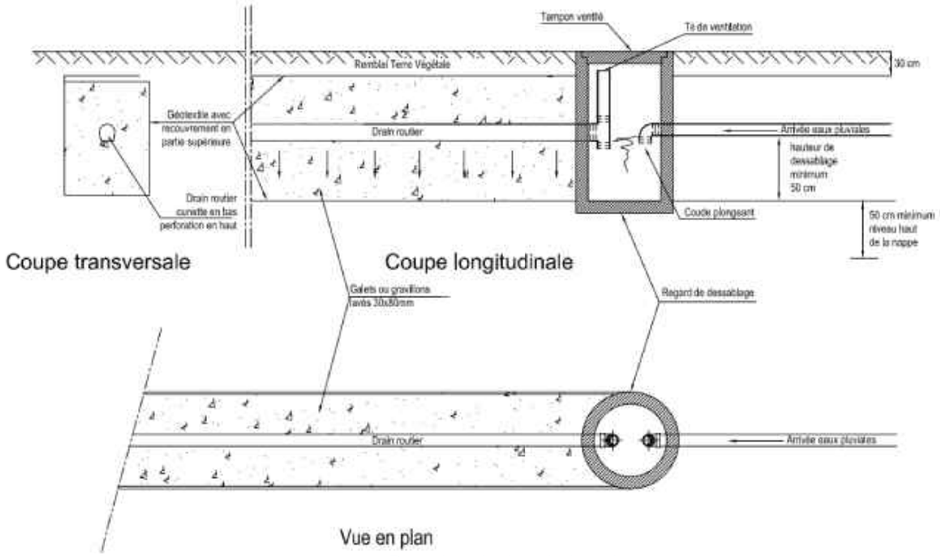
Le temps de vidange N3 est correct

DIMENSION BASSIN DE STOCKAGE

	Dim. Caisson	Nombre	Total	
Largeur caissons	0,8	50	40	
Longueur caissons	0,8	100	80	
Hauteur caissons	1,65	1	1,65	
			5280	
		% de vide	33%	
		Vutile	**1742,4**	**m³**

Le volume de stockage de ces eaux est donc de : 1742 m³

Ce volume est stocké dans un bassin enterré d'une surface de 5000 m².
Ce bassin est composé de galets 30/80 enrobés de géotextile.

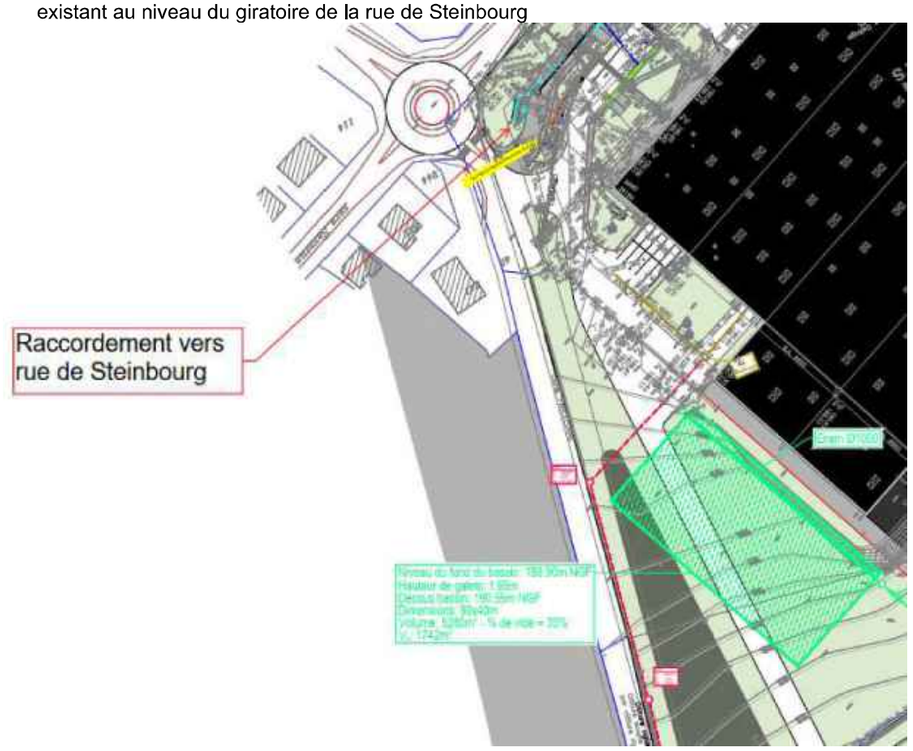


Plan de principe du bassin.

D. GESTION DES EAUX USEES

Le principe de fonctionnement des réseaux EU est représenté sur le plan des réseaux humides.

L'ensemble des eaux usées est collecté sur la parcelle KUHN puis rejeté vers le branchement existant au niveau du giratoire de la rue de Steinbourg



E. BESOIN EN DEFENSE INCENDIE

Les bassins de stockage des eaux pluviales servent de réserve pour l'extinction des incendies. Les volumes stockés dans les canalisations ne suffisent pas pour le stockage des eaux d'extinction.

Le volume complémentaire doit être mis en œuvre au niveau de chaque bâtiment.

Au niveau des rejets vers les réseaux de transfert vers les zones d'infiltration, une vanne de sectionnement mécanique et manuelle est installée.
Elles sont raccordées à la GTB de l'usine.

Sur le site le besoin en eau d'extinction est de 720 m³/h pendant 2 heures soit un volume total de 1 440 m³.
1/3 de ce débit doit être assuré par un réseau sous pression et raccordé au réseau public soit 240 m³/h.

Une cuve de stockage des eaux de défense incendie est implantée au point haut du site.
Cette cuve a un volume de 960 m³.

Un local spécifique avec une installation de sprinklage permet de maintenir le réseau de défense incendie sous pression.

Les poteaux incendie raccordés à ce réseau ont la couleur jaune spécifique aux réseaux surpressés

F. ALIMENTATION EN EAU POTABLE

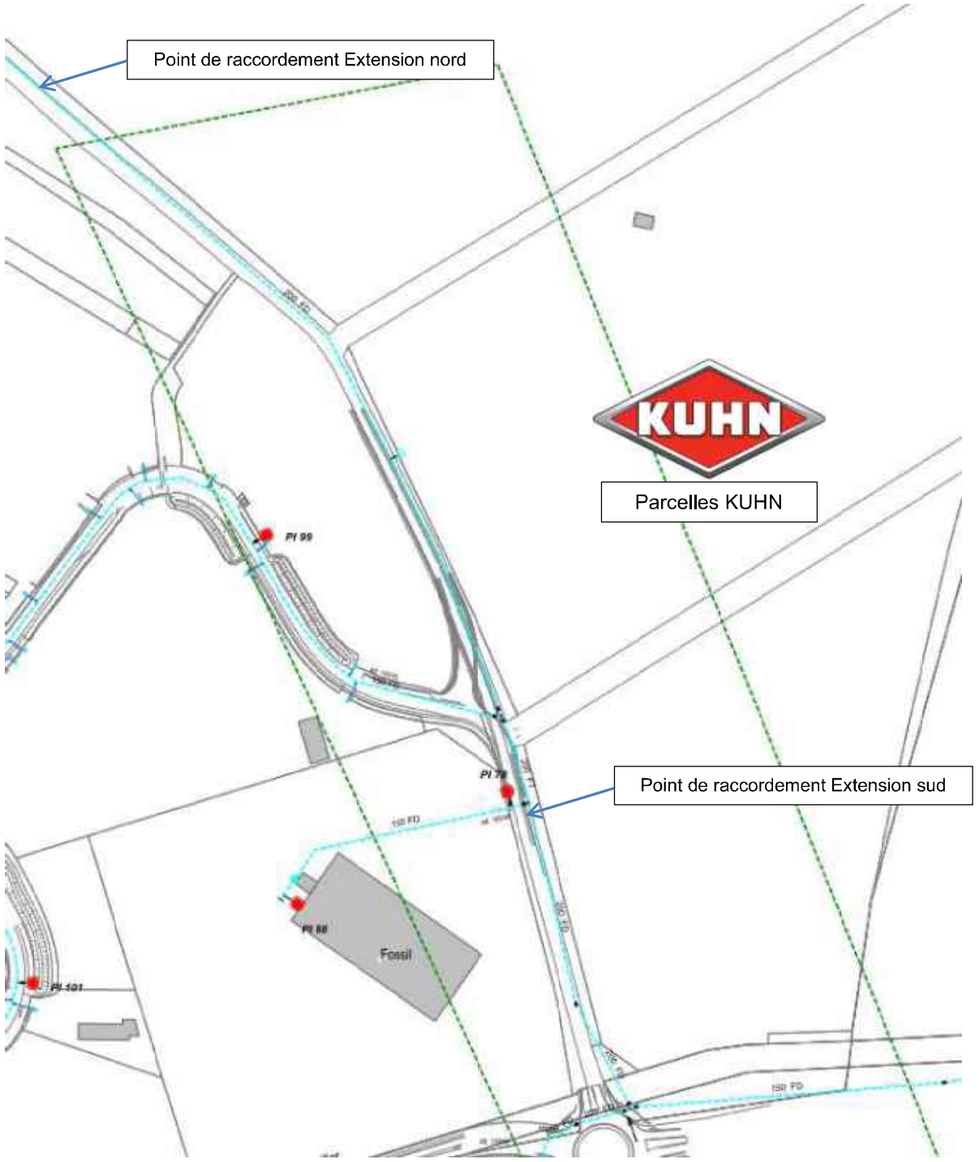
F.1. Extension sud : Recherche et développement- Restaurant, bâtiments annexes et parking.

L'alimentation en eau potable de l'extension sud est réalisée depuis le réseau public existant rue du Martelberg selon le plan des réseaux humides.
La canalisation du réseau public est en fonte Ø200 mm

En fonction du besoin en défense incendie, la capacité de ce réseau doit-être vérifié par le gestionnaire.

F.2. Extension nord : Montage et Process

L'alimentation en eau potable de l'extension nord est réalisée depuis le réseau public existant rue du Martelberg selon le plan des réseaux humides.
La canalisation du réseau public est en fonte Ø200 mm



Extrait du plan du SDEA

G. VOIRIE

Les voiries de l'extension ont une largeur de 8,00 m est sont à double sens de circulation.
Nous vérifierons les principales girations pour des camions semi-remorques ainsi que les pentes.
La contrainte principale étant de ne pas dépasser les 10 % de pente en long.

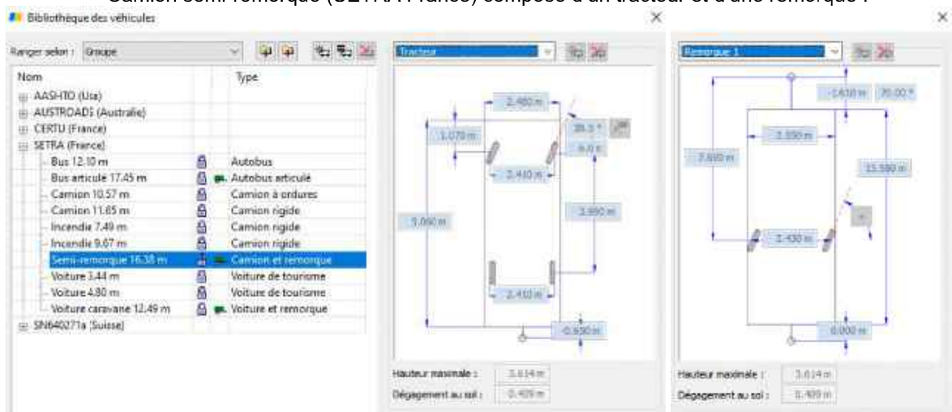
Nous vérifierons également les pentes des talus situés entre l'existant et les différentes phases.

Tous ces éléments sont reportés sur le plan intitulé « Giration et pentes de voiries ».

G.1. Girations

Les girations des camions ont été modélisées en informatique par le logiciel COVADIS.

Hypothèse prise en compte :
Camion semi-remorque (SETRA France) composé d'un tracteur et d'une remorque :



Nous avons recalé les courbes pour permettre le croisement des camions (voir plan).

Les ajustements sont minimes par rapport au plan architecte initial.

G.2. Pentes de voiries

Les pentes en long des voiries varient de 3,2 % à 9,7%.

Toutes les pentes sont conformes aux prescriptions du maître d'ouvrage (<10%).

G.3. Talus

Afin d'avoir des talus stables dans le temps, nous prévoyons des pentes de 3H/1V soit un angle de 18 ° par rapport à l'horizontal.

G.4. Parkings

Les voiries du parking sont traités en enrobés.

Nous proposons néanmoins de rendre perméable les places de stationnement et de conserver les voies de circulation en enrobés.

Exemple de parking perméable

Une solution de stationnement en silo est étudiée en variante au projet.
Cette solution a l'avantage d'être économe en surface au sol construite mais est relativement onéreuse (ration de 12 000€ HT/place de stationnement).

H. RESEAUX SECS

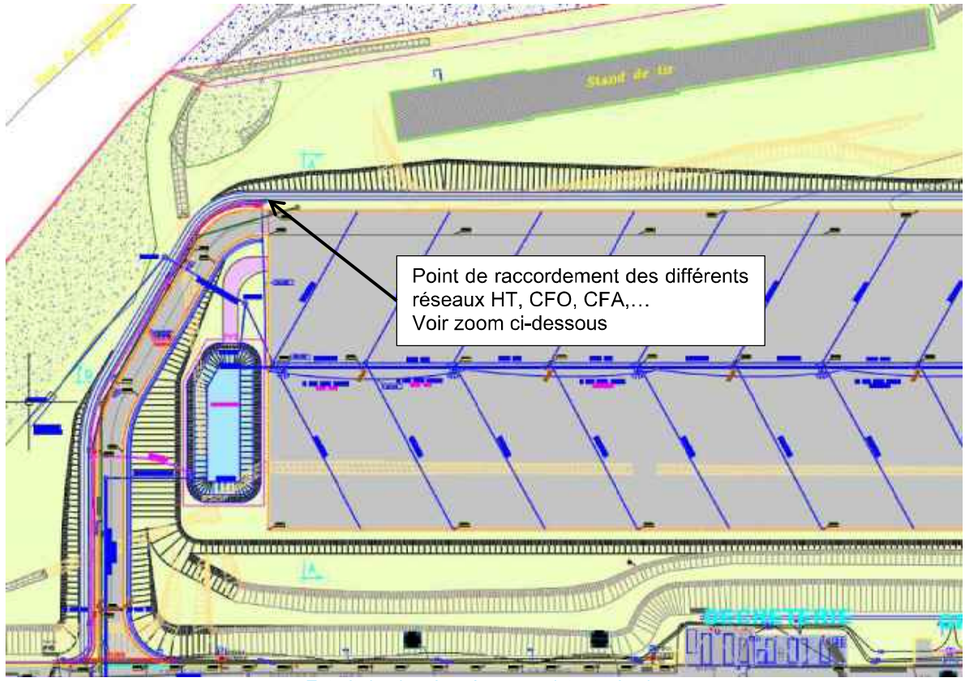
H.1. Extension sud : Recherche et développement - Restaurant, bâtiments annexes et parkings.

Les différentes alimentations électriques de l'extension sud sont raccordées sur les réseaux existants de la rue du Martelberg.

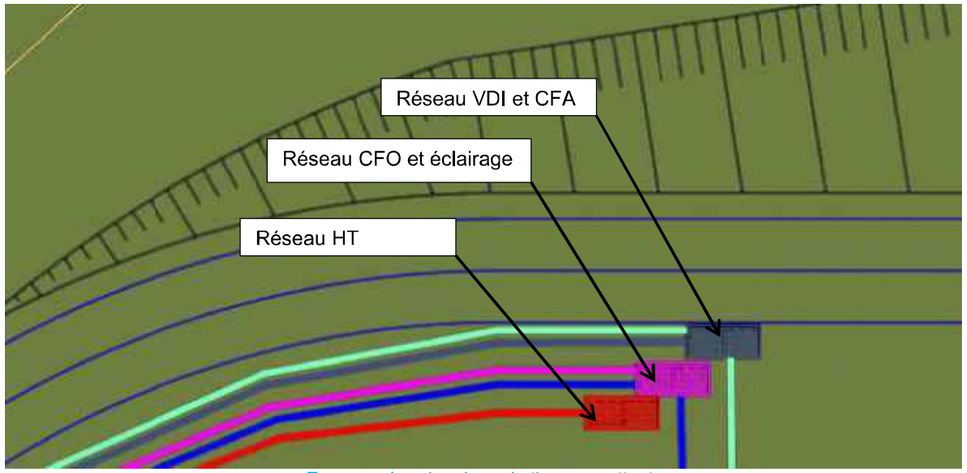
Les réseaux de type VDI, CFA, CFO et éclairage peuvent être raccordés sur les réseaux existants du site selon le plan ci-dessous.

H.2. Extension nord : Montage et Process

Les différentes alimentations électriques de l'extension nord sont raccordées sur les chambres de tirages en attente selon le plan des réseaux existants.



Extrait du plan des réseaux existants du site



Zoom sur les chambres de tirage en attente

La réserve de puissance reste à vérifier et confirmer par le maître d'ouvrage.

2. Annexe 2 : Étude géotechnique G1-PGC

Une étude géotechnique G1-PGC a été menée par le bureau d'études Fondasol en 2023. Le rapport de 75 pages a été remis en août 2023.

SOMMAIRE

A Présentation de notre mission 3
- A.1 Eléments du contrat 3
- A.2 Mission selon la norme NF P94-500 3
- A.3 Documents à notre disposition pour cette étude 3
- A.4 Description du projet 4
- A.5 Programme d'investigations 4

B Caractéristiques Générales du site 6
- B.1 Description générale 6
- B.2 Contexte géologique général 6
- B.3 Zonage sismique 7
- B.4 Aléa inondation 7
- B.5 Aléa retrait-gonflement 8
- B.6 Autres risques naturels non géotechniques 8
- B.7 Aléa anthropique 8

C Résultats des investigations 9
- C.1 Lithologie 9
- C.2 Données géomécaniques 10
- C.3 Essais en laboratoire : 11
- C.4 Niveau d'eau 12
- C.5 Données liées au risque sismique 14

D Implication des données géotechniques vis-à-vis du projet 15
- D.1 Première approche de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) 15
- D.2 Terrassements généraux 15
- D.3 Bilan sur la réutilisation des matériaux du site 16
- D.4 Systèmes constructifs envisageables 17

E Conclusions 22

Conditions Générales de Services 23

Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique 26

Missions types d'ingénierie géotechnique 27

ANNEXES 29

1. Plan de situation 30

2. Plan d'implantation des sondages 31

3. Résultat des investigations in situ 32

4. Résultat des essais en laboratoire 61

MONSWILLER (67)

Etude géotechnique G1-PGC

Rapport n° PR.MSGT.23.0162.001 - 1er août 2023

KUHN SA

Projet d'extension du site de KUHN à Monswiller – Zone boisée SUD

AGENCE ALSACE – FRANCHE COMTE

BP 28060
67038 – STRASBOURG CEDEX
☎ 03.88.76.00.36
strasbourg@groupefondasol.com

530 avenue René Jacot
25460 ETUPES
☎ 03.81.91.77.92
montbeliard@groupefondasol.com

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISE A JOUR

FTQ 261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
0	31/07/2023	74	1ère Diffusion	A.THIEBAUT	A. DEBONNET
A	01/08/2023	74	Changement de titre	A.THIEBAUT	A. DEBONNET p.o.
B					
C					

REV / PAGE	0	A	B	C	REV / PAGE	0	A	B	C	REV / PAGE	0	A	B	C
1	X	X			41	X				81				
2	X				42	X				82				
3	X				43	X				83				
4	X				44	X				84				
5	X				45	X				85				
6	X				46	X				86				
7	X				47	X				87				
8	X				48	X				88				
9	X				49	X				89				
10	X				50	X				90				
11	X				51	X				91				
12	X				52	X				92				
13	X				53	X				93				
14	X				54	X				94				
15	X				55	X				95				
16	X				56	X				96				
17	X				57	X				97				
18	X				58	X				98				
19	X				59	X				99				
20	X				60	X				100				
21	X				61	X				101				
22	X				62	X				102				
23	X				63	X				103				
24	X				64	X				104				
25	X				65	X				105				
26	X				66	X				106				
27	X				67	X				107				
28	X				68	X				108				
29	X				69	X				109				
30	X				70	X				110				
31	X				71	X				111				
32	X				72					112				
33	X				73					113				
34	X				74					114				
35	X				75					115				
36	X				76					116				
37	X				77					117				
38	X				78					118				
39	X				79					119				
40	X				80					120				

SOMMAIRE

A Présentation de notre mission 3
A.1 Eléments du contrat 3
A.2 Mission selon la norme NF P94-500 3
A.3 Documents à notre disposition pour cette étude 3
A.4 Description du projet 4
A.5 Programme d'investigations 4
B Caractéristiques Générales du site 6
B.1 Description générale 6
B.2 Contexte géologique général 6
B.3 Zonage sismique 7
B.4 Aléa inondation 7
B.5 Aléa retrait-gonflement 8
B.6 Autres risques naturels non géotechniques 8
B.7 Aléa anthropique 8
C Résultats des investigations 9
C.1 Lithologie 9
C.2 Données géomécaniques 10
C.3 Essais en laboratoire : 11
C.4 Niveau d'eau 12
C.5 Données liées au risque sismique 14
D Implication des données géotechniques vis-à-vis du projet 15
D.1 Première approche de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) 15
D.2 Terrassements généraux 15
D.3 Bilan sur la réutilisation des matériaux du site 16
D.4 Systèmes constructifs envisageables 17
E Conclusions 22
Conditions Générales de Services 23
Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique 26
Missions types d'ingénierie géotechnique 27
ANNEXES 29
1. Plan de situation 30
2. Plan d'implantation des sondages 31
3. Résultat des investigations in situ 32
4. Résultat des essais en laboratoire 61

A PRESENTATION DE NOTRE MISSION

A.1 Eléments du contrat

Maître d'Ouvrage : **KUHN SA**
Maître d'Œuvre : OTE Ingénierie
Devis : SQ.MSGT.23.0162 du 27/03/2023
Commande : du 29/03/2023 par **KUHN SA**
Localisation : A l'Est de la Rue du Martelberg et à l'Ouest de la D1404 à MONSWILLER (67)
A l'Est de la Rue du Martelberg et à l'Ouest de la D1404 à MONSWILLER (67)A l'Est de la Rue du Martelberg et à l'Ouest de la D1404 à MONSWILLER (67)

A.2 Mission selon la norme NF P94-500

Mission : **G1-PGC** selon la norme NF P94-500 (Missions d'Ingénierie Géotechnique Types – Révision de Novembre 2013).

Objectifs définis dans notre devis :

- L'étude préliminaire du site,
- Le suivi et l'analyse des résultats des investigations,
- Appréhender le contexte géologique, géomécanique et aquifère du site,
- Identifier les aléas majeurs et risques géologiques,
- Etablir un modèle géotechnique préliminaire,
- Donner les orientations et principes d'adaptation du projet au site, par exemple zonage, type d'ouvrage, type de fondation, voirie, dallages et principes généraux de construction.

Remarques importantes :

Nos études géotechniques ne concernent pas les projets géothermiques ; des études géologiques, hydrogéologiques et thermiques spécifiques, aux profondeurs requises pour ces projets, doivent être menées pour analyser les aléas particuliers qui pourraient y être liés (notamment risque de mise en communication de nappes, d'artésianisme, de sols gonflants, etc.).
L'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes, ni de définir les filières d'évacuation des déblais.

A.3 Documents à notre disposition pour cette étude

Nous avons disposé pour cette étude des documents suivants :

Document	Émetteur	Référence	Ind	Date Emission
Plan d'implantation des sondages extension Nord et Sud	OTE Ingénierie	19 540	A	17/03/2023
Cahier des charges mission d'ingénierie géotechnique	OTE Ingénierie	19540 APD	0	03/03/2023

A.4 Description du projet

A.4.1 Caractéristiques générales du projet et des ouvrages

Le projet consiste en l'extension du site KUHN existant qui se trouve en partie Nord du site de l'étude.

Aucune donnée architecturale n'est définie à ce jour. Notre étude aura donc pour but de déterminer globalement le contexte géotechnique du site et d'orienter les principes constructifs envisageables.

Le terrain étudié a une emprise au sol de l'ordre de 345 000 m².

A.5 Programme d'investigations

Sur la base du cahier des charges défini par la Maitrise, nous avons réalisé les investigations suivantes :

A.5.1 Investigations in-situ

A cet effet, nous avons réalisé les investigations suivantes :

- **9** **FORAGES DESTRUCTIFS DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE**, notés SP1, SP2, SP4 à SP6, SD2, SD3, SD6 et POR1, descendus entre 1.5 et 15.0 m maximum ;
- **49** **ESSAIS PRESSIOMETRIQUES** répartis dans les forages SP1, SP2, SP4 à SP6 précédents pour mesurer in-situ les caractéristiques de portance et de déformabilité conformément à la norme NF EN ISO 22 476-4.
- **1** **INSTALLATION D'UN TUBE PVC CREPINE** dans le sondage SP1 pour permettre la mesure du niveau de l'eau en cours et en fin d'intervention.
- **17** **FOUILLES DE RECONNAISSANCE A LA PELLE MECANIQUE**, notées PM1 à PM10 et MAT1, MAT3 à MAT9, descendues entre 1.0 et 2.8 m de profondeur ;
- **8** **ESSAIS MATSUO**, répartis dans les fouilles MAT1 à MAT3, MAT5 à MAT9, pour mesurer in-situ la perméabilité des sols en place conformément à la norme NF EN ISO 22282-2.
- **1** **ESSAI PORCHET** réparti dans le forage POR1 précédent pour mesurer in-situ la perméabilité des sols en place conformément à la norme NF EN ISO 22282-2.

Les sondages SD1, SD4, SD5 et SP3 n'ont pas été réalisés car les points de sondage n'était pas accessible à notre atelier de forage.

Les résultats des sondages et essais ainsi que leur implantation figurent en annexe à la fin du rapport.

A.5.2 Nivellement

Nos sondages ont été nivelés par rapport au le plan topographique fourni à l'étude.

Les cotes des têtes de sondages sont les suivantes :

Sondage	SP1	SP2	SP4	SP5	SP6	SD2	SD3
Cote IGN69	207.9	205.6	224.1	222.9	218.3	206.7	209.7

Sondage	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7
Cote IGN69	197.8	199.1	194.8	195.5	201.2	222.4	220.2

Sondage	PM8	PM9	PM10	MAT1	MAT3	MAT4	MAT5
Cote IGN69	221.3	221.3	199.1	202.4	197.0	195.8	221.6

Sondage	MAT6	MAT7	MAT8	MAT9	POR1
Cote IGN69	222.0	220.5	219.8	218.0	221.8

A.5.3 Essais en laboratoire

Des essais ont été réalisés au laboratoire dans le but de :

- Identifier les sols suivant la norme EN ISO 14688,
- Évaluer la plasticité des matériaux et leur sensibilité vis-à-vis des risques de retrait-gonflement,
- Déterminer la classe d'arase des matériaux et leur classification selon la norme NF P11-300 et les recommandations GTR.

B CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

B.1 Description générale

Situation du terrain (voir plan de situation en annexe et vue aérienne ci-après) :

- Adresse du site : A l'Est de la Rue du Martelberg et à l'Ouest de la D1404 à MONSWILLER (67)

Vue aérienne extrait de *www.google.fr/maps*

Topographie :

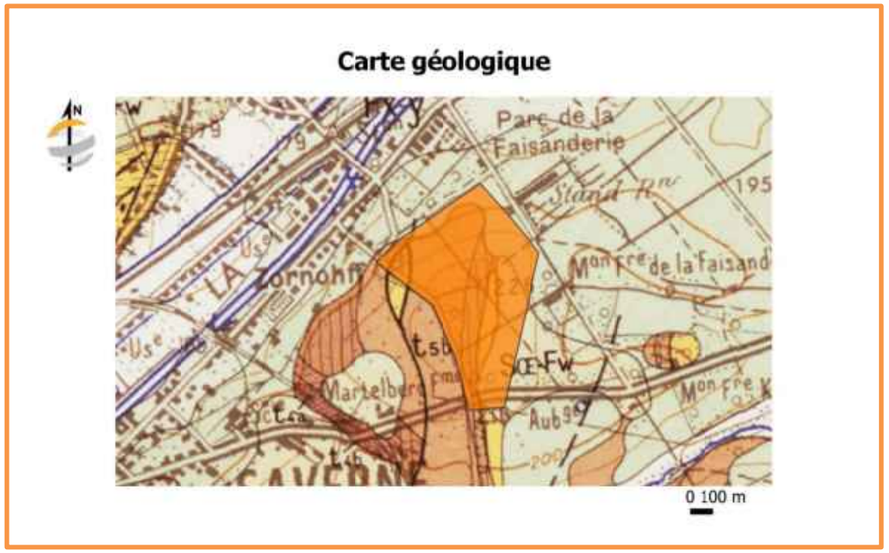
- Le terrain présente une pente moyenne (≈ 8%) descendante vers le Nord à partir du centre de la parcelle étudiée et une pente descente vers le Sud-Est en partie Sud de la parcelle.

Description du site et de son environnement :

- Lors de notre intervention, le terrain était vierge de toute construction apparente.
- Il était couvert d'une végétation dense.

B.2 Contexte géologique général

D'après la carte géologique du BRGM de SAVERNE au 1/50 000 (extrait ci-dessous) et sa notice associée, le site est le siège d'alternance de bancs calcaires et de marnes grises (t5b), d'alluvions d'âge Mindel probable (Fw), d'alternance de marnes argileuses grises et de bancs calcaires ou dolomitiques (t6a) et de limons argileux ou sables limoneux à nombreux débris lithiques (SOE-Fw).



Extrait de la carte géologique (source : BRGM ©)

B.3 Zonage sismique

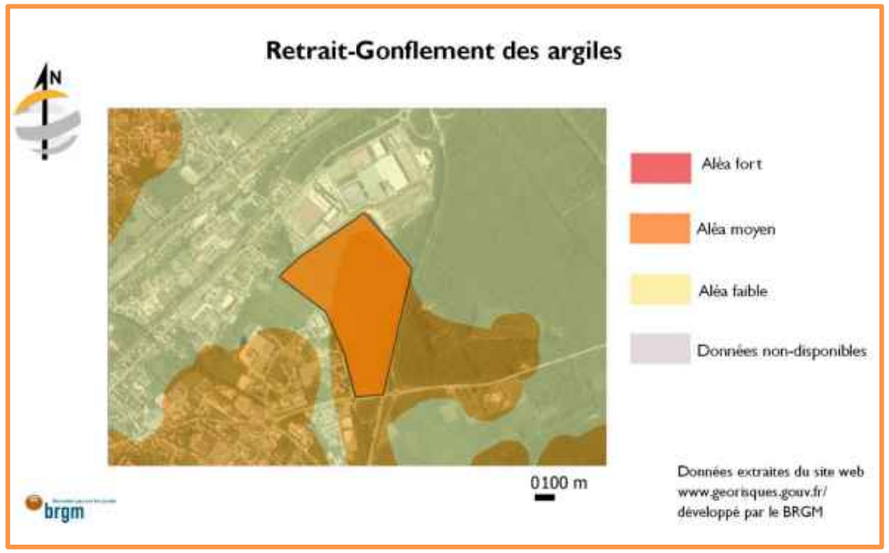
Depuis le 22 octobre 2010, la réglementation parasismique française a évolué avec la publication des décrets 2010-1254 et 2010-1255 du 24 octobre 2010. Ils indiquent que la commune de MONSWILLER est en zone sismique d'aléa modéré (dénomination zone 3).

B.4 Aléa inondation

La ville de MONSWILLER est soumise au PPRI de la Zorn et du Landgraben. Toutefois le terrain étudié n'est pas concerné par le zonage (www.bas-rhin.gouv.fr).

B.5 Aléa retrait-gonflement

Le projet se trouve entre un secteur d'aléa « faible » et un secteur d'aléa « moyen » vis-à-vis du phénomène de retrait/gonflement des argiles comme le montre la carte extraite du site internet www.georisques.gouv.fr suivante :



Extrait du site www.georisques.gouv.fr

B.6 Autres risques naturels non géotechniques

Il appartiendra aux concepteurs du projet de se renseigner auprès des autorités compétentes sur les autres risques naturels non géotechniques susceptibles de concerner ou non le projet (www.georisques.gouv.fr).

B.7 Aléa anthropique

La zone d'étude correspond actuellement à une zone boisée. Les purges des souches d'arbres peuvent être de profondeurs variables et peuvent être de nature à remettre en cause les conclusions du présent rapport compte tenu du risque de dégradation des caractéristiques géotechniques des sols au droit des fouilles.

C RESULTATS DES INVESTIGATIONS

C.1 Lithologie

Les sondages ont permis de mettre en évidence la coupe lithologique suivante :

- **Formation n°1 : Terrains de surface hétérogènes** : sables, limons, limons sableux, lœss, bruns, beiges. On notera la présence de remblais sablo-graveleux limoneux avec des débris de béton au droit de MAT4.
- **Formation n°2 : Terrains à dominante argileuse** avec des blocs pouvant être graveleuses, limoneuses ou sableuses beiges, brunes, grises, rouges.
- **Formation n°3 : Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires** beiges, brun foncé, grises.

Nota : La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif. En particulier, les sondages à la foreuse ne permettent pas de déterminer la granulométrie exacte des horizons ou d'identifier la présence d'éléments grossiers ou blocs.

Nous récapitulons le toit des formations au droit de chaque sondage dans le tableau ci-dessous :

		SP1	SP2	SP4	SP5	SP6	POR1
	Toit sondage	207.9	205.6	224.1	222.9	218.3	197.8
N°	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface	/	0.6 (205.0)	/	/	/	/
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	1.2 (206.7)	1.2 (204.4)	0.6 (223.5)	2.3 (220.6)	1.2 (217.1)	1.5* (220.3)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires	15.0 (192.9)	15.0 (190.6)	8.0 (216.1)	8.0 (214.9)	8.0 (210.3)	

* : *Arrêt du sondage*

		SD2	SD3	MAT1	MAT3	MAT4	MAT5
	Toit sondage	206.7	209.7	202.4	197.0	195.8	221.6
N°	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface	/	/	0.4 (202.0)	0.3 (196.7)	0.6 (195.2)	0.3 (221.3)
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	1.7 (205.0)	0.8 (208.9)	1.0* (201.4)	1.0* (196.0)	1.4* (194.4)**	1.0* (220.6)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires	10.0 (196.7)	7.0 (202.7)				

* : *Arrêt du sondage*

** : On notera la présence de débris de bois au sein de l'horizon a dominante argileuse au droit de MAT4 qui se trouve dans l'enceinte du site existant. Il peut donc s'agit de terrains remaniés.

N°		MAT6	MAT7	MAT8	MAT9	PM1	PM2
	Toit sondage	222.0	220.5	219.8	218.0	197.8	199.1
	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface	0.3 (221.7)	0.5 (220.0)	0.7 (219.1)	0.2 (217.8)	1.2 (196.6)	0.5 (197.4)
2	Terrains à dominante argileuse(blocs)	1.0* (221.0)	1.3* (219.2)	1.5* (218.6)	1.0* (217.0)	2.7* (195.1)	2.1* (195.8)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires						

* : *Arrêt du sondage*

N°		PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
	Toit sondage	194.8	195.5	201.2	222.4	220.2	221.3
	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface		0.6 (194.9)	0.3 (200.9)	0.3 (222.1)	/	/
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	2.6* (192.2)	2.8* (192.7)	1.8* (199.4)	2.0* (220.4)	2.3* (217.9)	2.5* (218.8)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires						

* : *Arrêt du sondage*

N°		PM9	PM10
	Toit sondage	221.3	199.1
	Nature de la formation	Prof. base (IGN69)	Prof. base (IGN69)
1	Terrains de surface	0.5 (220.8)	/
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	2.2* (219.1)	1.8* (197.3)
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires		

* : *Arrêt du sondage*

C.2 Données géomécaniques

Les caractéristiques mécaniques des sols ont été mesurées in situ à partir des essais pressiométriques. Elles sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

N°	Formation	P_{LM*} *(MPa)*		E_M *(MPa)*		Consistance / Compacité
		Min	Max	Min	Max	
1	Terrains de surface	/*	/*	/*	/*	/*
2	Terrains à dominante argileuse (blocs)	0.45	1.76	5.9	16.8	Fermes à raides
3	Alternance de bancs d'argiles et de bancs de calcaires	0.76**	> 5.0	10.5**	> 150	Raides à très raides

* : *Aucun essai n'a été réalisé en tête de cet horizon compte tenu de sa trop faible épaisseur*

** : *la valeur la plus faible au sein de cet horizon (3) a été mesurée en tête de la couche au droit de SP5.*

Avec :

P_{LM*} : Pression limite nette *(essai pressiométrique)*

E_M: Module pressiométrique *(essai pressiométrique)*

C.3 Essais en laboratoire :

C.3.1 Essais de classification des sols selon la NF P-11-300

Des essais en laboratoire ont été effectués sur les sols à dominante argileuse. La synthèse des résultats des essais de granulométrie et de sédimentométrie est présentée ci-après. Le détail des résultats est présenté en annexe.

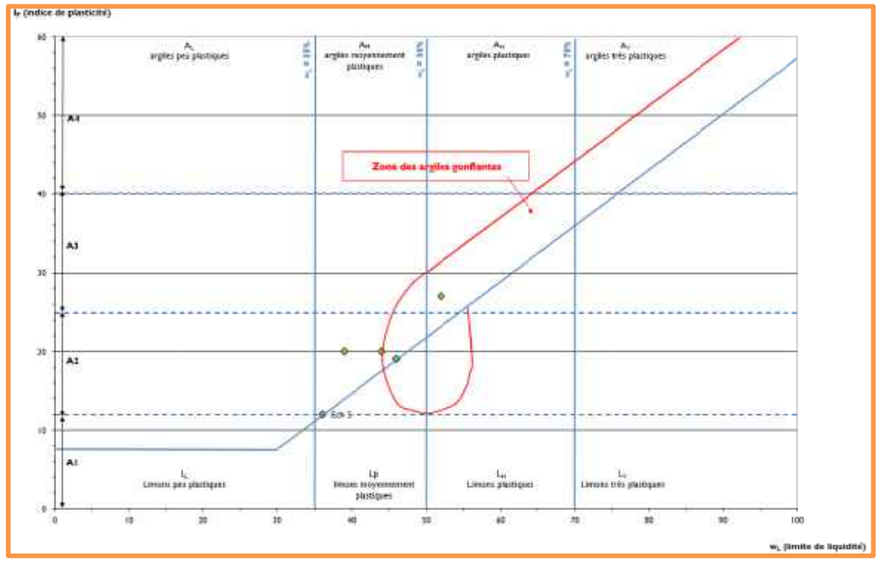
Sondage	Profondeur prélèvement (m)	Teneur en eau (%)	Analyse granulométrique	Limites d'Atterberg	VBS	IPI (%)	Classe selon NF P-11-300
PM1	1.3 à 2.5	9.1	Dmax < 50 mm Passant à 80 µm = 47.6 %	/	2.00	30.6	A1 m à s
PM2	0.5 à 2.5	16.8	Dmax < 50 mm Passant à 80 µm = 62.2 %	/	2.68	9	A2 m
PM3	1.5 à 2.6	12.6	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 40.7 %	/	1.88	15.2	C1A1 m
PM4	0.6 à 2.8	12.7	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 58.3 % Passant à 2 µm = 24.3 %	W_L = 39 % W_P = 19 % I_P = 20 %	2.86	22.1	C1A2 m à s
PM5	0.0 à 1.8	13.2	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 17.2 % Passant à 2 µm = 6.2 %	W_L = 36 % W_P = 24 % I_P = 12 %	0.70	23.8	C2B5
PM6	0.3 à 2.0	17.9	Dmax < 50 mm Passant à 80 µm = 74.9 %	/	2.95	12.7	A2 m
PM7	0.3 à 1.8	15.4	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 36.7 % Passant à 2 µm = 18.2 %	W_L = 46 % W_P = 28 % I_P = 19 %	1.48	14.9	C1A2 m
PM8	0.0 à 2.5	14.0	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 48.4 % Passant à 2 µm = 14.9 %	W_L = 44 % W_P = 23 % I_P = 20 %	1.79	18.7	C1A2 m
PM9	0.5 à 2.2	13.9	Dmax > 50 mm Passant à 80 µm = 39.1 % Passant à 2 µm = 23.7 %	W_L = 52 % W_P = 26 % I_P = 27 %	2.01	16.5	C1A3 m
PM10	0.0 à 1.8	14.1	Dmax < 50 mm Passant à 80 µm = 37.8 %	/	1.46	11.9	A1 m

« m » : moyen, « s » : sec

C.3.2 Sensibilité au retrait-gonflement

L'analyse des données de laboratoire est présentée en annexe.

L'examen du positionnement des échantillons testés en PM4, PM5, PM7 à PM9 de l'horizon des sols à dominante argileuse dans le diagramme de plasticité de CASAGRANDE donné ci-dessous, nous indique qu'il s'agit des sols non plastiques au droit de PM5, peu plastiques pour les sols au droit de PM4, PM7 et PM8 et plastique au droit de PM9 (domaine déterminé par le retour d'expérience des géotechniciens).



Les sols à dominante argileuse prélevés au droit des sondages PM4, PM5, PM7 à PM9, sont situés dans la catégorie des sols **moyennement à très actifs** selon la classification de Magnan (1989).

Les sols à dominante argileuse prélevés au droit des sondages PM5, PM7 à PM9 présentent un risque de gonflement faible selon Bedin (1999) et au droit de PM4 un risque moyen.

La fraction argileuse est **active** pour les sols à dominante argileuse prélevés au droit des sondages PM4, PM5, PM7 à PM9 selon Lautrin (1989).

En conclusion, on retiendra une sensibilité **moyenne** au phénomène de retrait gonflement des sols à dominante argileuse conformément à la carte de l'aléa retrait-gonflement.

C.4 Niveau d'eau

Aucune venue d'eau n'a été rencontrée au cours de notre intervention de fin avril 2023. Le site n'est pas concerné par la présence d'une nappe phréatique superficielle. Seules des circulations d'eau ponctuelles et aléatoires selon les conditions météorologiques sont à craindre.

On notera une perte du fluide forage vers 8.5 m de profondeur au droit du sondage SP1. Cela peut s'expliquer par la présence de bancs calcaires massifs qui sont probablement fortement fracturés.

C.4.1 Données sur la perméabilité des sols

C.4.1.1 – Résultats

Nous avons réalisé 8 essais de perméabilité in-situ de type Matsuo. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Sondage	Prof. essai (m)	Horizon concerné	Perméabilité k (m/s)
MAT1	1.7	Terrains à dominante argileuse (blocs)	**2.0×10^{-5}**
MAT2	1.4		**6.2×10^{-7}**
MAT3	1.35		**1.1×10^{-6}**
MAT4	1.45		**1.0×10^{-5}**
MAT5	1.8		**$< 5.0 \times 10^{-7}$**
MAT6	1.8		**1.1×10^{-6}**
MAT7	1.5		**1.4×10^{-6}**
MAT8	1.8		**6.0×10^{-6}**
MAT9	1.5		**1.5×10^{-5}**

Nous avons réalisé 1 essai de perméabilité in-situ de type Porchet. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Sondage	Prof. essai (m)	Horizon concerné	Perméabilité k	
			(m/s)	(mm/h)
POR1	1.5	Terrain à dominante argileuse (blocs)	**6.15×10^{-7}**	**2**

C.4.1.2 – Conclusions

Les coefficients de perméabilité mesurés sont très hétérogènes de l'ordre de 2×10^{-5} à $< 5 \times 10^{-7}$ m/s. Cela s'explique par l'hétérogénéité de la nature lithologique des sols avec une présence de blocs plus ou moins importante en fonction des secteurs. Le taux de fracturation et de remplissage entre les blocs sont irréguliers. Par conséquent, les perméabilités peuvent être variables et, le cas échéant, plus défavorables.

Les valeurs données dans le présent rapport ne sont représentatives que des sols testés au droit de nos sondages et aux profondeurs d'essais réalisés. Nous conseillons donc au BE Fluide de tenir compte de l'hétérogénéité et de retenir des valeurs prudentes par type de sol, dans un souci de sécurité vis-à-vis du dimensionnement des ouvrages.

NOTAS : Les coefficients de perméabilité indiqués ci-dessus sont donnés pour une problématique d'infiltration.
Rappelons que nous n'avons pas pour mission le dimensionnement des ouvrages d'infiltration.

C.5 Données liées au risque sismique

RISQUE SISMIQUE

Zone de sismicité de la commune selon le décret n°2010-1255 daté du 22 Octobre 2010 : **3**

CLASSE SISMIQUE DES SOLS

En première approche, au sens des règles de l'EUROCODE 8 en vigueur, la succession lithologique au droit des différents sondages constitue un sol de **classe B**

EVALUATION DU RISQUE DE LIQUEFACTION EN CAS DE SEISME

Compte tenu des matériaux mis en évidence au droit de nos sondages, nous pourrons les considérer comme non liquéfiables sous séisme.

D Implication des données géotechniques vis-à-vis du projet

D.1 Première approche de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

D.1.1 Définition et principe

La ZIG est le volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement de terrain et l'environnement. La forme et l'extension de cette zone d'influence géotechnique sont spécifiques à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain.

Au stade AVP actuel, il s'agit d'une délimitation en première approche, dans le but notamment de définir si des ouvrages existants à proximité du projet peuvent être impactés.

D.1.2 Application

La ZIG concerne une emprise autour du projet de 10 m. Le projet est bordé par :

- La route départementale D1404 en partie Est,
- La route départementale D421 en partie Sud,
- La rue du Martelberg à l'Ouest,
- Le site de KUHN en partie Nord.

L'emprise extérieure du site est éloignée de tout bâtiment de plus de 10 m.

Rappelons la présence de bâtiments existants sur le site voués à être démolis.

Il faudra se préoccuper de la présence et profondeur des réseaux enterrés sur l'emprise de la ZIG.

D.2 Terrassements généraux

Le contexte géologique mis en évidence est constitué de terrains de surface de nature lithologique hétérogène surmontant des terrains à dominante argileuse avec de nombreux blocs mis en évidence au droit des sondages à la pelle mécanique.

Dans les terrains en place comportant des blocs, les terrassements nécessiteront des engins puissants et certainement des engins de déroctage (BRH, …).

Nous attirons toutefois l'attention sur les basses fréquences de vibrations générées par les BRH. L'entreprise intégrera dans sa méthodologie des dispositions permettant d'éviter de déstabiliser les existants.

Nous attirons également l'attention sur la grande sensibilité des matériaux argileux et lœssiques à l'eau. En effet, il suffit de quelques % d'augmentation de leur teneur en eau pour qu'ils passent d'un état consistant à un état mou qui pourra rendre la traficabilité des engins difficiles voire impossible.

La mise en place d'une couche de cloutage n'est pas a exclure pour un sol d'assise à matrice argileuse importante.

Les éventuels talus provisoires induits par les terrassements seront protégés par du polyane et réglés à 3 pour 2 (B/H) pour des hauteurs inférieures à 3 m sans surcharge en tête. En mitoyenneté (rue notamment) ou si l'emprise n'est pas suffisante pour réaliser des talus provisoires, il faudra réaliser un soutènement provisoire.

D.3 Bilan sur la réutilisation des matériaux du site

Les matériaux testés sont des sols à dominante argileuse de nature variable sur la zone de prélèvement qui est importante. Les matériaux ont été prélevés entre 0.0 et 2.8 m de profondeur à la pelle mécanique, en juin 2023, c'est-à-dire en période sèche. Nous rappelons que le sol de surface (jusqu'à 1.0 m de profondeur) subit des variations liées à la météorologie locale.

Les essais ont mis en évidence des résultats hétérogènes. Les sols rencontré sont de type A1, A2 C1A1, C1A2, C1A3 et C2B5 selon le GTR. L'état hydrique des sols en place est globalement « m » (moyen) à « s » (sec).

Rappelons que les conditions de réutilisation en remblai et / ou en couche de forme doivent respecter les prescriptions du guide GTR 2000. De plus, elles sont tributaires des conditions météorologiques.

D.3.1 Réutilisation des matériaux de type A1, A2, C1A1, C1A2 et C2B5 :

Les sols de classe A1, A2, C1A1, C1A2 et C2B5 sont sensibles à l'eau. Si la teneur en eau de ces sols n'est pas trop élevée, ces sols se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement.

Dans tous les cas on devra prendre en compte la présence d'éléments grossiers aux sein de ces matériaux.

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAIS :

- Dans un état hydrique « s », ces sols sont difficiles à compacter, il faut éviter de réduire leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.
- Dans un état hydrique « h », ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur faible portance. Sous réserve de réaliser des tests d'aptitude au traitement, un traitement à la chaux pourrait éventuellement permettre la mise en œuvre de ces matériaux en remblai.
- Dans un état hydrique « m », ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai, mais ces sols sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter.
- Dans un état hydrique « th », ils ne sont pas réutilisables en l'état.

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME :

- La sensibilité à l'eau de ces sols implique de les traiter à la chaux + liant hydraulique. Le test d'aptitude au traitement est à réaliser sur ces matériaux si un réemploi est envisagé.
- Dans le cas de la possibilité de réemploie en couche de forme, il conviendra alors soit **d'éliminer la fraction grossière**, soit de prévoir des outils de malaxage adaptés.
- La maitrise de l'état hydrique est souvent délicate en raison de la variation brutale de leur comportement (portance) pour de faibles écarts de teneur en eau.

D.3.2 Réutilisation des matériaux de type A3 :

Les sols de sous classe A3 sont des sols très cohérents dans un état hydrique « m » et collants ou glissants dans un l'état hydrique « h », d'où la difficulté de mise en œuvre sur chantier. Leur perméabilité très réduite rend 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.

Dans tous les cas on devra prendre en compte la présence d'éléments grossiers aux sein de ces matériaux.

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAIS :

- Dans un état hydrique « s », la plasticité de ces sols entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant que les remblais sont épais. La forte cohésion exige un fractionnement et un compactage énergique en couches minces.
- Dans un état hydrique « m », la plasticité de ces sols entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant que les remblais sont épais, même dans les meilleures conditions météorologiques de mise en œuvre.
- Dans un état hydrique « h », les sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur caractère collant ou glissant dû à leur grande plasticité et à leur faible perméabilité et leur faible portance. La mise en dépôt provisoire ou le drainage ne sont pas des solutions pour réduire la teneur en eau.
- Dans un état hydrique « th », ils ne sont pas réutilisables en l'état.

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME :

- La sensibilité à l'eau implique de les traiter le traiter le plus souvent en associant chaux + liant hydraulique (sous réserve de réalisation de tests d'aptitude).
- Dans un état hydrique « h » et « m » la chaux est très efficace pour faciliter leur malaxage et ajuster leur état hydrique.
- Dans un état hydrique « s », leur emploi en couche de forme est à déconseiller en raison de la difficulté qu'il y a à les humidifier de manière homogène.
- Dans un état hydrique « th », ils ne sont pas réutilisables en l'état.

D.4 Systèmes constructifs envisageables

D.4.1 Mode de fondation envisageables

Compte tenu de la nature du projet et du contexte géotechnique du site, on pourra envisager de fonder les nouvelles structures sur les alternances de bancs d'argiles et de bancs de calcaires.

Pour des fondations ancrées dans les alternances de bancs d'argiles et de bancs de calcaires, les contraintes admissibles sous fondations seront moyennes à élevées suivants les zones (compris entre 0.2 et 0.6 MPa aux ELS). Dans les zones moins compactes, un approfondissement des fondations jusque environ 3 à 4 m de profondeur permettrait de travailler avec des contraintes admissibles élevées (à définir au droit du/des bâtiment(s) projeté(s) en phase G2 AVP).

Rappelons que des surprofondeurs seront à prendre en compte en fonction de la profondeur de purge des arbres existants.

D'autre part, tout comme les terrassements, la réalisation des fondations nécessitera l'utilisation d'engins puissant, voire d'un BRH

L'estimation des tassements sera à réaliser dans le cadre de la mission G2 lorsque les données des ouvrages seront connues (notamment l'implantation des bâtiments et les descentes de charges). Ils pourront être variables en fonction de la compacité des alternances de bancs d'argiles et de bancs de calcaires.

D.4.2 Possibilités techniques pour les niveaux bas

Compte tenu de la nature du projet et du contexte géotechnique du site, on pourra réaliser la nouvelle structure avec :

- une dalle portée par les fondations si aucun tassement n'est toléré ;
- un dallage sur terre-plein reposant sur les terrains à dominante argileuse si les tassements plurimillimétriques sont tolérés, sous réserve de mettre en place une couche de forme relativement épaisse (à définir en G2 AVP) et soigneusement compactée.
  En fonction de l'épaisseur de la couche à dominante argileuse et des surcharges sur dallage, la réalisation d'un renforcement de sol n'est pas a exclure. Ceci sera étudier dans le cadre de la mission G2 lorsque les données des ouvrages seront connues.

D.4.3 Remarques générales

- En cas de rehausse du terrain, une étude précise dans le cadre de la mission G2 sera à réaliser, notamment concernant les tassements qui seront générés par la surcharge.
- Compte tenu de l'aléa des argiles au phénomène de retrait-gonflement, les fondations doivent respecter une profondeur minimum de 0.9 à 1.2 m par rapport au niveau périphérique aménagé des ouvrages (profondeur à affiner en phase G2).
- Dans les sols limoneux et argileux, il convient de veiller à ce qu'aucune fuite accidentelle d'eau ne puisse détremper le sol d'assise des dallages sur terre-plein.
- Un trottoir périphérique ou une géomembrane avec un retour vertical, de 2 m de large est à prévoir pour s'affranchir de l'aléa de retrait/gonflement.
- Il faudra prévoir des liaisons souples au départ et à l'arrivée des réseaux.
- Nous rappelons que tout bâtiment doit se trouver à une distance supérieure à 1 fois celle de la hauteur de l'arbre à l'âge adulte (existants ou à planter) ou 1.5 fois la hauteur dans le cas d'une haie. Si cette règle empirique ne peut être vérifiée, il conviendra de mettre en œuvre un mur anti-racines.

D.4.4 Réseaux enterrés

D.4.4.1 – Conditions de réalisation des tranchées et de pose des conduites

CONDITIONS DE POSE :

Les conduites seront probablement assises sur les terrains à dominante argileuse ou dans les alternances de bancs d'argiles et de bancs de calcaires.

Rappelons que l'utilisation d'un BRH n'est pas à exclure.
Dans le cas où on descendrait au-delà de 1,2 m de profondeur, pour garantir la stabilité des parois des fouilles et pour éviter tout mouvement des sols, il conviendra de mettre en place un blindage jointif immédiatement à l'ouverture de la tranchée.

Les terrassements peuvent éventuellement être impactés par des circulations l'eau. Les terrassements devront être réalisés de préférence en période favorable. Des pompages ne sont pas à exclure, éventuellement associés à des blindages.

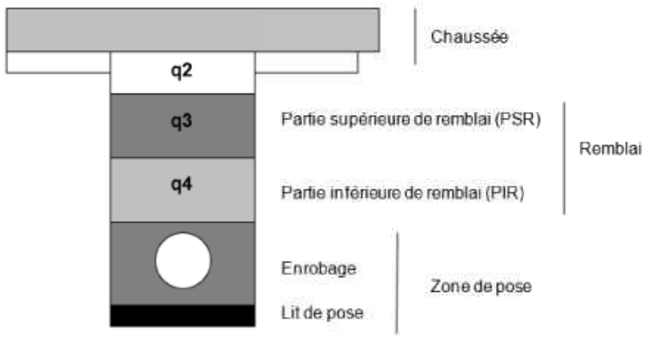
Pour assurer la stabilité et la pérennité des canalisations, il faudra :

- vérifier soigneusement les fonds de fouille et purger tous les sols douteux, notamment organiques, que l'on pourrait rencontrer une fois la profondeur voulue atteinte ;
- mettre un lit de pose de 10 cm d'épaisseur. Le lit de pose et la zone d'enrobage seront constitués de matériaux d'apport sableux, insensibles à l'eau. Dans les zones où les matériaux sont décompactés et sous les routes, il faudra mettre un lit de pose plus épais afin d'assurer la stabilité de la conduite.

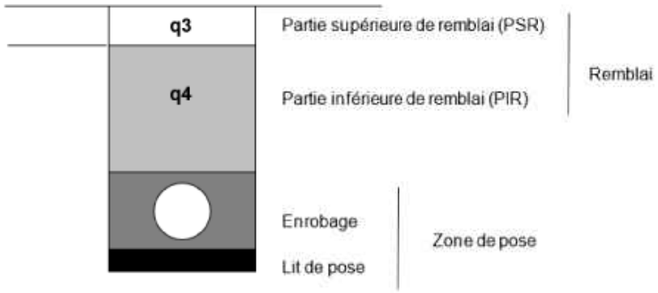
D.4.4.2 – Conditions de remblaiement

En partie supérieure et inférieure de remblai, on mettra en œuvre des matériaux insensibles à l'eau, de classe D2 ou D3, ainsi que sur toute l'épaisseur sous chaussées.

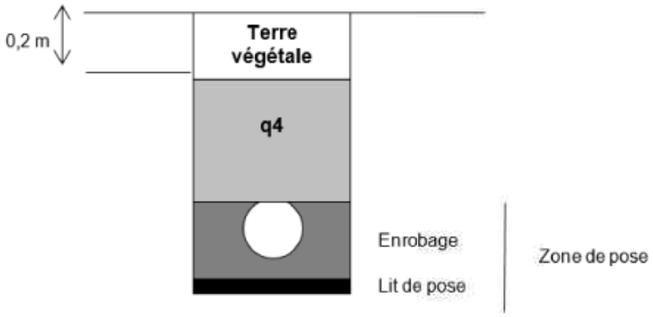
CAS TYPE 1 : RELATIF AUX TRANCHEES SOUS CHAUSSEES ESSENTIELLEMENT



CAS TYPE III : RELATIF AUX TRANCHEES SOUS ACCOTEMENT



CAS TYPE IV : RELATIF AUX TRANCHEES SOUS ESPACES VERTS



OBJECTIFS DE DENSIFICATION

Objectif de densification q4 : il s'applique aux parties inférieures de remblai et aux parties supérieures de remblai non sollicitées par des charges lourdes, ainsi qu'à la zone d'enrobage (sauf stipulations particulières contraires)

Objectif de densification q3 : il s'applique aux parties supérieures de remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic et à la couche sous la surface dans les cas sans charges lourdes.

Objectif de densification q2 : il s'applique aux couches d'assises de chaussées.

Le niveau q1 n'est pas réalisable avec les petits matériels de compactage.

QUELQUES PRESCRIPTIONS RELATIVES

- Le fond de la tranchée est compacté par 2 passes de compacteur de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du fond de la tranchée.
- Le lit de pose n'est généralement pas compacté.
- Selon le diamètre de la conduite, le lit de pose et l'enrobage seront réalisés en une seule fois ou en deux fois.
- Le remblaiement de l'assise sera entrepris avec soin afin de ne pas laisser de cavité.
- Il faudra respecter les distances minimales entre la conduite et la partie active du compacteur.

On se conformera aux recommandations du fascicule N°70.

E CONCLUSIONS

Lorsque le projet aura été défini, les principes de fondations et de dallages seront à définir dans le cadre d'une mission de type G2 lorsque les caractéristiques précises du projet seront définies, notamment :

- Calage altimétrique des niveaux bas,
- Emprise au sol sur la parcelle,
- Descentes de charges,
- Surcharges sur dallages,
- Caractéristique de l'ouvrage (R+1, R+2, sous-sol, sans sous-sol, …).

Selon l'enchaînement des missions géotechniques types de la norme NF P 94 500, une mission de type G2 (étude géotechnique d'avant-projet) est impérative.

Celle-ci aura pour but de déterminer précisément les principes constructifs envisageables selon les caractéristiques du projet (emprise au sol, cote des niveaux bas, descentes de charges sur fondations, surcharges sur dallage, rehausse du terrain…).

Des sondages complémentaires (sondages pressiométriques descendus jusqu'à au moins 3 m sous la base des fondations, …) doivent être réalisés dans le cadre de la mission G2 pour affiner les paramètres géotechniques.

CONDITIONS GENERALES DE SERVICES

1. Formation du Contrat
Toute commande par le co-contractant (« le Client »), qui a reçu un devis de la part de FONDASOL, ou l'une quelconque de ses filiales (ci-après le « Prestataire »), quelle qu'en soit la forme (par exemple bon de commande, lettre de commande, ordre d'exécution ou acceptation de devis, sans que cette liste ne soit exhaustive) et ses avenants éventuels, constituent l'acceptation totale et sans réserve des présentes conditions générales par ledit Client, que ce dernier ait contresigné les conditions générales ou non, ou qu'il ait émis des conditions contradictoires. Tout terme de la commande, quelle qu'en soit la forme, et de ses avenants éventuels, qui serait en contradiction avec les présentes conditions générales ou le devis, serait réputé de nul effet et inapplicable, sauf s'il a fait l'objet d'une acceptation écrite expresse non équivoque par le Prestataire. Cette acceptation ne peut pas résulter de l'exécution des Prestations prévues au devis et/ou à la commande, quelle qu'en soit la forme, et/ou avenant éventuel, ou de l'absence de réponse du Prestataire sur ledit terme.
Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres conditions y compris contenues dans la commande (quelle que soit sa forme) du Client ou dans les accusés de réception des échanges de données informatisés, sur portail électronique, dans la gestion électronique des achats ou dans les courriers électroniques du Client. Aucune exception ou dérogation n'est applicable sauf si elle est émise par le Prestataire ou acceptée expressément, préalablement et de manière non équivoque par écrit par le Prestataire. A ce titre, toute condition de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit exprès et non-équivoque du Prestataire. Le contrat est constitué par le dernier devis émis par le Prestataire, les présentes conditions générales, la commande ou l'acceptation de devis ou lettre de commande du Client et, à titre accessoire et complémentaire les conditions de la commande expressément acceptées et spécifiquement indiquées par écrit par le Prestataire comme acceptées (le « Contrat »).

2. Entrée en vigueur
Le Contrat n'entrera en vigueur qu'à la réception par le Prestataire de l'acompte prévu au Contrat ou suivant les conditions particulières du devis, ou, le cas échéant, de l'accusé de réception de commande et/ou de réception de paiement émis par le Prestataire. Sauf disposition contraire des conditions particulières du devis, les délais d'exécution par le Prestataire de ses obligations au titre du Contrat commencent quinze (15) jours ouvrés après la date d'entrée en vigueur du Contrat.

3. Prix
Les prix sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement du devis. Préalablement au Contrat, les prix sont valables selon la durée mentionnée au devis et au maximum pendant deux (2) mois à compter de la date du devis. A l'entrée en vigueur du Contrat, les prix sont fermes et définitifs pour une durée de six (6) mois mis à jour tous les six (6) mois par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant le dernier indice publié à la date d'émission du devis.
Les prix mentionnés dans le Contrat ou le devis ne comprennent pas la TVA, les taxes sur les ventes, les droits, les prélèvements, les taxes sur le chiffre d'affaires, les droits de douane et d'importation, les surtaxes, les droits de timbre, les impôts retenus à la source et toutes les autres taxes similaires qui peuvent être imposées au Prestataire, à ses employés, à ses sociétés affiliées et/ou à ses représentants, dans le cadre de l'exécution du Contrat (les « Impôts »), qui seront supportés par le Client en supplément des prix indiqués. Le Prestataire restera toutefois responsable du paiement de tous les impôts applicables en France.
Au cas où le Prestataire serait obligé de payer l'un des Impôts mentionnés ci-dessus, le Client remboursera le Prestataire dans les trente (30) jours suivant la réception des documents correspondants justifiant le paiement de celui-ci. Au cas où ce remboursement serait interdit par toute législation applicable, le Prestataire aura le droit d'augmenter les prix indiqués dans le devis ou spécifiés dans le Contrat du montant des Impôts réellement supportés.

Sauf indication contraire dans le devis, les prix des Prestations relatifs à des quantités à réaliser, quelle qu'en soit l'unité (notamment sans que cela ne soit exhaustif, profondeurs, mètres linéaires, nombre d'essais, etc) ne sont que des estimatifs sur la base des informations du Client, en conséquence seules les quantités réellement réalisées seront facturées sur la base des prix unitaires du Contrat.

4. Obligations générales du Client
4.1 Le terme « Prestations » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire comme étant comprises dans le devis à la charge du Prestataire. Toute prestation non comprise dans les Prestations, ou dont le prix unitaire n'est pas indiqué au Contrat, fera l'objet d'un prix nouveau à négocier.
4.2 Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude, d'ingénierie ou de conseil, ce que le Client reconnait et accepte expressement.
La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés expressément par écrit.
4.3 Sauf disposition contraire expresse du devis, le Client obtiendra à ses propres frais, dans un délai permettant le respect du délai d'exécution du Contrat, tous les permis et autorisations d'importation nécessaires pour l'importation des matériels et équipements et l'exécution des Prestations dans le pays où les matériels et équipements doivent être livrés et où les Prestations doivent être exécutées. En plus de ce qui précède et sauf à ce que l'une ou plusieurs des obligations suivantes soient expressément et spécifiquement intégrées aux Prestations et au bordereau de prix, le Client devra également, notamment, sans que cela ne soit exhaustif :

- Payer au Prestataire les Prestations conformément aux conditions du Contrat ;
- Communiquer en temps utile toutes les informations et/ou documentations nécessaires pour l'exécution du Contrat et notamment, mais pas seulement, tout élément qui lui paraîtrait de nature à compromettre la bonne exécution des Prestations ou devant être pris en compte par le Prestataire ;
- Permettre un accès libre et rapide au Prestataire à ses locaux et/ou au site où sont réalisées les Prestations y compris pour la livraison des matériels et équipements nécessaires à la réalisation des Prestations et notamment, mais pas seulement, les machines de forage ;
- Approuver tous les documents du Prestataire conformément au devis et à défaut dans un délai de deux jours au plus ;
- Préparer ses installations pour l'exécution du Contrat, et notamment, sans que cela ne soit exhaustif, décider et préparer les implantations des forages, fournir eau et électricité, et veiller, le Client étant toujours responsable de ses installations, à ce que le Prestataire dispose en permanence de toutes les ressources nécessaires pour exécuter le Contrat, sauf accord spécifique contraire dans le Contrat. Si le Personnel du Client est tenu d'exécuter un travail lié au Contrat incluant, mais sans s'y limiter, l'assemblage ou l'installation d'équipements, ce personnel sera qualifié et restera en permanence sous la responsabilité du Client. Le Client conservera le droit exclusif de diriger et de superviser le travail quotidien de son personnel. Dans ce cas, le Prestataire ne sera en aucun cas responsable d'une négligence ou d'une faute du personnel du Client dans l'exécution de ses tâches, y compris les conséquences que cette négligence ou faute peut avoir sur le Contrat. Par souci de clarté, tout sous-traitant du Prestataire imposé ou choisi par le Client restera sous l'entière responsabilité du Client ;
- fournir, conformément aux articles R.554-1 et suivants du même chapitre du code de l'environnement, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles déclarations d'intentions de commencement de travaux (DICT) (le délai de réponse, est de 7 à 15 jours selon les cas, hors jours fériés) et pour connaitre l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur le domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles ou des avant-trous à la pelle mécanique pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.
- Déclarer aux autorités administratives compétentes tout forage réalisé, notamment, sans que cela ne soit exhaustif, de plus de 10 m de profondeur ou lorsqu'ils sont destinés à la recherche, la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

4.4 La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en aucun cas pour quelque dommage que ce soit à des ouvrages publics ou privés (notamment, à titre d'exemple, des ouvrages, canalisations enterrés) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à l'émission du dernier devis et intégrés au Contrat.

5. Obligations générales du Prestataire
Le Prestataire devra :

- Exécuter avec le soin et la diligence requis ses obligations conformément au Contrat, toujours dans le respect des spécifications techniques et du calendrier convenus entre les Parties par écrit ;
- Respecter toutes les règles internes et les règles de sécurité raisonnables qui sont communiquées par le Client par écrit et qui sont applicables dans les endroits où les Prestations doivent être exécutées par le Prestataire ;
- S'assurer que son personnel reste à tout moment sous sa supervision et direction et exercer son pouvoir de contrôle et de direction sur ses équipes ;
- Procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre, étant entendu qu'il s'agit d'une obligation de moyen et en aucun cas d'une obligation de résultat ou de moyens renforcée ;
- Faire en sorte que son personnel localisé dans le pays de réalisation des Prestations respecte les lois dudit pays.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement prévue et expressément agréée dans le devis et dans ce cas la solidarité ne s'exerce que sur la durée de réalisation sur site du Client du Contrat.
En cas d'intervention du Prestataire sur site du Client, si des éléments de terrain diffèrent des informations préalables fournies par le Client, le Prestataire peut à tout moment décider que la protection de son personnel n'est pas assurée ou adéquate et suspendre ses Prestations jusqu'à ce que les mesures adéquates soient mises en œuvre pour assurer la protection du personnel, par exemple si des traces de pollution sont découvertes ou révélées. Une telle suspension sera considérée comme un Imprévu, tel que défini à l'article 14 ci-dessous.

6. Délais de réalisation
A défaut d'engagement précis, ferme et expresse du Prestataire dans le devis sur une date finale de réalisation ou une durée de réalisation fixe et non soumise à variations, les délais d'intervention et d'exécution données dans le devis sont purement indicatifs et, notamment du fait de la nature de l'activité du Prestataire, dépendante des interventions du Client ou de tiers, ne sauraient en aucun cas engager le Prestataire. Les délais de réalisation sont soumis aux ajustements tels qu'indiqués au Contrat. A défaut d'accord exprès spécifique contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard. Nonobstant toute clause contraire, les pénalités de retard, si elles sont prévues, sont plafonnées à un montant total maximum et cumulé pour le Contrat de 5% du montant total HT du Contrat.
Le Prestataire réalise le Contrat sur la base des informations communiquées par le Client. Ce dernier est seul responsable de l'exactitude et de la complétude de ces données et transmettra au Prestataire toute information nécessaire à la réalisation des Prestations. En cas d'absence de transmission, d'inexactitude de ces données ou d'absence d'accès au(x) site(s) d'intervention, quelles que soient les hypothèses que le Prestataire a pu prendre, notamment en cas d'absence de données ou d'accès, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité et les délais de réalisation sont automatiquement prolongés d'une durée au moins équivalente à la durée de correction de ces données et de reprise des Prestations correspondantes.

7. Formalités, autorisations et accès, obligations d'information, dégâts aux ouvrages et cultures
A l'exception d'un accord contraire dans les conditions spécifiques du devis ou dans les cas d'obligations législatives ou réglementaires non transférable par convention à la charge du Prestataire, toutes les démarches et formalités administratives ou autres, pour l'obtention des autorisations et permis de pénétrer sur les lieux et/ou d'effectuer les Prestations sont à la charge

du Client. Le Client doit obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public. Le Client doit également fournir tous les documents et informations relatifs aux dangers et aux risques de toute nature, notamment sans que cela ne soit exhaustif, ceux cachés, liés aux réseaux, aux obstacles enterrés, à l'historique du site et à la pollution des sols, sous-sols et des nappes. Le Client communiquera les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité, hygiène et respect de l'environnement. Il assure également en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, sur les règles propres à son site, avant toute intervention sur site. Le Client sera responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel, consécutif ou non-consécutif, résultant des évènements mentionnés au présent paragraphe et qui n'aurait pas été mentionné au Prestataire.
Lorsque les Prestations consistent à mesurer, relever voire analyser ou traiter des sols pollués, le Prestataire a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour protéger son personnel dans la réalisation desdites Prestations, sur la base des données fournies par le Client.
Les forages et investigations de sols et sous-sols peuvent par nature entraîner des dommages sur le site en ce compris tout chemin d'accès, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part du Prestataire. Ce dernier n'est en aucun cas tenu de remettre en état ou réparer ces dégâts, sauf si la remise en état et /ou les réparations font partie des Prestations, et n'est en aucun cas tenu d'indemniser le Client ou les tiers pour lesdits dommages inhérents à la réalisation des Prestations.

8. Implantation, nivellement des sondages
A l'exception des cas où l'implantation des sondages fait partie des Prestations à réaliser par le Prestataire, ce dernier est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation et est tenu indemne des conséquences liées à la décision d'implantation, tels que notamment, sans que cela ne soit exhaustif, le retard de réalisation, les surcoûts et/ou la perte de forage. Les Prestations ne comprennent pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais.

9. Hydrogéologie - Géotechnique
9.1 Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport final d'exécution des Prestations correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et au moment précis du relevé. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études et Prestations. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).
9.2 L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés et de bien d'autres facteurs telle que la variation latérale de faciès. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment à titre d'exemple glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.
9.3 L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des Prestations de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Pollution - dépollution
Lorsque l'objet de la Prestation est le diagnostic ou l'analyse de la pollution de sols et/ou sous-sols, ou l'assistance à la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'œuvre de prestations de dépollution, le Client devra désigner un coordonnateur de Sécurité et de Protection de la Santé sur le site (SPS), assister le Prestataire pour l'obtention des autorisations nécessaires auprès des autorités compétentes, fournir au Prestataire toute information (notamment visite sur site, documents et échantillons) nécessaire à l'obtention des Certificats d'Acceptation Préalable de Déchets ainsi que pour l'obtention des autorisations nécessaire au transport, au traitements et à l'élimination des terres, matériaux, effluents, rejets, déchets, et plus généralement de toute substance polluante.
Sauf s'il s'agit de l'objet des Prestations tel que précisé au devis, notre devis est réalisé sur la base d'un site sur lequel il n'existe aucun danger potentiel lié à la présence de produits radioactifs.
Les missions d'assistance à maîtrise d'œuvre ou de maîtrise d'œuvre seront exercées conformément à l'objectif de réhabilitation repris dans le devis. A défaut d'une telle définition d'objectif, ces missions ne pourront commencer.

11. Rapport de mission, réception des Prestations par le Client
Sauf disposition contraire du Contrat et sous réserve des présentes conditions générales, la remise du dernier document à fournir dans le cadre des Prestations marque la fin de la réalisation des Prestations. La fin de la réalisation des Prestations sur site du Client est marquée par le départ autorisé du personnel du Prestataire du site. L'approbation du dernier document fourni dans le cadre des Prestations doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client. A défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans ce délai, le document sera considéré comme approuvé. L'émission de commentaires ne vaut pas rejet et n'interrompt pas le délai d'approbation. Le Prestataire répondra aux commentaires dans les dix (10) jours de leur réception. A défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans les cinq (5) jours de la réception des réponses aux commentaires ou du document modifié, le document sera considéré comme approuvé. Si le Client refuse le document et que le document n'est toujours pas approuvé deux (2) mois après sa remise initiale, les Parties pourront mettre en œuvre le processus de règlement des litiges tel que défini au Contrat. A défaut de mise en œuvre de ce processus, le rapport sera considéré comme approuvé définitivement trois mois après la date de sa remise initiale au Client.

12. Réserve de propriété, confidentialité
Les coupes de sondages, plans et documents établis par le Prestataire dans le cadre des Prestations ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable exprès du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour tout autre objectif que celui prévu au Contrat ou pour le compte de tiers, toute information se rapportant au savoir-faire, techniques et données du Prestataire, que ces éléments soient brevetés ou non, dont le Client a pu avoir connaissance au cours des Prestations ou qui ont été acquises ou développées par le Prestataire au cours du Contrat, sauf accord préalable écrit exprès du Prestataire.

13. Propriété Intellectuelle
Si dans le cadre du Contrat, le Prestataire met au point, développe ou utilise une nouvelle technique, celle-ci est et/ou reste sa propriété exclusive. Le Prestataire est libre de déposer tout brevet s'y rapportant. Le Prestataire est titulaire des droits d'auteur et de propriété sur les résultats et/ou données compris, relevés ou utilisés dans les ou, au cours des, Prestations et/ou développés, générés, compilés et/ou traités dans le cadre du Contrat. Le Prestataire concède au Client, sous réserve qu'il remplisse ses obligations au titre du Contrat, un droit non exclusif de reproduction des documents remis dans le cadre des Prestations pour la seule utilisation des besoins de l'exploitation, la maintenance et l'entretien du site Client concerné.
En cas de reproduction des documents remis par le Prestataire dans le cadre des Prestations, le Client s'engage à indiquer la source en portant sur tous les documents diffusés intégrant lesdits documents du Prestataire, quelle que soit leur forme, la mention suivante en caractères apparents : « *source originelle : Groupe Fondasol – date du document : JJ/MM/AAAA* » sans que ces mentions ne puissent être interprétées comme une quelconque garantie donnée par le Prestataire. Le Client s'engage à ce que tout tiers à qui il aurait été dans l'obligation de remettre l'un ou les documents, se conforme à l'obligation de citation de la source originelle telle que prévue au présent article.

14. Modifications du contenu des Prestations en cours de réalisation
La nature des Prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le Client et ceux recueillis lors de l'établissement du devis. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement du devis touchant à la géologie et éléments de terrains et découvertes imprévues, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant au cours de la réalisation des Prestations (l'ensemble désigné par les « Imprévus ») pourront conduire le Prestataire à proposer au Client un ou des avenant(s) avec notamment application des prix du bordereau du devis, ou en leur absence, de nouveau prix raisonnables et des délais de réalisation mis à jour. A défaut d'un refus écrit exprès du Client dans un délai de sept (7) jours à compter de la réception de la proposition d'avenant ou de modification des Prestations, ledit avenant ou modification des Prestations devient pleinement effectif et le Prestataire est donc rémunéré du prix de cet avenant ou de cette modification des Prestations, en sus. En cas de refus écrit exprès du Client, le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution des Prestations jusqu'à confirmation écrite expresse du Client des modalités pour traiter de ces Imprévus et accord des deux Parties sur lesdites modalités. Les Prestations réalisées à cette date sont facturées et rémunérées intégralement, sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Le temps d'immobilisation du personnel du Prestataire est rémunéré selon le prix unitaire indiqué dans le bordereau de prix du devis. Dans l'hypothèse où le Prestataire notifie qu'il est dans l'impossibilité d'accepter les modalités de traitement des Imprévus telles que demandées par le Client, ce dernier aura le droit de résilier le Contrat selon les termes prévus à l'article 19.2 (Résiliation).

15. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport
Le rapport de fin de mission, quel que soit son nom, constitue une synthèse des Prestations telle que définie au Contrat. Ce rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou totale, ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou conseil desdits maitre d'ouvrage, constructeur ou maitre d'œuvre pour un projet différent de celui objet du Contrat est interdite et ne saurait en aucun cas engager la responsabilité du Prestataire à quelque titre que ce soit. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet, au site, à l'ouvrage et/ou à son environnement non révélé expressément au Prestataire lors de la réalisation des Prestations ou dont il lui a été demandé de ne pas tenir compte, rend le rapport caduc, dégage la responsabilité du Prestataire et engage celle du Client. Le Client doit faire actualiser le dernier rapport émis dans le cadre du Contrat en cas d'ouverture du chantier (pour lequel le rapport a été émis) plus d'un an après remise dudit rapport. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

16. Force Majeure
Le Prestataire ne sera pas responsable, de quelque manière que ce soit, de la non-exécution ou du retard d'exécution de ses obligations à la suite d'un événement de Force majeure. La Force Majeure sera définie comme un événement qui empêche l'exécution totale ou partielle du Contrat et qui ne peut être surmonté en dépit des efforts raisonnables de la part de la Partie affectée, qui lui est extérieure. La Force Majeure inclura, notamment les événements suivants: catastrophes naturelles ou climatiques, pénurie de main d'œuvre qualifiée ou de matières premières, incidents majeures affectant la production des agents ou sous-traitants du Prestataire, actes de guerre, de terrorisme, sabotages, embargos, insurrections, émeutes ou atteintes à l'ordre public.
Tout événement de Force Majeure sera notifié par écrit à l'autre Partie dès que raisonnablement possible. Si l'événement de Force Majeure se poursuit pendant plus de deux (2) mois et que les Parties ne se sont pas mises d'accord sur les conditions de poursuite du Contrat, l'une ou l'autre des Parties aura le droit de résilier le Contrat, sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours adressé à l'autre Partie, auquel cas la stipulation de la clause de Résiliation du Contrat s'appliquera. Quand l'événement de Force Majeure aura cessé de produire ses effets, le Prestataire reprendra l'exécution des obligations affectées dès que possible. Le délai de réalisation sera automatiquement prolongé d'une période au moins équivalente à la durée réelle des effets de l'événement de Force Majeure. Tous frais supplémentaires raisonnablement engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure seront remboursés par le Client au Prestataire contre présentation de la preuve de paiement associée et de la facture correspondante.

17. Conditions de paiement, acompte, retenue de garantie
Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur les paiements des Prestations.
Dans le cas où le Contrat nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies et envoyées par le Prestataire pour paiement par le Client. Les paiements interviennent à réception et sans escompte. L'acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières du devis est déduit de la facture ou décompte final(e).
En cas de sous-traitance par le Client au Prestataire dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.
En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité sera exigible sans qu'un rappel ou mise en demeure soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.
En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.
Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinairement et légalement à sa charge et des dommages-intérêts éventuels, une indemnité fixée à 15% du montant TTC de la créance avec un minimum de 500 euros. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure

préalable, du seul fait du non-respect de la date de paiement. Les Parties reconnaissent expressément qu'elle constitue une évaluation raisonnable de l'indemnité de recouvrement et de l'indemnisation des frais de recouvrement.
Un désaccord quelconque dans le cadre de l'exécution des Prestations ne saurait en aucun cas constituer un motif de non-paiement des Prestations réalisées et non soumises à contestation précise et documentée. La compensation est formellement exclue. En conséquence, le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue du prix des Prestations facturé ou de retenir les paiements.

18. Suspension
L'exécution du Contrat ne peut être suspendue par le Prestataire que dans les cas suivants :
(i) En cas d'Imprévus,
(ii) En cas de violation par le Client d'une ou plusieurs de ses obligations contractuelles,
(iii) En cas de Force Majeure.

Quand l'un des événements mentionnés ci-dessus se produit, le Prestataire a le droit de notifier au Client son intention de suspendre l'exécution du Contrat. Dans ce cas, le délai de réalisation sera prolongé d'une période équivalente à la durée de cette suspension et tous les frais associés engagés par le Prestataire suite à cette suspension seront remboursés par le Client contre présentation des preuves de paiement associées, en ce compris l'indemnité d'immobilisation au taux prévu au devis. Le Prestataire peut soumettre la reprise des obligations suspendues au remboursement par le Client au Prestataire des sommes mentionnées ci-dessus.
Si l'exécution du Contrat est suspendue pendant une période de plus de deux (2) mois, le Prestataire aura le droit de résilier le Contrat immédiatement sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours, auquel cas les stipulations de l'article « Résiliation » (19.2 et suivants) du Contrat s'appliqueront. A partir du moment où les obligations du Prestataire ou le Contrat sont suspendus pendant une durée égale ou supérieure à deux (2) mois, les Prestations seront considérées comme finies et acceptées par le Client.

19. Résiliation
Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de négociation et résolution amiable du différend.
19.1 Résiliation pour manquement
Si l'une des Parties commet une violation substantielle du Contrat, l'autre Partie peut demander, par écrit, que la Partie défaillante respecte les conditions du Contrat. Si dans un délai de trente (30) jours, ou dans un autre délai dont les Parties auront convenu, après la réception de cette demande, la Partie défaillante n'a pas pris de mesures satisfaisantes pour respecter le Contrat, la Partie non défaillante peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la Partie défaillante une notification écrite à cet effet.
19.2 Résiliation pour insolvabilité ou évènement similaire ou après suspension prolongée
Si l'une ou l'autre des Parties est en état de cessation des paiements ou devient incapable de répondre à ses obligations financières, ou après une suspension supérieure à deux (2) mois, l'autre Partie peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la première Partie une notification à cet effet. Cette résiliation entrera en vigueur à la date où ladite notification de résiliation est reçue par la première Partie.
19.3 Indemnisation pour résiliation
En cas de résiliation du Contrat en totalité ou en partie par le Client ou le Prestataire, conformément aux stipulations des Articles 19.1 ou 19.2, le Client paiera au Prestataire :
(i) Le solde du prix des Prestations exécutées conformément au Contrat, à la date de résiliation non encore payées, et
(ii) Les coûts réellement engagés par le Prestataire jusqu'à la date de résiliation pour la réalisation des Prestations y compris si certaines Prestations ne sont pas terminées,
(iii) les coûts engagés par le Prestataire suite à la résiliation, y compris, mais sans s'y limiter, tous les frais liés à l'annulation de ses contrats de sous-traitance ou de ses contrats avec ses propres fournisseurs et les frais engagés pour toute suspension prolongée (le cas échéant), et
(iv) un montant raisonnable pour compenser les frais administratifs et généraux du Prestataire du fait de la résiliation, qui ne sera en aucun cas inférieur à quinze (15) pour cent du prix des Prestations restant à effectuer à la date de résiliation.

En cas de résiliation du Contrat due à un événement de Force Majeure conformément à l'Article 16, le Client paiera au Prestataire les montants mentionnés aux alinéas (i), (ii) et (iii) ci-dessus et tous les autres frais raisonnables engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure et à la suspension associée.
19.4 Effets de la résiliation
La résiliation du Contrat en totalité ou en partie, pour quelque raison que ce soit, n'affectera pas les stipulations du présent article et des articles concernant la propriété intellectuelle, la confidentialité, la limitation de responsabilité, le droit applicable et le règlement des différends.

20. Répartition des risques, responsabilités
20.1 Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte-tenu de sa compétence. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution des Prestations spécifiquement confiées. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la réalisation des Prestations doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une prestation complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la prestation complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir des données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des Prestations possède une représentativité limitée et donc incertaine par rapport à l'ensemble du site pour lequel elles seraient extrapolées.
20.2 Le Prestataire est responsable des dommages qu'il cause directement par l'exécution de ses Prestations, dans les conditions et limites du Contrat. A ce titre, il est responsable de ses Prestations dont la défectuosité lui est imputable. Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, la responsabilité totale et cumulée du Prestataire au titre du ou en relation avec le Contrat sera plafonnée au prix total HT du Contrat et à dix mille (10 000) euros pour tout Contrat dont le prix HT serait inférieur à ce montant, quel que soit le fondement de la responsabilité (contractuelle, délictuelle, garantie, légale ou autre). Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs et/ou non-consécutifs à un dommage matériel et ne sera pas responsable des dommages tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements, que ceux-ci soient considérés directs ou non.
20.3 Le Prestataire sera garanti et indemnisé en totalité par le Client contre tous recours, demandes, actions, procédures, recherches en responsabilité de toute nature de la part de tiers au Contrat à l'encontre du Prestataire du fait des Prestations.

21. Assurances
Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. **A ce titre et en toute hypothèse y compris pour les ouvrages non soumis à obligation d'assurance, les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire**. Il est expressément convenu que le Client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Au-delà de 15 M€ HT de valeur de l'ouvrage, le Client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Le Client prendra en charge toute éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire inhabituels sont exclus du contrat d'assurance en vigueur et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. A défaut de respecter ces engagements, le Client en supportera les conséquences financières. Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).
Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le Client.

22. Changement de lois
Si à tout moment après la date du devis du Prestataire au Client, une loi, un règlement, une norme ou une méthode entre en vigueur ou change, et si cela augmente le coût de réalisation des Prestations, ou si cela affecte plus généralement l'une des conditions du Contrat, tel que, mais sans que ce ne soit limitatif, le délai de réalisation ou les garanties, le prix du Contrat sera ajusté en fonction de l'augmentation des coûts subie par le Prestataire du fait de ce changement et supporté par le Client. Les autres conditions du Contrat affectées seront ajustées de bonne foi pour refléter ce/ces changement(s).

23. Interprétation, langue
En cas de contradiction ou de conflit entre les termes des différents documents composant le Contrat tel qu'indiqué en article 1, les documents prévalent l'un sur l'autre dans l'ordre dans lequel ils sont énoncés audit article 1. Sauf clause contraire spécifique dans le devis, tout rapport et/ou document objet des Prestations sera fourni en français. Les titres des articles des présentes conditions générales n'ont aucune valeur juridique ni interprétative.

24. Cessibilité de Contrat, non-renonciation
Le Contrat ne peut être cédé, en tout ou en partie, par le Client ou le Prestataire à un tiers sans le consentement exprès, écrit, préalable de l'autre Partie. La sous-traitance par le Prestataire n'est pas considérée comme une cession au titre du présent article. Le fait que le Prestataire ne se prévale pas à un moment donné de l'une quelconque des stipulations du Contrat et/ou tolère un manquement par le Client à l'une quelconque des obligations visées dans le Contrat ne peut en aucun cas être interprété comme valant renonciation par le Prestataire à se prévaloir ultérieurement de l'une quelconque desdites stipulations.

25. Divisibilité
Si une stipulation du Contrat est jugée par une autorité compétente comme nulle et inapplicable en totalité ou en partie, la validité des autres stipulations du Contrat et le reste de la stipulation en question n'en sera pas affectée. Le Client et le Prestataire remplaceront cette stipulation par une stipulation aussi proche que possible de la stipulation rendue invalide, produisant les mêmes effets juridiques que ceux initialement prévus par le Client et le Prestataire.

26. Litiges - Attribution de juridiction
LE PRESENT CONTRAT EST SOUMIS AU DROIT FRANÇAIS ET TOUT LITIGE RELATIF AUDIT CONTRAT (SA VALIDITE, SON INTERPRETATION, SON EXISTENCE, SA REALISATION, DEFECTUEUSE OU TOTALE, SON EXPIRATION OU SA RESILIATION NOTAMMENT) SERA SOUMIS EXCLUSIVEMENT AU DROIT FRANÇAIS.
A DEFAUT D'ACCORD AMIABLE DANS UN DELAI DE 30 JOURS SUIVANT L'ENVOI D'UNE CORRESPONDANCE FAISANT ETAT D'UN DIFFEREND, TOUT LITIGE SERA SOUMIS POUR RESOLUTION AUX JURIDICTIONS DU RESSORT DU SIÈGE SOCIAL DU PRESTATAIRE QUI SONT SEULES COMPÉTENTES, ET AUXQUELLES LES PARTIES ATTRIBUENT COMPETENCE EXCLUSIVE, MÊME EN CAS DE DEMANDE INCIDENTE OU D'APPEL EN GARANTIE OU DE PLURALITÉ DE DÉFENDEURS. LA LANGUE DU CONTRAT ET DE TOUT REGLEMENT DES LITIGES EST LE FRANÇAIS.

NOVEMBRE 2018

ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE
(NORME NF P 94-500)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés ci-après. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchainement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique 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 : Etude géotechnique préalable (G1)		**Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)**		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	**Etudes 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	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	**Etude 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	**Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)**		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (*choix constructifs*)
	DCE/ACT	**Etude 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 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	**Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude** *(en interaction avec la phase suivi)*	**Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution** *(en interaction avec la phase supervision du suivi)*	Etude 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	**Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi** *(en interaction avec la Phase Etude)*	**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
A 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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE
(NORME NF P 94-500)

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.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- 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).

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

A TOUTES ETAPES : DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

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

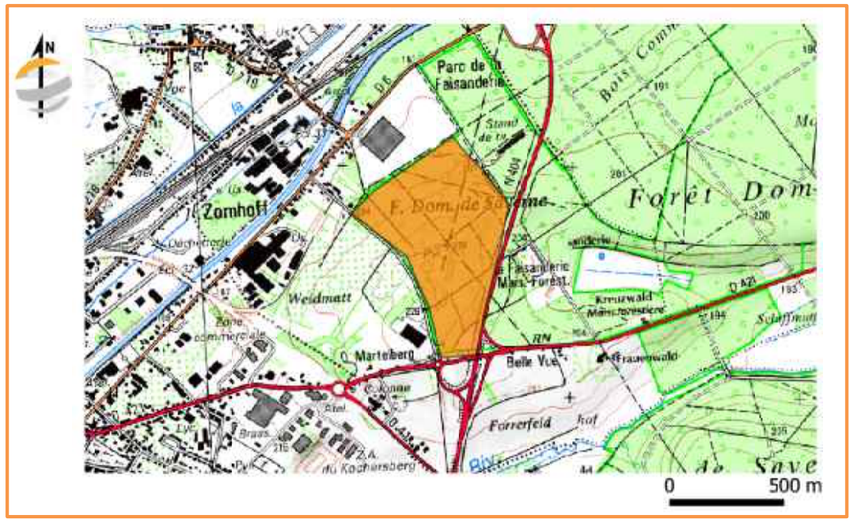
géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Février 2014

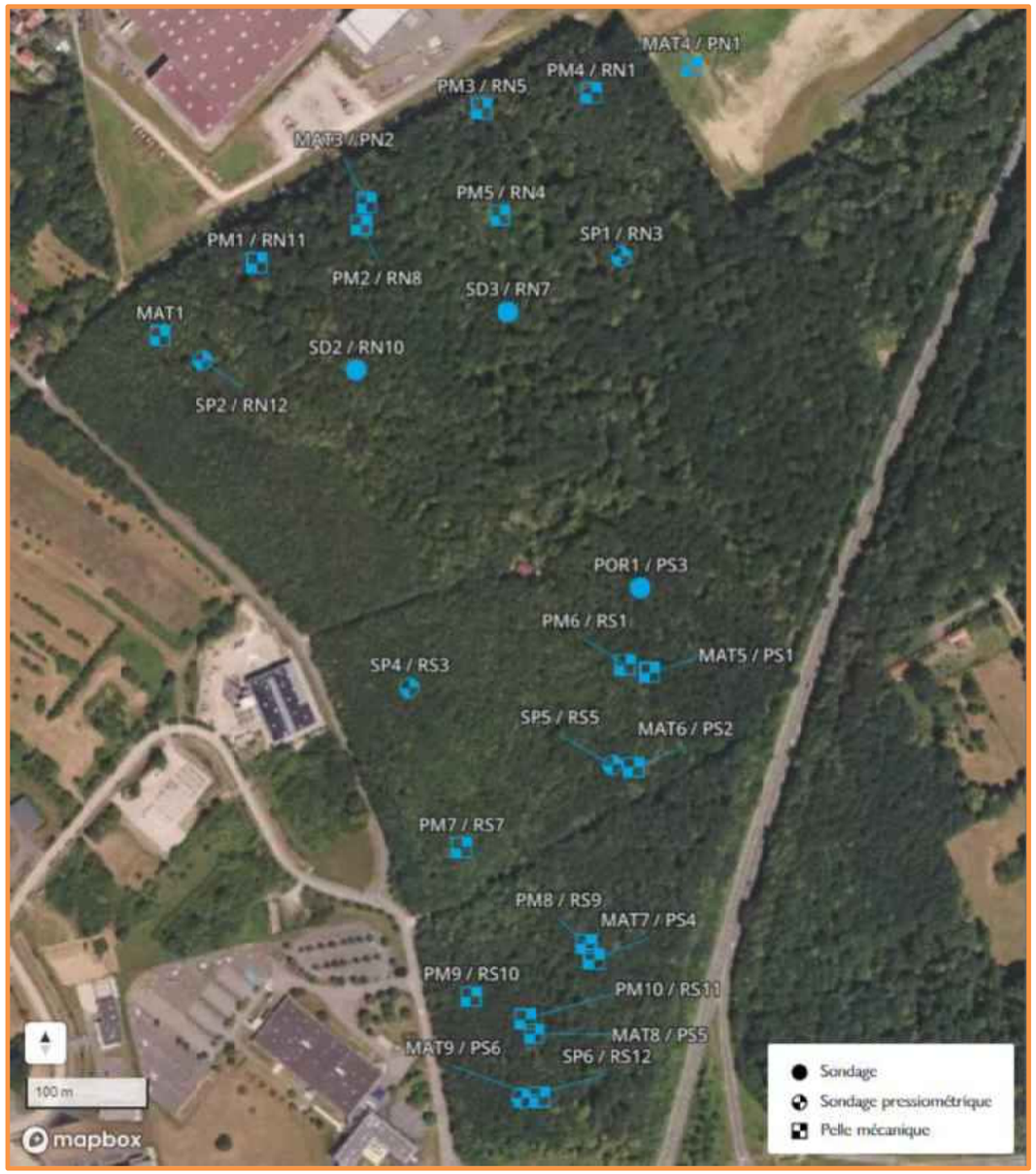
ANNEXES

1. PLAN DE SITUATION

(Extrait du site internet www.géoportail.Fr)

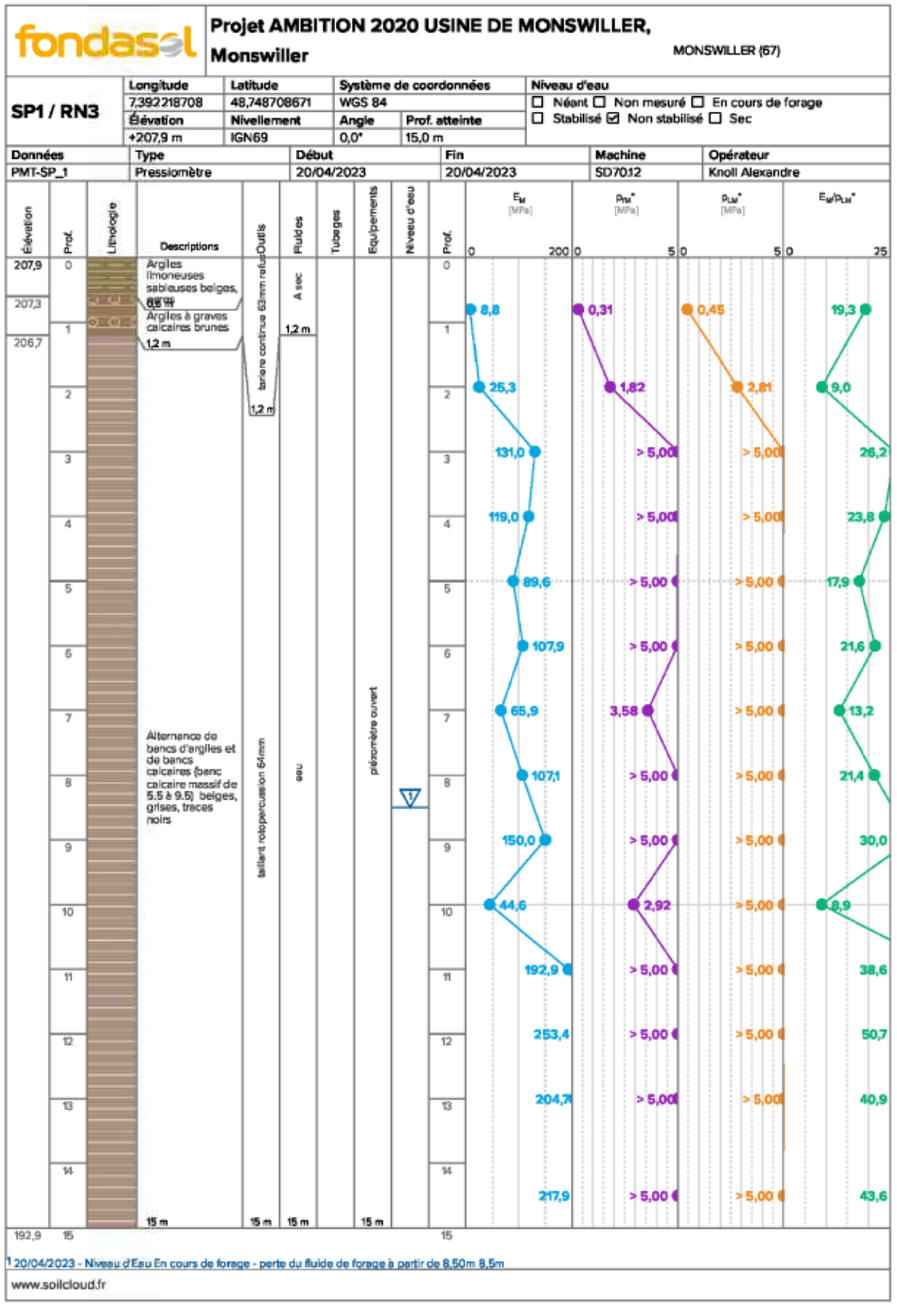


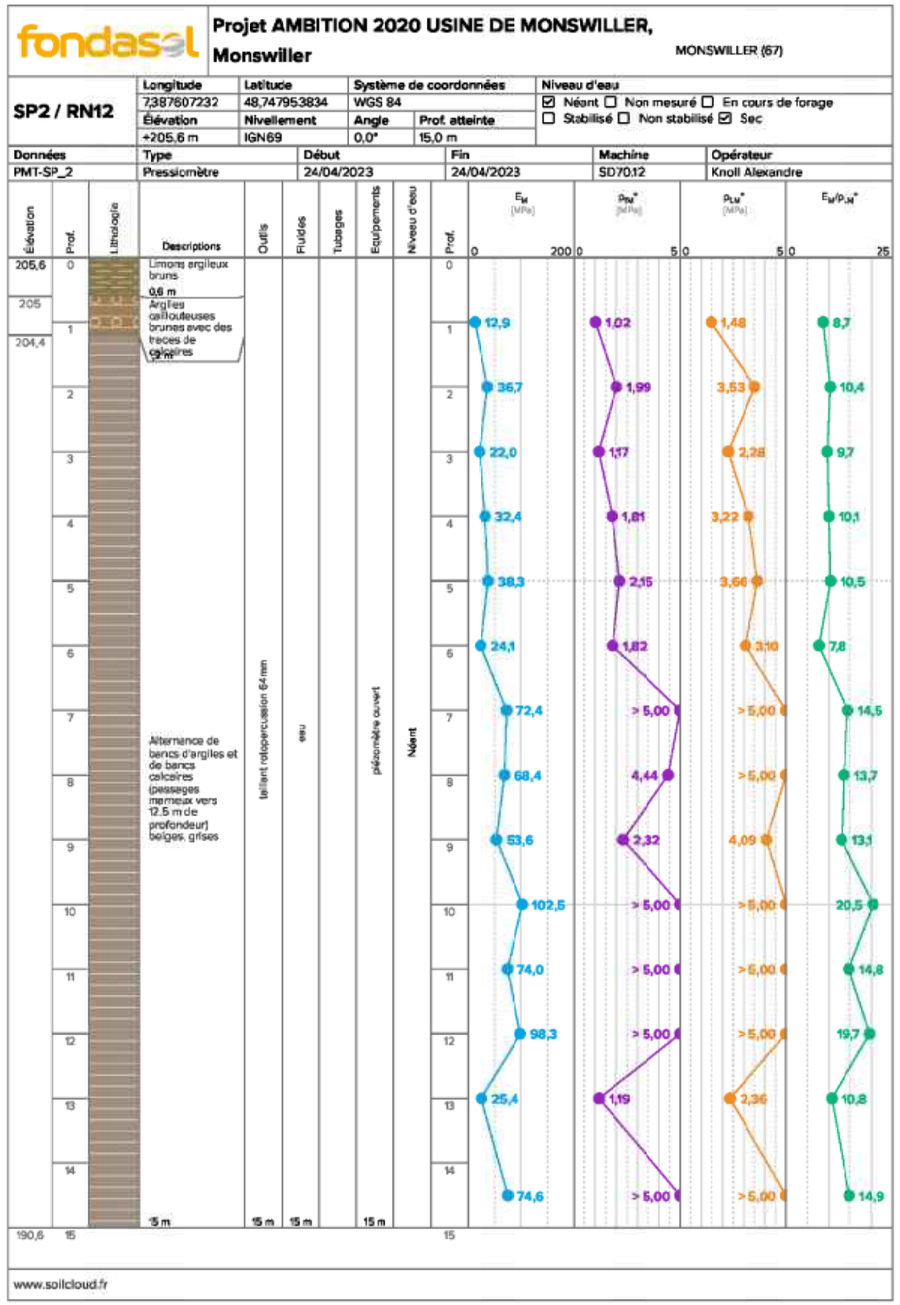
2. PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



L'implantation des sondages a été réalisée au mieux selon les conditions d'accès au site et de la précision des plans fournis à l'étude

3. RESULTAT DES INVESTIGATIONS IN SITU

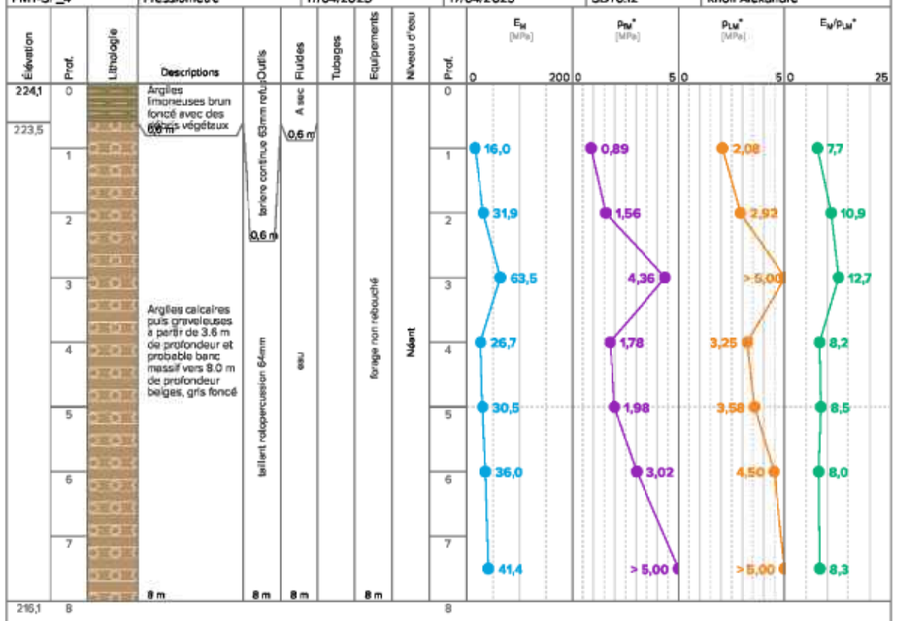




Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER, Monswiller — MONSWILLER (67)

SP4 / RS3	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Niveau d'eau
	7,389886714	48,745583030	WGS 84		☑ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage ☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☑ Sec
	Élévation	Nivellement	Angle	Prof. atteinte	
	+224,1 m	IGN69	0,0°	8,0 m	

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
PMT-SP_4	Pressiomètre	17/04/2023	17/04/2023	SD70.12	Knoll Alexandre

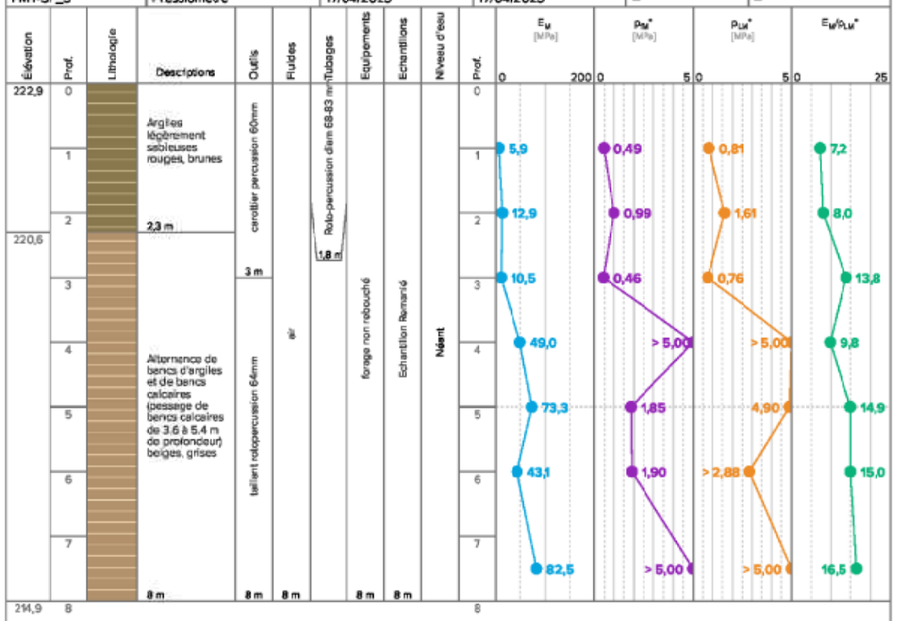


www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER, Monswiller — MONSWILLER (67)

SP5 / RS5	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Niveau d'eau
	7,392123350	48,745024689	WGS 84		☑ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage ☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☑ Sec
	Élévation	Nivellement	Angle	Prof. atteinte	
	+222,9 m	IGN69	0,0°	8,0 m	

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
PMT-SP_5	Pressiomètre	17/04/2023	17/04/2023	–	–

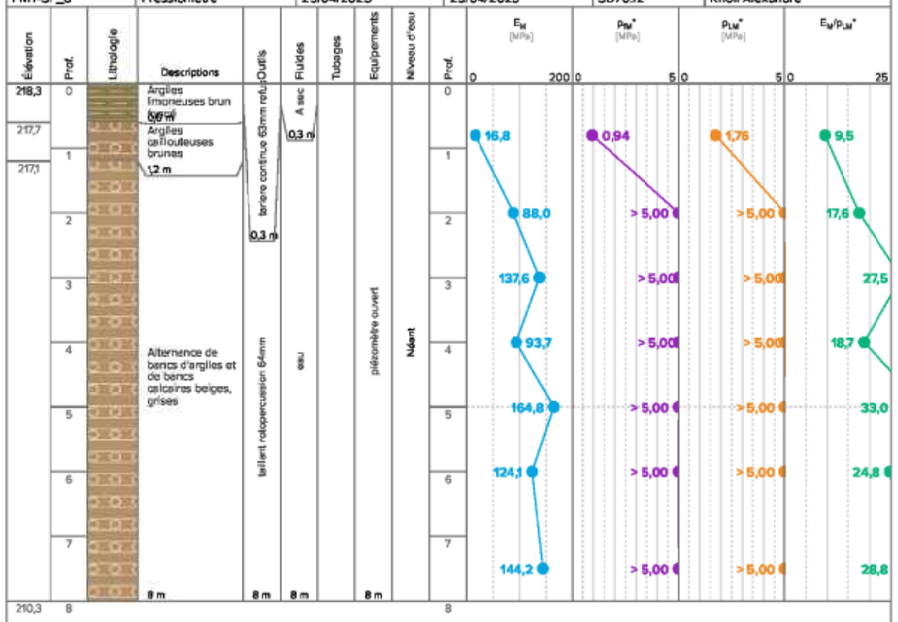


www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER, Monswiller — MONSWILLER (67)

SP6 / RS12	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Niveau d'eau
	7,391125225	48,742609102	WGS 84	☑ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage
	Élévation	Nivellement	Angle / Prof. atteinte	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☑ Sec
	+218,3 m	IGN69	0,0° / 8,0 m	

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
PMT-SP_6	Pressiomètre	25/04/2023	25/04/2023	SD70.12	Knoll Alexandre

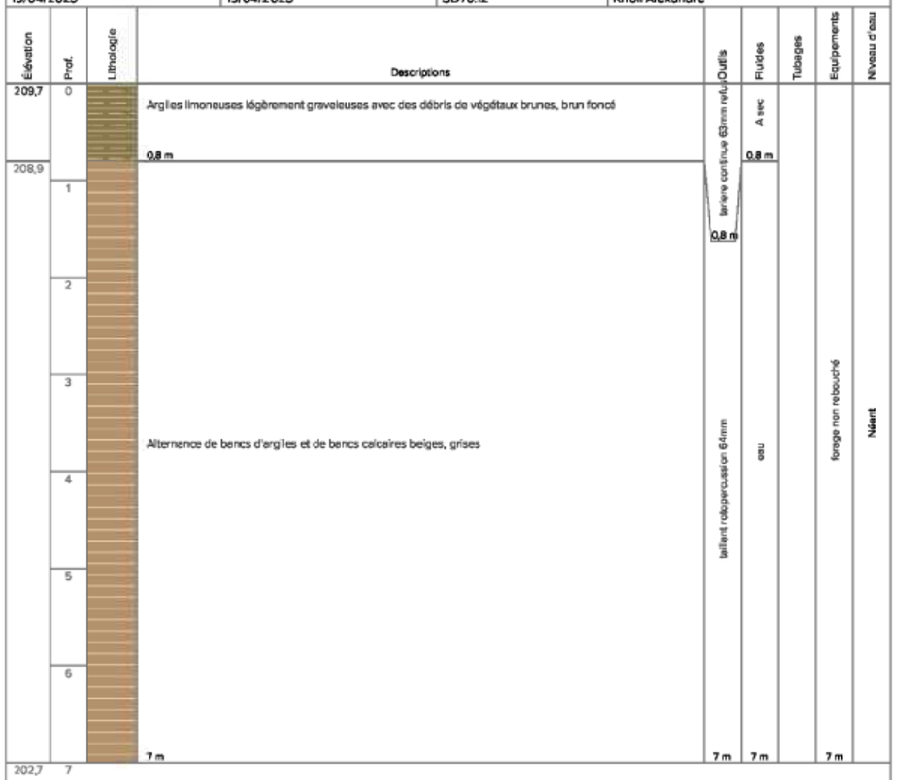


www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER, Monswiller — MONSWILLER (67)

SD3 / RN7	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,390989923	48,748306834	WGS 84	Pluricentimétrique	☑ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle / Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+209,7 m	7,0 m	0,0° / IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☑ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
19/04/2023	19/04/2023	SD70.12	Knoll Alexandre



www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER, Monswiller

MONSWILLER (67)

SD2 / RN10	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,389301165	48,747886129	WGS 84	Pluricentimétrique	☑ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
	+206,7 m	10,0 m	0,0°	IGN69	Non renseigné

☐ En cours de forage
☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☑ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
18/04/2023	18/04/2023	SD7012	Knoll Alexandre

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Tubages	Equipements	Niveau d'eau
206,7	0		Argiles limoneuses brun foncé 0,3 m	tarière continue 63mm refus	A sec			Néant
206,4			Argiles légèrement sableuses brun foncé, brunes 0,7 m					
206	1		Argiles à graves calcaires brune clair, grises 1,7 m	1,7 m	1,7 m			
205	2		Alternence de bancs d'argiles et de bancs calcaires beiges	taillant rotopercussion 64mm	eau		forage non rebouché	
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9		10 m	10 m	10 m		10 m	
196,7	10							

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER, Monswiller

MONSWILLER (67)

MAT1	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,387142931	48,748133839	WGS 84	Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
	+202,4 m	1,0 m	0,0°	IGN69	Non renseigné

☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
08/06/2023	08/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
202,4	0		Limons argileux bruns 0,4 m
202			Argiles beiges graveleuses avec des blocs calcaires 1 m
201,4	1		

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller

MONSWILLER (67)

MAT3 / PN2	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,389414286	48,749096874	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+197,0 m	1,0 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	--	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
197	0		Loess beiges 0,3 m
196,7			Argiles beiges 1 m
196	1		

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller

(N° Projet: PR.MSGT.23.0162)
MONSWILLER (67)

MAT4 / PN1	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	2 022 873	7 292 604	RGF93 / CC48		Pluricentimétrique	☑ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+195,8 m	1,45 m	-	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☑ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
19/07/2023	19/07/2023	--	ALBRECHT

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
195,8	0		Remblais sablo-graveleux limoneux avec des galets bruns, beiges avec des débris de béton Dmax = 15 cm 0,6 m
195,2			Argiles sableuses avec des galets brunes et présence de lentilles sableuses 0,8 m
195	1		Argiles sablo-graveleuses avec des galets gris, brun foncé Présence de débris de bois Dmax = 7 cm 1,45 m
194,35			

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller

MONSWILLER (67)

MAT5 / PS1	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,392532138	48,745694157	WGS 84	Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
	+221,6 m	1,0 m	0,0°	IGN69	Non renseigné

☐ En cours de forage
☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
221,6	0		Loess beiges 0,3 m
221,3			Argiles beiges 1 m
220,6	1		

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller

MONSWILLER (67)

MAT6 / PS2	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,392353055	48,745008288	WGS 84	Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements
	+222,0 m	1,0 m	0,0°	IGN69	Non renseigné

☐ En cours de forage
☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
222	0		Loess beiges 0,3 m
221,7			Argiles beiges 1 m
221	1		

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER, Monswiller

MONSWILLER (67)

MAT7 / PS4	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,391919983	48,743616137	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+220,5 m	1,3 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
220,5	0		Loess beiges 0,5 m
220	1		Argiles bariolées vertes rouges beiges 1,3 m
219,2			

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER, Monswiller

MONSWILLER (67)

MAT8 / PS5	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,391264927	48,743075902	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+219,8 m	1,2 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
219,8	0		Limons argileux bruns 0,7 m
219,1	1		Argiles graveeuses beiges 1,2 m
218,6			

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller
MONSWILLER (67)

MAT9 / PS6	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,391319001	48,742617269	WGS 84	Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle / Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+218,0 m	1,0 m	0,0° / IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
218	0		Limons bruns
217,8			0,2 m
			Argiles brunes + blocs calcaires Ø = 60 cm
			1 m
217	1		

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller
MONSWILLER (67)

PM1 / RN11	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,388203685	48,748662684	WGS 84	Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle / Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+197,8 m	2,7 m	0,0° / IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
08/06/2023	08/06/2023	–	ALBRECHT

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
197,8	0		Sables fins brun clair
			0,45 m
197,35			Sables très légèrement limoneux bruns, beiges
	1		1,2 m
196,6			Alternance de sables bruns et argiles bariolé gris ocres rouilles avec quelques traces noires
	2		2,7 m
195,1			

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller
MONSWILLER (67)

PM10 / RS11	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,391163345	48,743183336	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+199,1 m	1,8 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
199,1	0		Argiles brunes + blocs calcaires
	1		1,8 m
197,3			

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller
MONSWILLER (67)

PM2 / RN8	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,389356582	48,748936527	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+197,9 m	2,08 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
197,9	0		Loess beiges
			0,5 m
197,4			
	1		Argiles beiges
			2,08 m
	2		
195,82			

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller
MONSWILLER (67)

PM3 / RN5	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,390681521	48,749780420	WGS 84		Pluricentimétrique	☑ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+194,8 m	2,6 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☑ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
08/06/2023	08/06/2023	--	ALBRECHT

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
194,8	0		Argile beiges
	1		1,5 m
193,3			Argiles beiges graveleuses + blocs calcaires
	2		2,6 m
192,2			

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller
MONSWILLER (67)

PM4 / RN1	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,391890820	48,749893472	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+195,5 m	2,8 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
08/06/2023	08/06/2023	--	ALBRECHT

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
195,5	0		Loess beiges
			0,6 m
194,9			
	1		Argiles beiges + blocs calcaires
	2		2,8 m
192,7			

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller

MONSWILLER (67)

PM5 / RN4	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,390889815	48,749006422	WGS 84	Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+201,2 m	1,8 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
08/06/2023	08/06/2023	–	ALBRECHT

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
201,2	0		Argiles brunes 0,3 m
200,9	1		Argiles beiges + blocs 1,8 m
199,4			

www.soilcloud.fr

fondasol

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller

MONSWILLER (67)

PM6 / RS1	Longitude	Latitude	Système de coordonnées	Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,392262426	48,745749920	WGS 84	Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+222,4 m	2,0 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
222,4	0		Loess beiges 0,3 m
222,1	1		Argiles beiges 1,6 m
220,8			Argiles grises beiges 2 m
220,4	2		

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller MONSWILLER (67)

PM7 / RS7	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,390459808	48,744425746	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+220,2 m	2,3 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
08/06/2023	08/06/2023	–	ALBRECHT

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
220,2	0		Argiles beiges avec cailloutis et cailloux calcaires Δ max 35 cm
	1		
	2		2,3 m
217,9			

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller MONSWILLER (67)

PM8 / RS9	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,391833064	48,743727761	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+221,3 m	2,5 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	–	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
221,3	0		Argiles caillouteuses bariolées vertes rouges beiges
	1		
	2		2,5 m
218,8			

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller MONSWILLER (67)

PM9 / RS10	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,390565656	48,743346045	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+221,3 m	2,2 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2023	06/06/2023	--	BONILLO

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
221,3	0		Limons argileux bruns 0,48 m
220,82	1		Argiles beiges graveleuses avec des blocs calcaires
	2		2,2 m
219,1			

www.soilcloud.fr

Projet AMBITION 2020 USINE DE MONSWILLER,
Monswiller MONSWILLER (67)

POR1 / PS3	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau
	7,392427496	48,746308453	WGS 84		Pluricentimétrique	☐ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	+221,8 m	1,5 m	0,0°	IGN69	Non renseigné	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec

Début	Fin	Machine	Opérateur
Non renseigné	Non renseigné	--	--

Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions
221,8	0		Argiles limoneuses sableuses grises, brunes, beiges 1 m
220,8	1		Argiles sableuses bariolées brunes, grises, brun foncé 1,5 m
220,3			

www.soilcloud.fr

PYXIS

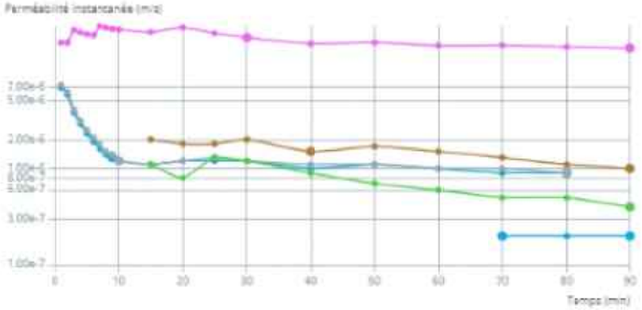
Compte rendu d'essai Matsuo

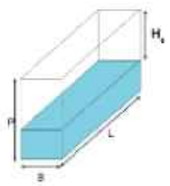
REFERENCE : PR.MSGT.23.0162 | PROJET : MONSWILLER | OUTIL : Matsuo v1.0
NOM DU SOUSOL : MAT6&7

Vérificateur — **Observations**

	MAT1	MAT2	MAT3	MAT5	MAT6	MAT7
LONGITUDE	-	-	-	-	-	-
LATITUDE	-	-	-	-	-	-
LONGUEUR L (m)	1.7	1.4	1.35	1.8	1.8	1.5
LARGEUR B (m)	0.4	0.3	0.35	0.4	0.3	0.6
PROFONDEUR P (m)	1	1.5	1.1	1	1	1
DATE DÉBUT SATURATION	08/06/2023 14:40	07/06/2023 15:41	07/06/2023 15:19	07/06/2023 10:20	07/06/2023 09:45	06/06/2023 11:37
DATE DÉBUT ESSAI	08/06/2023 15:40	07/06/2023 16:20	07/06/2023 16:12	07/06/2023 12:09	07/06/2023 10:45	06/06/2023 12:28
NATURE DU SOL	Argiles calcaires	Argiles	Argiles	Argiles	Argiles	Argiles
MÉTÉO	-	-	-	-	-	-
VENT	-	-	-	-	-	-
TEMPÉRATURE	-	-	-	-	-	-
OBSERVATIONS	-	-	-	-	-	-

Perméabilité instantanée (m/s)





N° ESSAI	ESSAI	DATE ESSAI	PERMÉABILITÉ
1	MAT1	08/06/23 15:40	1,95E-5 m/s
2	MAT2	07/06/23 16:20	6,15E-7 m/s
3	MAT3	07/06/23 16:12	1,11E-6 m/s
4	MAT5	07/06/23 12:09	$< 5.10^{-7}$ m/s
5	MAT6	07/06/23 10:45	1,10E-6 m/s
6	MAT7	06/06/23 12:28	1,35E-6 m/s

PYXIS

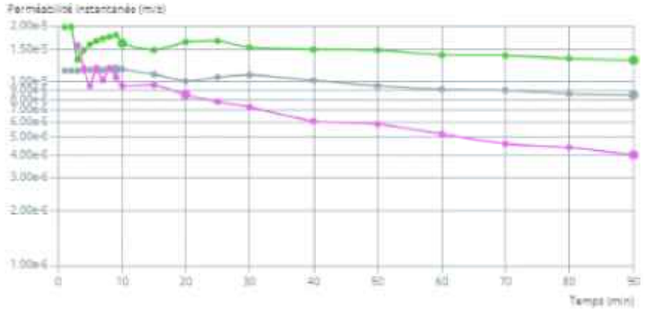
Compte rendu d'essai Matsuo

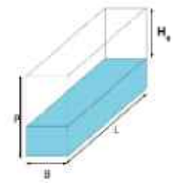
REFERENCE : PR.MSGT.23.0162 | PROJET : MONSWILLER | OUTIL : Matsuo v1.0
NOM DU SOUSOL : MAT8,9,4 Suite

Vérificateur — **Observations**

	MAT8	MAT9	MAT4	-	-	-
LONGITUDE	-	-	-	-	-	-
LATITUDE	-	-	-	-	-	-
LONGUEUR L (m)	1.8	1.5	1.95	-	-	-
LARGEUR B (m)	0.4	0.6	0.4	-	-	-
PROFONDEUR P (m)	1.2	1	1.45	-	-	-
DATE DÉBUT SATURATION	06/06/2023 12:15	06/06/2023 11:37	19/07/2023 12:10	-	-	-
DATE DÉBUT ESSAI	06/06/2023 13:10	06/06/2023 12:28	19/07/2023 13:25	-	-	-
NATURE DU SOL	Argiles avec des blocs	Argiles avec des blocs	Argiles sableuses graveleuses	-	-	-
MÉTÉO	-	-	-	-	-	-
VENT	-	-	-	-	-	-
TEMPÉRATURE	-	-	-	-	-	-
OBSERVATIONS	-	-	-	-	-	-

Perméabilité instantanée (m/s)





N° ESSAI	ESSAI	DATE ESSAI	PERMÉABILITÉ
1	MAT8	06/06/23 13:10	5,98E-6 m/s
2	MAT9	06/06/23 12:28	1,49E-5 m/s
3	MAT4	19/07/23 13:25	1,01E-5 m/s

PYXIS

Compte rendu d'essai Porchet à charge variable

ID ESSAI : PR.MSGT.23.0162 PROJET : MONSWILLER OUTIL : Porchet v1.0

NOM DU CALCUL : Porchet

Vérificateur

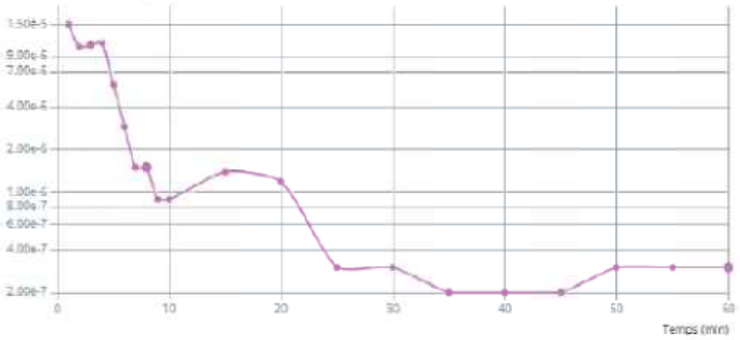
-

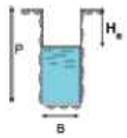
Observations

-

	POR1	-	-	-	-	-
LONGITUDE	-	-	-	-	-	-
LATITUDE	-	-	-	-	-	-
PROFONDEUR P (m)	1.5	-	-	-	-	-
DIAMÈTRE B (mm)	83	-	-	-	-	-
DATE DÉBUT SATURATION	17/04/23 09:30	-	-	-	-	-
DATE DÉBUT ESSAI	17/04/23 10:25	-	-	-	-	-
NATURE DU SOL	Argiles	-	-	-	-	-
MÉTÉO	-	-	-	-	-	-
VENT	-	-	-	-	-	-
TEMPÉRATURE	-	-	-	-	-	-
OBSERVATIONS	-	-	-	-	-	-

Perméabilité instantanée (m/s)





N° ESSAI	ESSAI	DATE ESSAI	PERMÉABILITÉ	
1	POR1	17/04/23 10:25	6,15E-7 m/s	2 mm/h

4. RESULTAT DES ESSAIS EN LABORATOIRE

Management QSHE FTQ.243

fondasol

RÉCAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE

Projet N° : 19SGT.23.0162 (Voir notice)

Nom du projet : MONSWILLER

Ingénieur d'étude, chef : A. THIEBAUT

RESPONSABLE DU LABORATOIRE : Boris PHOMMARATH

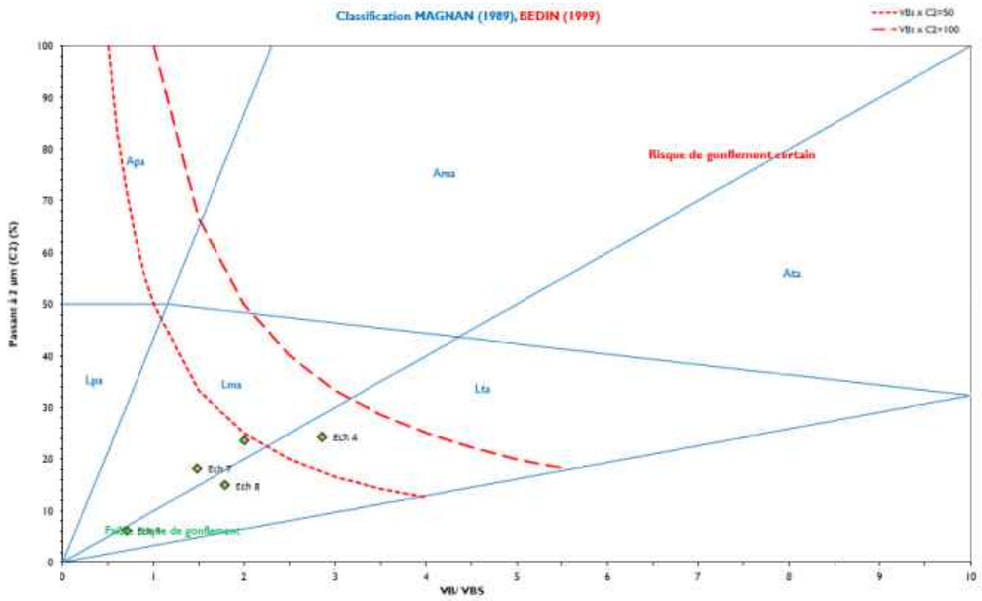
Date : 21/07/2023

Nom : Boris PHOMMARATH

Date : —/—/—

Page : 1/1

Forage	Prof. moyenne (m)	Nature	Wn	γ	γd	e	Sr	Wl	Ip	VBS	Ca CO3	Dmax	Passant à 50 mm 0/D	Passant à 2 mm 0/D	Passant à 80 µm 0/D	Passant à 63 µm 0/D	Passant à 2 µm 0/D	Passant à 2 mm 0/50	Passant à 80 µm 0/50	Proctor γdpr	Proctor wopr	Proctor+IPI γdpr	Proctor+IPI wopr	IPI	LA	MDE	FS	SI	FR	DG	Classification
		Mesures	%	t/m³	t/m³		%	%	%	g/g	%	mm	%	%	%	%	%	%	%	kN/m³	%	kN/m³	%	%								
		Méthodes d'essais								13			10	10	10	10	10	10	10					18								
PM1	1.90	limon sableux marron	6.110							2		4	100	99.9	47.6	47.1		99.0	47.6					30.0							A1
PM2	1.25	argile sableuse marron	19.9							2.95		7	100.0	99.4	62.2	61.7		99.4	62.2					9.0							A2m
PM3	2.05	limon graveleux marron	12.8							1.85		80	93.6	56.7	45.7	40.2		60.6	48.6					15.3							C1A1m
PM4	1.70	argile sableuse marron	12.7							2.88		54	99.9	88.6	58.3	57.2	24.3	99.0	59.0					22.1							C1A2
PM5	1.05	grave limoneuse beige	13.2					39	24	0.70		100	59.9	26.4	17.2	16.7	8.2	37.7	24.6					23.8							C2B0m
PM6	1.10	argile sableuse marron	17.9							2.85		3	100.0	99.5	74.9	74.6		99.5	74.9					12.7							A2m
PM7	1.05	grave argileuse beige	15.4					46	20	1.48		80	53.0	42.7	36.7	36.2	19.2	51.1	40.9					14.9							C1A2m
PM8	1.25	argile limono graveleuse marron verdâtre	14.0					44	23	2.12		50	99.9	62.4	48.4	47.4	14.9	63.1	48.9					19.7							C1A2
PM9	1.34	grave argileuse marron	13.8					32	20	2.91		80	80.5	46.2	36.1	35.9	23.7	53.3	45.3					16.5							C1A3
PM10	0.90	grave limoneuse marron	14.1							1.46		40	100.0	49.3	37.9	37.1		46.3	37.9					11.9							A1m



fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée: oui

Sondage : PM1
Profondeur (m) 1.30 à 2.50 m
Cote (m) : à m
Profondeur moyenne : 1.9 m

Date d'essai de prélèvement : 29/06/2023
Date de réception : 06/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date d'essai : 19/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : A1

Nature du sol selon Classification granulométrique : limon sabieux marron

Nature du sol : limon sabieux marron

% de passant à :
50 mm = 100.00% — 2 mm = 99.79%
20 mm = 100.00% — 80 µm = 47.56%
5 mm = 100.00% — 63 µm = 47.09%

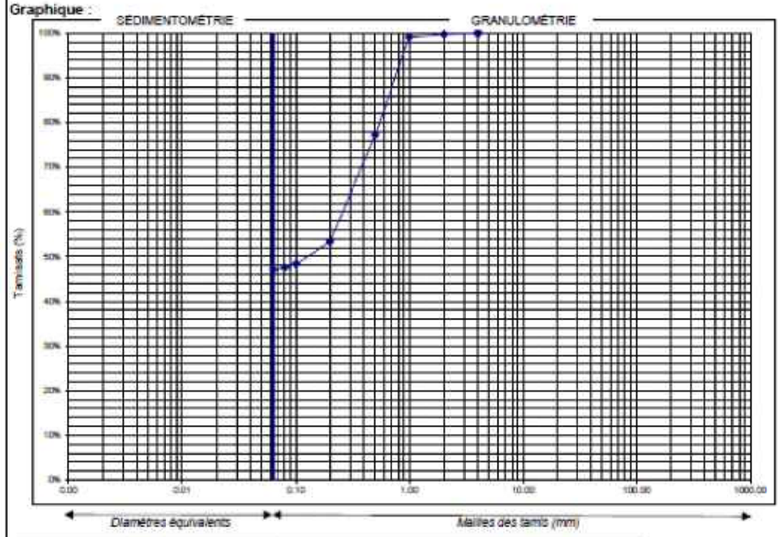
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 5 mm

% estimé d'éléments > d_m

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément : Dmax = 4 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer — Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.79	99.16	77.21	53.34	48.33	47.56	47.09
Refus %								0.21	0.84	22.79	46.66	51.67	52.44	52.91

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — Laboratoire : ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée: oui

Sondage : PM2
Profondeur (m) 0.50 à 2.00 m
Cote (m) : à m
Profondeur moyenne : 1.25 m

Date d'essai de prélèvement : 29/06/2023
Date de réception : 06/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date d'essai : 19/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : A2m

Nature du sol selon Classification granulométrique : argile sableuse marron

Nature du sol : argile sableuse marron

% de passant à :
50 mm = 100.00% — 2 mm = 99.36%
20 mm = 100.00% — 80 µm = 62.16%
5 mm = 99.85% — 63 µm = 61.68%

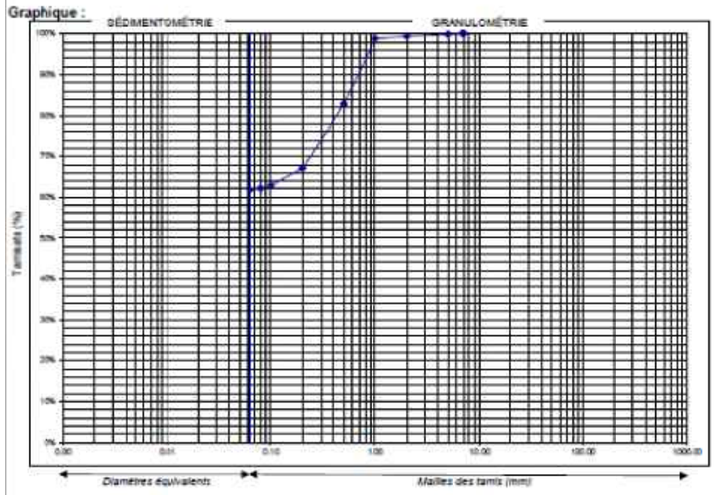
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 10 mm

% estimé d'éléments > d_m

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément : Dmax = 7 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer — Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.85	99.36	98.83	82.78	67.10	62.91	62.16	61.68
Refus %							0.15	0.64	1.17	17.22	32.90	37.09	37.84	38.32

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée:

Sondage : PM3
Profondeur (m) 1.50 à 2.60 m
Cote (m) : à m
Profondeur moyenne : 2.05 m

Date d'essai de prélèvement : 29/06/2023
Date de réception : 06/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date d'essai : 21/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : C1A1m

Nature du sol selon Classification granulométrique : limon graveleux marron

Nature du sol : limon graveleux marron

% de passant à :
50 mm = 93.63% — 2 mm = 66.72%
20 mm = 75.45% — 80 µm = 40.72%
5 mm = 69.70% — 63 µm = 40.19%

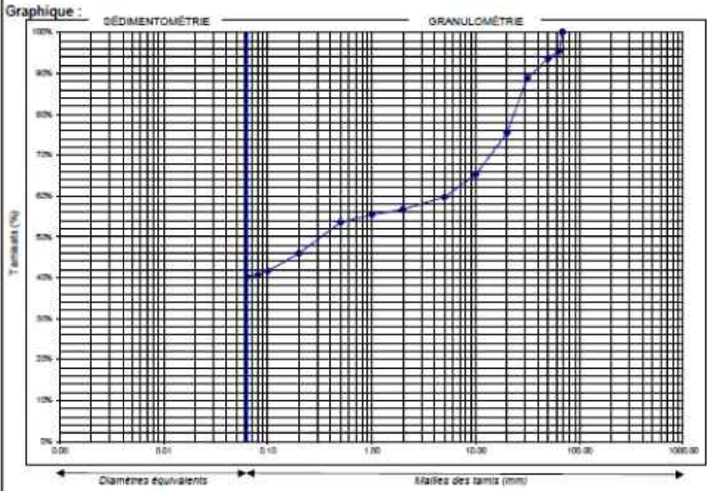
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 80 mm

% estimé d'éléments > d_{90}

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément : Dmax = 68 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	95.32	93.63	88.76	75.45	65.27	59.70	66.72	55.41	53.61	46.99	41.62	40.72	40.19
Refus %		4.68	6.37	11.24	24.55	34.73	40.30	43.28	44.59	46.39	54.01	58.38	59.28	59.81

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée: oui

Sondage : PM4
Profondeur (m) 0.60 à 2.60 m
Cote (m) : à m
Profondeur moyenne : 1.7 m

Date d'essai de prélèvement : 29/06/2023
Date de réception : 06/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date d'essai : 19/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : C1A2

Nature du sol selon Classification granulométrique : argile sableuse marron

Nature du sol : argile sableuse marron

% de passant à :
50 mm = 98.88% — 2 mm = 98.93%
20 mm = 96.06% — 80 µm = 58.35%
5 mm = 91.45% — 63 µm = 57.19%

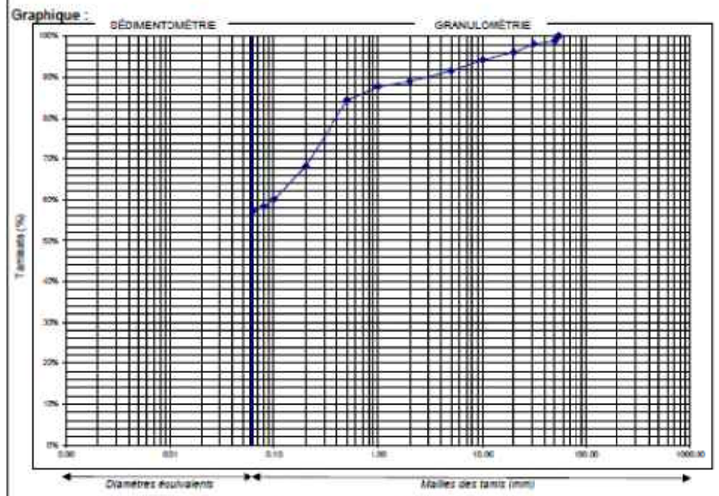
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 80 mm

% estimé d'éléments > d_{90}

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément : Dmax = 54 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer * calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	98.88	98.12	96.06	94.22	91.45	88.93	87.69	84.38	68.16	60.10	58.35	57.19
Refus %			1.12	1.88	3.94	5.78	8.55	11.07	12.31	15.62	31.84	39.90	41.65	42.81

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée:

Sondage : PM5
Profondeur (m) 0.30 à 1.80
Cote (m) : à
Profondeur moyenne : 1.05 m

Date d'essai granulométrie : 19/07/2023
Date d'essai sédimentométrie : 18/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date de réception : 06/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : C2B5m

Nature du sol selon Classification granulométrique : grave limoneuse beige

Nature du sol : grave limoneuse beige

% de passant à :
50 mm = 89.91% — 2 mm = 26.36% — 2 µm = 5.20%
20 mm = 42.73% — 80 µm = 17.18%
5 mm = 29.94% — 63 µm = 16.70%

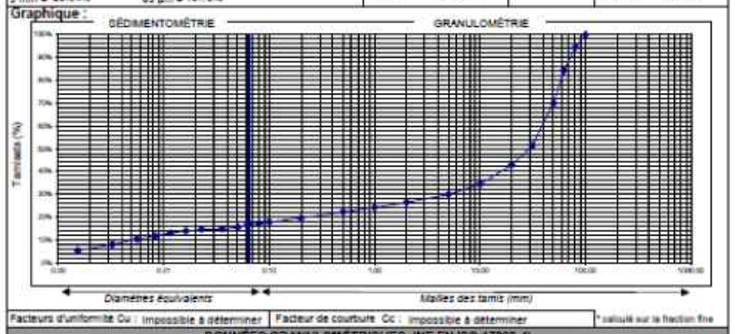
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 100 mm

% estimé d'éléments > d_m

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément : Dmax = 100 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer | * calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	94.45	84.21	69.91	51.38	42.73	34.42	29.94	26.36	24.10	22.17	19.53	17.76	17.18	16.70
Refus %	5.55	15.79	30.09	48.62	57.27	65.58	70.06	73.64	75.90	77.83	80.47	82.24	82.82	83.30

DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Paramètres :

Densimètre :
h = 166.74 mm
V_s = 64.1 ml
N = 26.68 mm
Facteurs correcteurs :
C_m = -0.2
R'_0 = 0.00
Éprouvette : L = 331.00 mm

Masse volumique :
ρ_s = 2.687 Mg/m³
Conventionnelle : X
Mesurée :

Résultats :

Temps (h:min:s)	Lecture R'b	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H_r (mm)	K_r (%)	ø équiv D (µm)
00:01:00	14.2	24.2	0.9	14.20	163.81	15.5%	50.38
00:02:00	13.5	24.2	0.9	13.50	166.51	14.8%	35.94
00:05:00	13.3	24.2	0.9	13.30	167.29	14.5%	22.78
00:10:00	12.7	24.2	0.9	12.70	169.61	13.9%	16.23
00:20:00	11.8	23.8	0.9	11.80	163.09	12.9%	11.65
00:41:00	10.7	23.5	0.9	10.70	167.34	11.7%	8.27
01:34:30	9.4	23.2	0.9	9.40	172.37	10.3%	5.55
04:44:30	7.2	24.0	0.9	7.20	180.88	7.9%	3.25
23:59:59	4.8	21.9	1.0	4.80	190.17	5.2%	1.62

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée:

Sondage : PM6
Profondeur (m) 0.30 à 2.00 m
Cote (m) : à m
Profondeur moyenne : 1.15 m

Date d'essai de prélèvement : 29/06/2023
Date de réception : 06/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date d'essai : 19/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : A2m

Nature du sol selon Classification granulométrique : argile sableuse marron

Nature du sol : argile sableuse marron

% de passant à :
50 mm = 100.00% — 2 mm = 99.50%
20 mm = 100.00% — 80 µm = 74.89%
5 mm = 100.00% — 63 µm = 74.58%

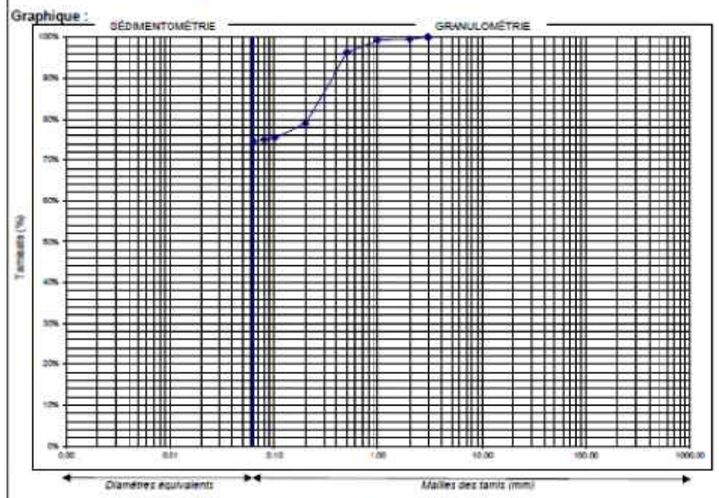
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 31.5 mm

% estimé d'éléments > d_m

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément : Dmax = 3 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.50	99.28	96.24	78.90	75.36	74.89	74.58
Refus %								0.50	0.72	3.76	21.10	24.64	25.11	25.42

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée:

Sondage : PM7
Profondeur (m) 0.30 à 1.80
Cote (m) : à
Profondeur moyenne : 1.05 m

Date d'essai granulométrie : 19/07/2023
Date d'essai sédimentométrie : 18/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date de réception : 06/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : C1A2m

Nature du sol selon Classification granulométrique grave argileuse beige

Nature du sol grave argileuse beige

% de passant à :
50 mm = 93.58% 2 mm = 42.67% 2 µm = 18.16%
20 mm = 67.29% 80 µm = 36.67%
5 mm = 47.77% 63 µm = 36.23%

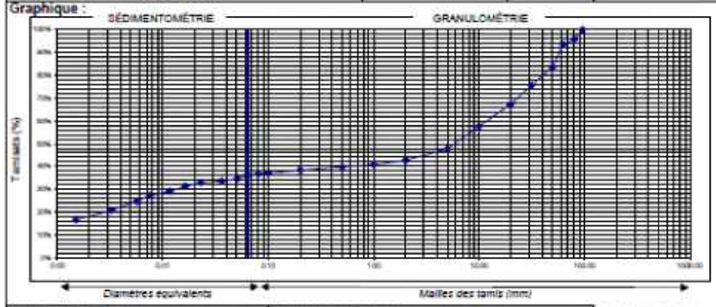
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 96 mm

% estimé d'éléments > d_m

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément Dmax = 96 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : impossible à déterminer | * calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	95.94	93.63	83.58	75.49	67.29	57.69	47.77	42.67	40.81	39.73	38.32	37.14	36.67	36.23
Refus %	4.06	6.37	16.42	24.51	32.71	42.31	52.23	57.33	59.19	60.27	61.68	62.86	63.33	63.77

DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Paramètres :
Densimètre :
h = 155.74 mm
V_s = 64.1 ml
N = 26.68 mm
Facteurs correcteurs :
C_m = -0.2
R'_0 = 0.00
Éprouvette : L = 331.00 mm

Masse volumique :
ρ_s = 2.687 Mg/m³
Conventionnelle X
Mesurée :

Résultats :

Temps (h:min:s)	Lecture R'_b	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H_r (mm)	K_m (%)	ø équiv D (µm)
00:01:00	14.0	23.5	0.9	14.00	154.58	34.6%	50.92
00:02:00	13.6	23.5	0.9	13.60	156.13	33.6%	36.19
00:05:00	13.3	23.5	0.9	13.30	157.29	32.9%	22.97
00:10:00	12.7	23.5	0.9	12.70	159.61	31.4%	16.36
00:20:00	11.8	23.3	0.9	11.80	163.09	29.2%	11.72
00:50:00	11.0	23.1	0.9	11.00	166.18	27.2%	7.50
01:30:00	10.0	23.0	0.9	10.00	170.06	24.7%	5.66
04:40:00	8.4	24.0	0.9	8.40	176.24	20.8%	3.23
23:59:59	6.7	21.9	1.0	6.70	182.82	16.6%	1.49

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée: non

Sondage : PM8
Profondeur (m) 0.00 à 2.50
Cote (m) : à
Profondeur moyenne : 1.25 m

Date d'essai granulométrie : 18/07/2023
Date d'essai sédimentométrie : 18/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date de réception : 06/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : C1A2

Nature du sol selon Classification granulométrique argile limono graveleuse marron verdâtre

Nature du sol argile limono graveleuse marron verdâtre

% de passant à :
50 mm = 98.92% 2 mm = 62.38% 2 µm = 14.86%
20 mm = 97.69% 80 µm = 48.38%
5 mm = 89.66% 63 µm = 47.39%

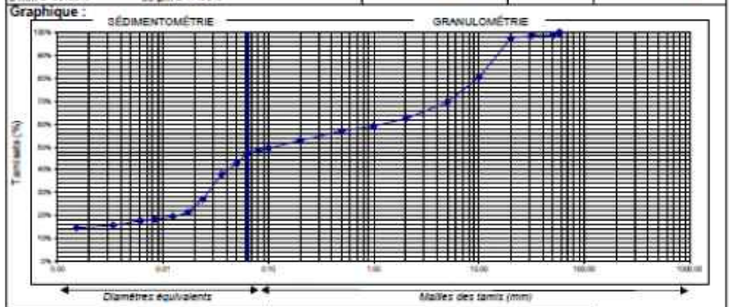
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 80 mm

% estimé d'éléments > d_m

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément Dmax = 59 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : impossible à déterminer | * calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	98.92	98.92	97.69	80.56	69.66	62.38	59.13	57.04	52.86	49.50	48.38	47.39
Refus %			1.08	1.08	2.31	19.44	30.34	37.62	40.87	42.96	47.14	50.50	51.62	52.61

DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Paramètres :
Densimètre :
h = 155.74 mm
V_s = 64.1 ml
N = 26.68 mm
Facteurs correcteurs :
C_m = -0.2
R'_0 = 0.00
Éprouvette : L = 331.00 mm

Masse volumique :
ρ_s = 2.687 Mg/m³
Conventionnelle X
Mesurée :

Résultats :

Temps (h:min:s)	Lecture R'_b	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H_r (mm)	K_m (%)	ø équiv D (µm)
00:01:00	15.0	23.7	0.9	15.00	150.71	42.5%	50.16
00:02:00	13.4	23.7	0.9	13.40	156.90	38.0%	36.19
00:05:00	9.5	23.7	0.9	9.50	171.99	26.9%	23.96
00:10:00	7.5	23.7	0.9	7.50	179.72	21.3%	17.32
00:20:00	6.9	23.4	0.9	6.90	182.04	19.6%	12.37
00:45:00	6.4	23.2	0.9	6.40	183.98	18.2%	8.31
01:25:00	6.2	23.0	0.9	6.20	184.75	17.6%	6.07
04:35:00	5.5	24.0	0.9	5.50	187.46	15.6%	3.36
23:59:59	5.1	21.9	1.0	5.10	189.01	14.5%	1.51

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée:

Sondage : PM9
Profondeur (m) 0.48 à 2.20
Cote (m) : à
Profondeur moyenne : 1.34 m

Date d'essai granulométrie : 21/07/2023
Date d'essai sédimentométrie : 19/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date de réception : 06/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : C1A3

Nature du sol selon Classification granulométrique : grave argileuse marron

Nature du sol : grave argileuse marron

% de passant à :
50 mm = 90.29% — 2 mm = 48.17% — 2 µm = 23.67%
20 mm = 72.87% — 80 µm = 39.14%
5 mm = 54.35% — 63 µm = 38.82%

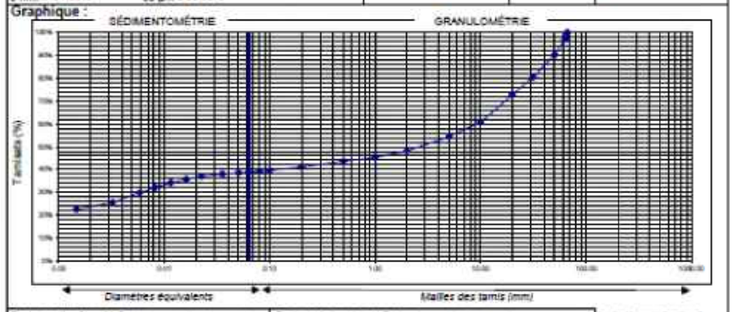
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 80 mm

% estimé d'éléments > d_m

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément : Dmax = 66 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer | * calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	97.26	90.29	80.53	72.87	60.79	54.35	48.17	45.32	43.59	41.07	39.53	39.14	38.82
Refus %		2.74	9.71	19.47	27.13	39.21	45.65	51.83	54.68	56.41	58.93	60.47	60.86	61.18

DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Paramètres :

Densimètre :
h = 155.74 mm
V_s = 64.1 ml
N = 26.68 mm
Facteurs correcteurs :
C_m = -0.2
R'_0 = 0.00
Éprouvette : L = 331.00 mm

Masse volumique :
ρ_s = 2.687 Mg/m³
Conventionnelle : X
Mesurée :

Résultats :

Temps (h:min:s)	Lecture R'_h	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H_r (mm)	K_h (%)	ø équiv D (µm)
00:01:00	15.1	23.7	0.9	15.10	150.33	38.5%	50.10
00:02:00	14.9	23.7	0.9	14.90	151.10	38.0%	36.52
00:05:00	14.5	23.7	0.9	14.50	152.65	37.0%	22.58
00:10:00	14.0	23.7	0.9	14.00	154.59	35.7%	15.06
00:20:00	13.4	23.4	0.9	13.40	156.90	34.2%	11.48
00:40:00	12.6	23.3	0.9	12.60	160.00	32.1%	8.21
01:20:00	11.7	23.1	0.9	11.70	163.48	29.8%	5.88
04:30:00	10.0	24.1	0.9	10.00	170.05	25.5%	3.23
23:59:59	8.8	22.0	1.0	8.80	174.69	22.4%	1.45

Observations :

fondasol

FTQ 243-104
V9 du 12/3/2021

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION

(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : MONSWILLER

N° d'affaire : MSGT.23.0162 — **Laboratoire :** ARGENTEUIL

Quantité de matériau Normalisée:

Sondage : PM10
Profondeur (m) 0.00 à 1.80 m
Cote (m) : à m
Profondeur moyenne : 0.9 m

Date d'essai de prélèvement : 29/06/2023
Date de réception : 06/07/2023
Mode de prélèvement : Pelle mécanique
Date d'essai : 19/07/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 : A1m

Nature du sol selon Classification granulométrique : grave limoneuse marron

Nature du sol : grave limoneuse marron

% de passant à :
50 mm = 100.00% — 2 mm = 49.26%
20 mm = 73.59% — 80 µm = 37.81%
5 mm = 54.66% — 63 µm = 37.12%

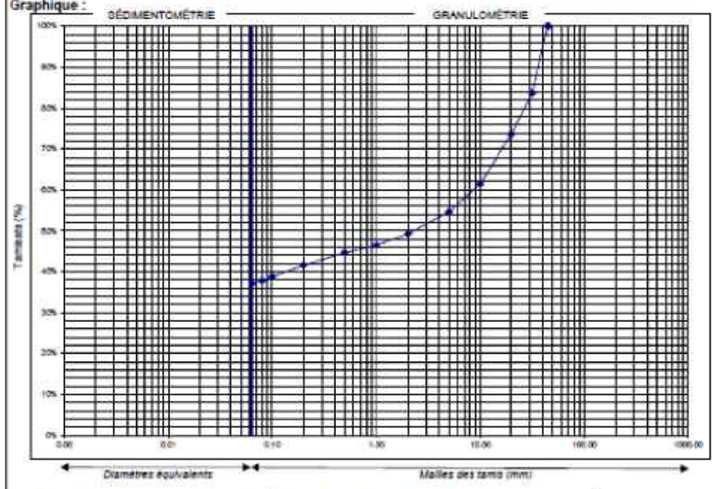
Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 50 mm

% estimé d'éléments > d_m

Température d'étuvage : 105°C

Plus gros élément : Dmax = 46 mm

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	83.66	73.59	61.48	54.66	49.26	46.56	44.68	41.57	38.82	37.81	37.12
Refus %				16.34	26.41	38.52	45.35	50.74	53.44	55.35	58.43	61.18	62.19	62.88

Observations :

www.groupefondasol.com

AGENCE ALSACE – FRANCHE COMTE

BP 28060

67038 – STRASBOURG CEDEX

☎ 03.88.76.00.36

strasbourg@groupefondasol.com

530 avenue René Jacot

25460 ETUPES

☎ 03.81.91.77.92

montbeliard@groupefondasol.com

3. Annexe 3 : Étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables

L'étude « Projet d'extension du site industriel Kuhn à Monswiller : Étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables » a été mise à jour en septembre 2024, elle est composée de 43 pages.

le conseil egis

- 1/43 -

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION 2

II. RAPPEL DES BESOINS 3

II.1. PRÉSENTATION DU PROJET 3
II.2. BESOINS ÉNERGÉTIQUES PRÉVISIONNELS 6
II.2.1. BESOINS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE 6
II.2.2. BESOINS ÉLECTRICITÉ CONVENTIONNELLE 7
II.3. DONNEES METEOROLOGIQUES 7

III. ETUDE PRÉLIMINAIRE D'OPPORTUNITÉ 8

III.1. ÉNERGIE SOLAIRE 8
III.1.1. POTENTIEL LOCAL 8
III.1.2. SOLAIRE THERMIQUE 9
III.1.3. SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE 10
III.2. EOLIEN 11
III.2.1. GRAND ET MOYEN ÉOLIEN 11
III.2.2. PETIT ÉOLIEN 13
III.2.3. EOLIEN URBAIN 14
III.3. ENERGIE HYDRAULIQUE 15
III.4. MÉTHANISATION DES DÉCHETS 16
III.5. BOIS ÉNERGIE 17
III.5.1. CHAUFFERIE PLAQUETTE 17
III.5.2. CHAUFFERIE À GRANULÉS DE BOIS 17
III.5.3. COGÉNÉRATION BOIS 17
III.6. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR 19
III.6.1. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USÉES URBAINES 19
III.6.2. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USÉES DU PROJET 20
III.6.3. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR PROCESS 21
III.7. GÉOTHERMIE 23
III.7.1. GÉOTHERMIE SUR NAPPE 23
III.7.2. GEOTHERMIE SUR PIEUX 25

IV. SYNTHÈSES DES PISTES ÉNERGÉTIQUES 26

V. ETUDE DES SOLUTIONS TECHNIQUES 28

V.1. SOLUTION DE RÉFÉRENCE - CHAUFFERIES GAZ 28
V.2. SCENARIO 1- CHAUFFERIE GAZ, SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAIQUE 30
V.3. SCENARIO 2- CHAUFFERIE GAZ, SOLAIRE THERMIQUE, GÉOTHERMIE ET PHOTOVOLTAIQUE 34
V.4. SCENARIO 3 - CHAUFFERIE BOIS ET PHOTOVOLTAIQUE 37

VI. FOCUS SUR L'ACHAT D'ÉNERGIE VERTE 40

VII. CONCLUSION 41

Étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergie renouvelable – Septembre 2024

PROJET D'EXTENSION DU SITE INDUSTRIEL DE L'ENTREPRISE KUHN A MONSWILLER

Étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables – septembre 2024

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION 2

II. RAPPEL DES BESOINS 3

II.1. PRÉSENTATION DU PROJET 3

II.2. BESOINS ÉNERGÉTIQUES PRÉVISIONNELS 6

II.2.1. BESOINS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE 6

II.2.2. BESOINS ÉLECTRICITÉ CONVENTIONNELLE 7

II.3. DONNEES METEOROLOGIQUES 7

III. ETUDE PRÉLIMINAIRE D'OPPORTUNITÉ 8

III.1. ÉNERGIE SOLAIRE 8

III.1.1. POTENTIEL LOCAL 8

III.1.2. SOLAIRE THERMIQUE 9

III.1.3. SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE 10

III.2. EOLIEN 11

III.2.1. GRAND ET MOYEN ÉOLIEN 11

III.2.2. PETIT ÉOLIEN 13

III.2.3. EOLIEN URBAIN 14

III.3. ENERGIE HYDRAULIQUE 15

III.4. MÉTHANISATION DES DÉCHETS 16

III.5. BOIS ÉNERGIE 17

III.5.1. CHAUFFERIE PLAQUETTE 17

III.5.2. CHAUFFERIE À GRANULÉS DE BOIS 17

III.5.3. COGÉNÉRATION BOIS 17

III.6. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR 19

III.6.1. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USÉES URBAINES 19

III.6.2. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USÉES DU PROJET 20

III.6.3. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR PROCESS 21

III.7. GÉOTHERMIE 23

III.7.1. GÉOTHERMIE SUR NAPPE 23

III.7.2. GEOTHERMIE SUR PIEUX 25

IV. SYNTHÈSES DES PISTES ÉNERGÉTIQUES 26

V. ETUDE DES SOLUTIONS TECHNIQUES 28

V.1. SOLUTION DE RÉFÉRENCE - CHAUFFERIES GAZ 28

V.2. SCENARIO 1- CHAUFFERIE GAZ, SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAIQUE 30

V.3. SCENARIO 2- CHAUFFERIE GAZ, SOLAIRE THERMIQUE, GÉOTHERMIE ET PHOTOVOLTAIQUE 34

V.4. SCENARIO 3 - CHAUFFERIE BOIS ET PHOTOVOLTAIQUE 37

VI. FOCUS SUR L'ACHAT D'ÉNERGIE VERTE 40

VII. CONCLUSION 41

I. INTRODUCTION

Le présent document est rédigé par EGIS Conseil pour la réalisation d'une étude de potentiel en énergies renouvelables et de récupération sur l'extension de l'entreprise KUHN à Monswiller sur la ZA de la Faisanderie.

Cette étude s'inscrit dans le cadre réglementaire défini par l'article L.300-1 du Code de l'Urbanisme stipulant que « toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

Cette étude de faisabilité favorise l'intégration par les projets d'aménagement des potentiels de développement des énergies renouvelables repérés au niveau de la zone dans laquelle se trouve le projet.

Dans ce document les étapes suivantes seront détaillées :

- Analyse des besoins prévisionnels du site permettant d'affiner les choix énergétiques et des données contextuelles
- Inventaire des potentialités naturelles du site et des sources d'énergies disponibles, permettant de dégager les solutions les plus pertinentes
- Hiérarchisation des solutions en fonction du potentiel local

L'objectif est de dégager les sources énergétiques renouvelables et de récupération les plus pertinentes pour leur développement sur le projet.

Une évaluation des besoins des constructions futures est réalisée et confrontée au potentiel des sources d'énergies suivantes :

Énergies renouvelables :

Solaire

Éolien

Géothermie

Hydraulique

Méthanisation

Bois énergie

Énergies de récupération :

Raccordement aux réseaux urbains existants

Récupération d'énergie sur les eaux usées passant dans un collecteur de la station d'épuration

Récupération d'énergie sur les productions frigorifiques (Data Center, centres commerciaux, logistique)

II. RAPPEL DES BESOINS

II.1. PRÉSENTATION DU PROJET

Le projet d'aménagement s'intègre dans le développement économique et démographique de la communauté de communes de la région de Saverne. Pour cela, l'entreprise KUHN envisage la création d'une extension du site actuel, implanté sur la zone d'activités (ZA) de la Faisanderie à Monswiller. Ce site s'étend sur 34 hectares ; il a progressivement été aménagé depuis 1999 (KUHN MGM SAS, KUHN PARTS, KUHN CENTER FOR PROGRESS).

L'implantation et l'extension de **l'entreprise KUHN s'inscrit dans le principal axe de développement économique du territoire** de la communauté de communes. La localisation des entreprises de la commune reflète des logiques d'implantations au fil du temps et des progrès technologiques (implantation de Goldenberg en 1835, de Haemmerlin en 1949 en bordure de la RD 6, et création de la zone du Martelberg pour accueillir YAMAHA en 1988).

Figure 1: Vue aérienne du site de la Faisanderie, incluant la zone concernée par l'agrandissement (en liseré vert)

Le terrain de l'extension du site de la Faisanderie à Monswiller est bordé :

- Au Nord, par la clôture qui sépare la zone d'activités de la Faisanderie où sont implantées les installations de la société Kuhn du massif forestier ;
- À l'Est par la tranchée routière de la RD 1404 ;
- Au Sud par la RD 421 ;
- A l'Ouest par la voie communale dénommée rue du Martelberg délimitant la zone d'activités éponyme.

Figure 2 : Plan du projet d'extension

Figure 3 : Plan de l'extension et des différentes phases de construction des bâtiments

Le tableau ci-dessous synthétise les usages et surfaces des bâtiments

n°	bâtiment	usage	Date construction prévisionnelle	Réglementation applicable	SDP
					m²
1a	Bâtiment KPARTS	stockage	2032	-	8 000
1b	SAV	stockage	2035	-	6 000
2	Montage de machines agricoles	Atelier	2035	RE2020	12 000
3	Montage de machines agricoles		2029		15 000
4	Accrochage + grenailleuse		2029		15 000
5	Tunnel convoyeur	Transfert	2029	-	800
6	Bâtiment administratif	Bureaux	2035	RE2020	9 900
7	Atelier Essais	Atelier	2035	RE2020	7 500
8	Bâtiment Test		2029		6 800
9	Atelier Essais		2029		5 000
10	Bâtiment administratif R&D	Bureaux	2029	RE2020	6 800
11	Restaurant d'entreprise	RIE	2029	RE2020	5 000
13	Extension de la logistique MGM	Atelier	2028	RE2020	2 313

En complément, un parking VL de 8500 m² sera créé à proximité du bâtiment 11.

II.2. BESOINS ÉNERGÉTIQUES PRÉVISIONNELS

Les projets de bâtiments sont envisagés avec des performances énergétiques réglementaires au moment de leur construction pour les halls, et avec des objectifs plus ambitieux pour les bâtiments bureaux et locaux sociaux.

Il a donc été retenu une hypothèse RE2020 avec recherche d'optimisations supplémentaires concernant la mise en œuvre d'énergies renouvelables.

Il a été considéré :

- Type 1 : bureaux (8h/18h)
- Type 2 : restauration (1 repas/j ; 5j/7j)
- Type 3 : process (8h/18h)
- Type 4 : locaux non chauffés

Les besoins énergétiques évalués ci-dessous sont de quatre types principaux

- Besoins de chauffage
- Besoins d'eau chaude sanitaire : ils ne dépendent très peu de la conception des bâtiments, le facteur d'influence principal étant l'occupation du bâtiment
- Besoins de froid : il n'a pas été considéré de besoins de froid à ce stade
- Besoins d'électricité : ensemble des postes réglementaires consommant de l'électricité (éclairage, ventilation, auxiliaires, mobilité interne au bâtiment)

Type activité	Cep max	Dont chauffage	Dont ECS	Dont froid	Dont élec (conventionnelle)
	kWh ep/an.m² SHON RT	kWhef/an.m² SHON RT	kWhef/an.m² SHON RT	kWhef/an.m² SHON RT	kWhef/an.m² SHON RT
Bureaux	102	48	7	0	20
Restauration	141	90	10	0	47
Process	185*	25	3	0	68
Locaux non chauffés	SO	0	0	0	50

**Données non disponibles pour la RE2020. Projections basées sur la RT 2012*

Ces besoins sont évalués sur la base des simulations types disponibles sur le site suivant pour la zone H1b https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/definition-des-exigences-re2020-applicables-a-de-a702.html

Il n'a pas été considéré de besoins de froid. Les consommations électriques évaluées concernent l'éclairage, la mobilité des occupants interne au bâtiment, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation.

Les ateliers représentent la plus grande partie des consommations énergétiques étant donné qu'il représente une surface de 63 600 m² contre 16 700 m² pour les bureaux et environ 5000 m² pour le restaurant de l'entreprise.

II.2.1. BESOINS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Les besoins de chauffage varient fortement selon la typologie du bâtiment. Les consignes de température

diffèrent fortement en fonction des usages. Le bilan calorifique du projet est estimé en fonction des ratios de consommation de chaque usage des différents bâtiments et leurs surfaces.

Pour l'ensemble du projet, les consommations estimées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont les suivantes.

Consommations chauffage MWh ef	Consommations ECS MWh ef
2 998	**416**

II.2.2. BESOINS ÉLECTRICITÉ CONVENTIONNELLE

Les consommations conventionnelles estimées pour la ventilation, les auxiliaires et l'éclairage sont les suivantes :

Consommations électriques conventionnelles MWh ef
5662

II.3. DONNEES METEOROLOGIQUES

La climatologie a une influence considérable sur la demande en énergie. Les températures moyennes, l'insolation et les caractéristiques des vents dominants ont un impact majeur sur la demande énergétique des bâtiments.

Par ailleurs, le potentiel de développement en énergies renouvelables est également largement dépendant des conditions météorologiques locales (exemple : solaire thermique).

La station de Strasbourg sera notre station de référence.

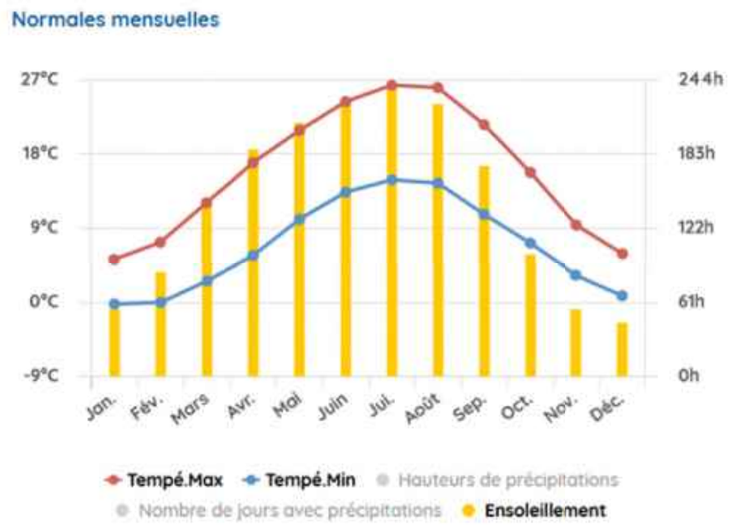


Figure4 : Données climatiques de la station de Strasbourg (Source : Météo France)

III. ETUDE PRÉLIMINAIRE D'OPPORTUNITÉ

III.1. ÉNERGIE SOLAIRE

III.1.1. POTENTIEL LOCAL

Afin de connaître le potentiel local, plusieurs facteurs peuvent être étudiés. Dans cette étude nous avons pris en compte :

- **La durée d'ensoleillement** (Source : Météo France) ;
- **L'irradiation globale horizontale (IGH) (Source : logiciel Calsol) ;**

  Celle-ci est définie par l'énergie lumineuse réelle reçue du Soleil à la surface de la Terre durant une période donnée en tenant compte des phénomènes météorologiques.
- **L'irradiation totale reçue en une année par une surface d'un m² inclinée de 35°** (Source : logiciel PVGIS).

  Ce logiciel PVGIS propose des données d'ensoleillement directement sur la zone d'étude grâce à un algorithme permettant d'estimer l'irradiation en fonction des données mensuelles moyennes relevées pour des ciels dégagés et couverts, en fonction des ombrages dus au relief. Les résultats sont ensuite croisés avec une autre base de données européenne reprenant des données relevées au niveau du sol.

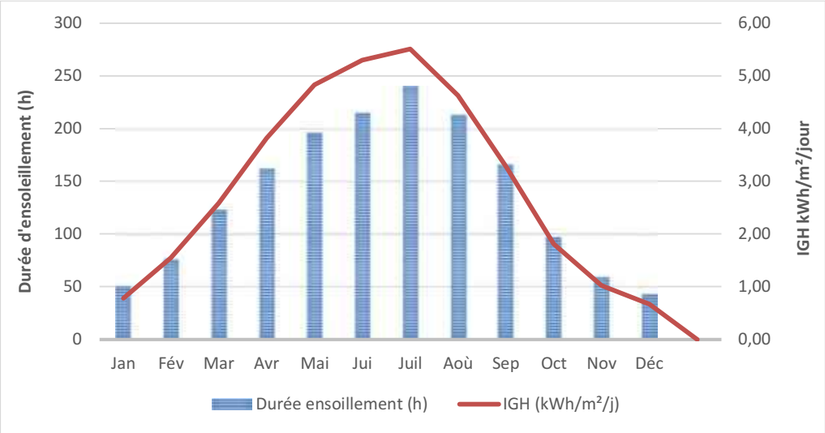


Figure 5 : Ensoleillement et irradiation moyenne globale de la ville de Strasbourg

La station de référence révèle une durée d'ensoleillement de **1 639 h**, d'une IGH moyenne de **2,99 kWh/m²/jour** et quant à l'irradiation totale reçue en une année sur 1m² incliné à 35°, celle-ci atteint **1 346 kWh**

Le potentiel régional en énergie solaire est favorable aux installations de type solaire thermique ou photovoltaïque : c'est une ressource exploitable pour le site. Cependant il faut néanmoins considérer :

- **L'orientation et l'exposition**

Les bâtiments, dont l'orientation de la toiture est en deçà du sud-est et au-delà du sud-ouest, sont considérés comme n'étant pas favorables à l'implantation de capteurs solaires.

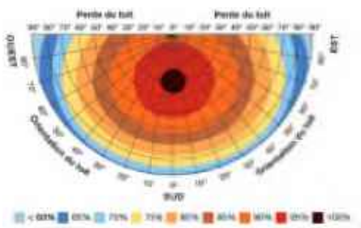


Figure 6 : Optimum d'inclinaison et d'orientation d'un panneau solaire

- **Les priorités sur l'occupation des espaces disponibles**

Un arbitrage sera nécessaire entre les différentes fonctions de la toiture : production solaire thermique ou photovoltaïque, autres installations techniques, rétention d'eau, végétalisation, accessibilité aux occupants, etc.

III.1.2. SOLAIRE THERMIQUE

La technologie solaire thermique consiste à récupérer de l'énergie solaire, connue pour son intermittence, afin de répondre à des besoins.

Les capteurs solaires transforment le rayonnement solaire en chaleur grâce à un absorbeur : un corps noir caractérisé par des propriétés d'absorption très élevées et d'émissivité très basse. Celui-ci transfère la chaleur à un fluide caloporteur circulant au travers de chacun des capteurs.

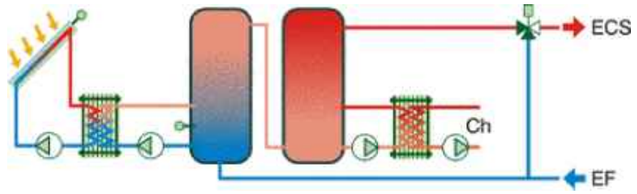


Figure 7 : Schéma d'un dispositif du solaire thermique

Lorsque la différence de température entre la sonde du capteur et la sonde en fond de ballon dépasse quelques degrés, les circulateurs s'enclenchent.

Le fluide caloporteur, circulant dans le circuit primaire, achemine alors l'énergie solaire depuis les capteurs vers le ou les ballons de stockage à travers un échangeur. Les installations sont ainsi dimensionnées au regard des besoins. Ces derniers se différencient en deux catégories :

- **Les besoins calorifiques**

Après avoir capté l'énergie solaire, la chaleur ainsi produite alimente le réseau d'ECS ou de chauffage du bâtiment permettant de couvrir une partie des besoins d'eau chaude sanitaire et de chauffage.

- **Les besoins frigorifiques**

L'énergie délivrée par les systèmes solaires peut également être utilisée par des machines de production de froid ou de traitement d'air pour produire de l'énergie frigorifique permettant d'assurer le rafraîchissement des locaux

Cette solution généralement est économiquement intéressante pour des bâtiments disposant d'un besoin en eau chaude suffisamment important et régulier.

Application au projet

Les besoins d'eau chaude sanitaire ne représentent qu'une faible part des consommations énergétiques de l'extension soit environ 400 MWh. Il n'est donc pas pertinent d'installer des panneaux solaires thermiques car ils nécessitent un investissement financier très important.

Potentiel de la ressource : Localement important avec des surfaces disponibles

Pertinence : Faible sauf sur le restaurant d'entreprise

III.1.3. SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Le solaire photovoltaïque consiste à transformer l'énergie solaire en énergie électrique par l'intermédiaire de cellules photovoltaïques. Ces cellules peuvent être disposées sur des panneaux rigides ou intégrées dans un support souple.

L'installation est raccordée au réseau pour la revente de l'électricité ou stockée dans une batterie pour un équipement autonome. Les différentes applications des panneaux permettent de diversifier leurs usages surs :

- **Bâtiment** (Toiture, garde-corps, terrasse, brise-soleil, verrière, façade, bardage, pergola)
- **Mobilier urbain** (luminaires solaire autonomes)

L'utilisation de luminaires autonomes vise à répondre à de petits besoins électriques et alimenter des appareils électriques. Ce type d'installation peut ainsi garantir l'autonomie énergétique d'un lampadaire. Il sera nécessaire d'étudier les ombrages afin de déterminer la production solaire des différents lampadaires selon leur lieu d'installation.

Limite réglementaire

Il n'y a pas de contrainte réglementaire locale particulière pour la mise en place de panneaux photovoltaïques.

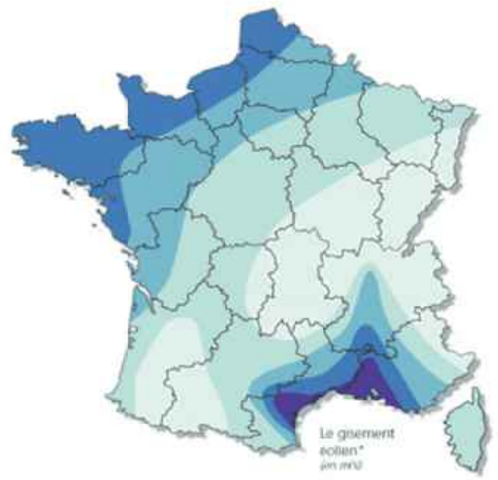
Potentiel de la ressource : Localement important

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Oui la revente de l'électricité est envisageable

Pertinence : Forte sur la majorité des bâtiments et en ombrière sur les parkings.

III.2. EOLIEN

Tout comme la mise en place de systèmes cités précédemment, l'implantation d'éolienne peut représenter une opportunité pour la production locale d'électricité.



	Vitesse des vents (m/s)
Zone 1	< 4,5
Zone 2	4,5 – 5,5
Zone 3	5,5 – 6,5
Zone 4	6,5- 7,5
Zone 5	> 7,5

Figure 8 : Vitesse du vent en France (Source : ADEME)

L'emplacement du projet se situe en zone 2, soit une vitesse de vent de l'ordre de 4,5 à 5,5m/s.

Afin d'étudier au mieux le potentiel éolien, nous avons différencié les nombreuses technologies :

- Petit éolien – hauteur inférieure à 12 mètres (de moins de 1 kW jusqu'à 36 kW)
- Moyen éolien – hauteur comprise entre 12 et 50 mètres (de 36 kW à 250 kW)
- Grand éolien – hauteur supérieure à 50 mètres (de plus de 250 kW)

Nous avons choisi de regrouper les deux dernières technologies étant donné leurs nombreuses similitudes, notamment au niveau réglementaire.

III.2.1. GRAND ET MOYEN ÉOLIEN

D'après le SCRAE (schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie), le niveau minimum requis pour la validation administrative d'une proposition de ZDE est d'une vitesse supérieure de 4,5 m/s à 100 m de hauteur.

La cartographie ci-dessous permet de visualiser les zones favorables au développement de l'éolien en Alsace.

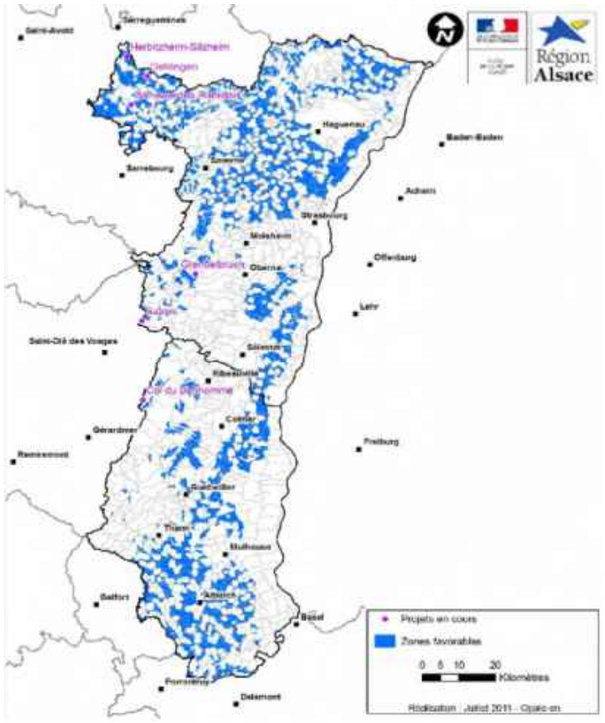


Figure 9 : Carte des zones favorables au développement de l'éolien en Alsace (Source : La SCRAE)

L'ensemble des projets alsaciens ayant fait l'objet d'un dépôt de permis de construire fin 2011 se trouvent en zones favorables.

Application au projet :

L'extension du site Kuhn est prévue sur 34 ha de forêt (une partie de la Forêt Domaniale de Saverne), le projet va entrainer le défrichement de la majorité de ces 34 ha pour y implanter l'extension du site industriel de la Faisanderie.

Les projets éoliens en forêt sont plus contraignants que ceux développés en milieu agricole, la zone étudiée se situe dans une catégorie avec des contraintes réglementaires et d'incompatibilités. Dans une démarche du respect de la biodiversité et les richesses environnementales, l'installation des éoliennes n'est donc pas envisageable.

Des études locales (étude d'impact) sont toujours nécessaires au regard des enjeux mesurés à l'échelle du projet. Elles sont toujours exigées réglementairement dans le cadre du droit électrique (ZDE), du droit de l'urbanisme (permis de construire) et du droit de l'environnement (installations classées), voire d'autres droits dans le cadre de demandes spécifiques.

Potentiel de la ressource : Faible

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Oui

Pertinence : Faible

III.2.2. PETIT ÉOLIEN

Le petit éolien est généralement utilisé pour produire de l'électricité et alimenter des appareils de manière économique et durable, principalement en milieu rural ou en site isolé.

De manière générale, le gisement éolien local est limité à cause de la vitesse de vents dans cette zone urbaine. Lorsque le territoire est fortement urbanisé, celui-ci se prête mal à l'exploitation de l'énergie éolienne, notamment à cause de la rugosité de la zone.

Dans cette étude de potentiel, les nombreuses contraintes tendent à nous orienter vers les éoliennes du type Darrieus/Savonius en toiture du bâtiment.

Les éoliennes de type Darrieus/Savonius peuvent être soit installé en toiture, soit sur un pylône adjacent au bâtiment. Très peu bruyante, celles-ci ont été conçues pour s'adapter au mieux avec les contraintes engendrées par les turbulences du milieu urbain mais leur performance reste encore limitée.

Figure 10 : Exemples d'application de micro-éolien sur luminaire

Une micro-éolienne à axe horizontal peut également être envisagée. Les contraintes sont globalement les mêmes que pour le type Darrieus/Savonius. Grâce à leur design, elles peuvent fonctionner avec des vents provenant de toutes les directions et sont moins soumises aux perturbations que les éoliennes à axe horizontal. Elles sont relativement silencieuses et peuvent facilement s'intégrer au design des bâtiments.

Concernant l'électricité produite, au regard du faible volume produit, il est plus pertinent de l'autoconsommer.

Pour dimensionner précisément le potentiel éolien de la zone, une étude de vents est obligatoire.

Application au projet

La rentabilité de ce type d'installation est faible voire nulle. En effet, l'investissement est très important par rapport à la production d'électricité. Cependant, cette solution semble envisageable dans le cas où le maître d'ouvrage souhaite s'inscrire dans une vision forte et visible de production d'électricité de source renouvelable.

Potentiel de la ressource : Faible

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Oui électricité uniquement mais peu pertinent

Pertinence : Faible

III.2.3. EOLIEN URBAIN

De nouvelles solutions techniques adaptées à des milieux urbanisés émergent et trouvent toute leur pertinence sur certaines zones contraintes.

On peut notamment citer une startup française qui propose un module compact composé d'une turbine éolienne horizontale et de deux panneaux solaires. Ce module de 4m² de largeur pour 1,6m de hauteur est à mettre en place sur l'acrotère de la toiture du bâtiment afin qu'il puisse bénéficier de l'écoulement accéléré du vent contre le bâtiment et d'une bonne exposition au soleil.

Le module peut produire 2000 kWh grâce à l'énergie éolienne et 800 kWh par énergie solaire pour un total de 2800 kWh/an en tout.

Les contraintes pour la mise en place de ce type de module sont les suivantes :

- Une zone venteuse ;
- Une hauteur minimale de 8m ;
- Une densité urbaine modérée ;
- Une bonne orientation par rapport aux couloirs de vent majoritaires.

Figure 11 : système Wind My Roof

Application au projet

Tous les critères semblent pouvoir être réunis, notamment sur le Magasin Grande Hauteur (1) pour envisager un équipement de ce type. Il pourrait venir en complément des installations solaires évoquées précédemment.

Cependant, la production resterait anecdotique par rapport aux enjeux globaux.

Potentiel de la ressource : Faible

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Oui électricité uniquement

Pertinence : Faible

Impact de l'éolien par rapport aux chauves-souris présentes sur le site :

Les impacts de ce type d'installation n'ont pas été étudiés car non envisagés. Cependant, l'installation, même de petites éoliennes, compte tenu de l'enjeu chiroptère très fort sur la zone d'étude, pourrait avoir un impact sur les populations locales de chiroptères. Afin de réduire, voire de supprimer ce risque d'impact sur les chiroptères, en cas d'installation de petites éoliennes, l'arrêt temporaire des éoliennes pendant les périodes critiques (du crépuscule jusqu'à 5h du mois d'avril au mois de novembre) sera programmé.

III.3. ENERGIE HYDRAULIQUE

L'énergie hydroélectrique est une énergie électrique renouvelable qui est issue de la conversion de l'énergie hydraulique en électricité. L'énergie cinétique du courant d'eau, naturelle ou générée par la différence de niveaux, est transformée en énergie mécanique par une turbine hydraulique, puis en énergie électrique par une génératrice électrique synchrone ou asynchrone.

Il est également possible de considérer le collecteur menant à la station d'épuration (STEP) pour la mise en place d'une micro-hydrolienne.

Figure 12 : Carte des installations d'énergies marines renouvelables en Alsace

Il existe 10 grandes centrales hydroélectriques et 2 petites centrales qui jalonnent le Rhin entre Bâle et Lauterbourg, sur près de 185 kilomètres de frontière commune entre la France, la Suisse et l'Allemagne. Celles-ci, exploitées par EDF produisent en moyenne chaque année plus de 8 milliards de kWh, soit l'équivalent de la moitié de la consommation électrique de l'Alsace (1,8 millions d'habitants).

Figure 13 : Exemple de centrale hydroélectrique à Strasbourg

Application au projet

Le projet n'est pas à proximité directe du Rhin pour envisager le montage d'un projet de production hydroélectrique.

Potentiel de la ressource : Faible

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non

Pertinence : Nul

III.4. MÉTHANISATION DES DÉCHETS

La méthanisation (ou « digestion anaérobie ») est une technologie basée sur la dégradation par des micro-organismes de la matière organique, en conditions contrôlées et en l'absence d'oxygène.

Cette dégradation effectuée au sein d'une cuve appelée « digesteur » aboutit à la production :

- D'un produit humide, le « digestat », riche en matière organique partiellement stabilisée. Sous réserve de respect d'exigences de qualité agronomique et sanitaire, il est susceptible d'être épandu sur des terres agricoles ou peut devenir, après une phase de compostage et de maturation, un amendement organique;
- De biogaz, mélange gazeux composé d'environ 50% à 70% de méthane, qui, épuré et enrichi, peut être valorisé sous différentes formes (électricité, chaleur, carburant) en tant qu'énergie de récupération.

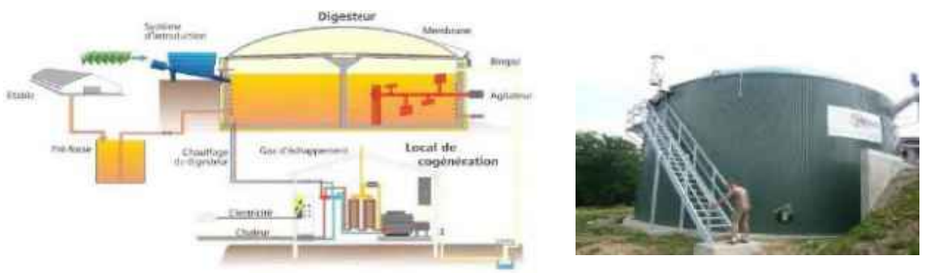


Figure 14: Illustration d'une installation de méthanisation

L'espace nécessaire pour une telle installation est conséquent avec une surface importante puisque celle-ci doit atteindre au minimum 3000m² au sol (pour les installations collectives de micro-méthanisation) et un raccordement au réseau gaz à proximité ou la création d'un réseau de chaleur pour valoriser l'énergie thermique produite par la cogénération.

De plus afin de garantir la rentabilité de la ressource, la méthanisation des déchets n'est envisageable que si, dans un périmètre d'une dizaine de kilomètres autour de la zone d'études, une densité importante de production de déchets fermentescibles s'y trouve.

Cette solution ne peut être mise en place que dans le cadre d'un projet plus global.

Application au projet

Compte tenu de la faible production de déchets au sein du site, le biodéchets est trop limité pour un projet de ce type.

Potentiel de la ressource : Faible

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non

Pertinence de la solution : Nul

III.5. BOIS ÉNERGIE

Le bois énergie peut être utilisé en implantant une chaufferie bois spécifique alimentant l'ensemble du site. Cependant, l'espace de stockage pour subvenir aux besoins en période hivernale est conséquent si l'on veut utiliser l'énergie bois à son maximum durant cette période. Les impacts sur le projet concernent notamment la nécessité d'une surface importante pour l'implantation de la chaufferie avec silo (pour stocker le bois).

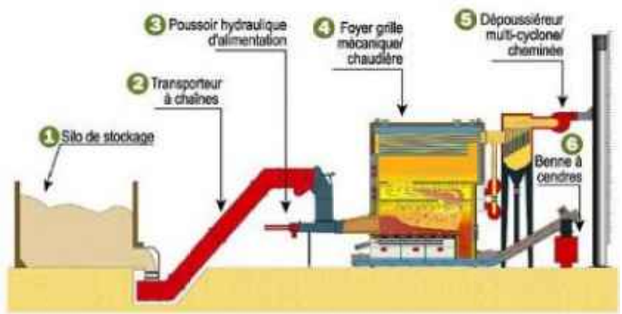


Figure 15 : Schéma de principe bois énergie

III.5.1. CHAUFFERIE PLAQUETTE

Une chaufferie plaquette utilise le combustible bois sous la forme de plaquettes forestières ou bois déchiqueté, fabriqués par simples découpes. La proximité de la ressource sera privilégiée pour ne pas annuler le bénéfice énergétique et environnemental par des coûts de transport.

III.5.2. CHAUFFERIE À GRANULÉS DE BOIS

La chaufferie à granulés de bois fait appel à un combustible issu du compactage des sous-produits de la transformation du bois (comme la sciure ou les copeaux) qui sont affinés, séchés et ensuite compressés pouvant alimenter chaudière, poêle et insert. Ce type de chaufferie a généralement un intérêt financier pour des puissances inferieures à 500kW.

III.5.3. COGÉNÉRATION BOIS

La cogénération bois permet la production locale d'électricité. Avec un rendement électrique de l'ordre de 35% et un rendement thermique de l'ordre de 50%, ce système assure de bonnes performances. Cependant, les quantités de bois utilisés seront importantes comparativement à une chaufferie bois classique pour la production de la même quantité d'énergie thermique.

Application au projet

Les forêts du Grand Est, une ressource abondante avec 1,9 million d'hectares, la forêt couvre le tiers du territoire régional et représente 12 % des surfaces forestières nationales. La région Grand Est constitue ainsi une vaste région forestière, qui se situe au quatrième rang des régions les plus boisées de France

La forêt publique représente la majorité des surfaces forestières de la région (59%), contrairement à la situation constatée pour l'ensemble de la France métropolitaine, où la forêt privée domine (74% des surfaces). Le Grand Est compte un quart des forêts domaniales de l'hexagone et se situe, sur ce plan, au premier rang des régions.

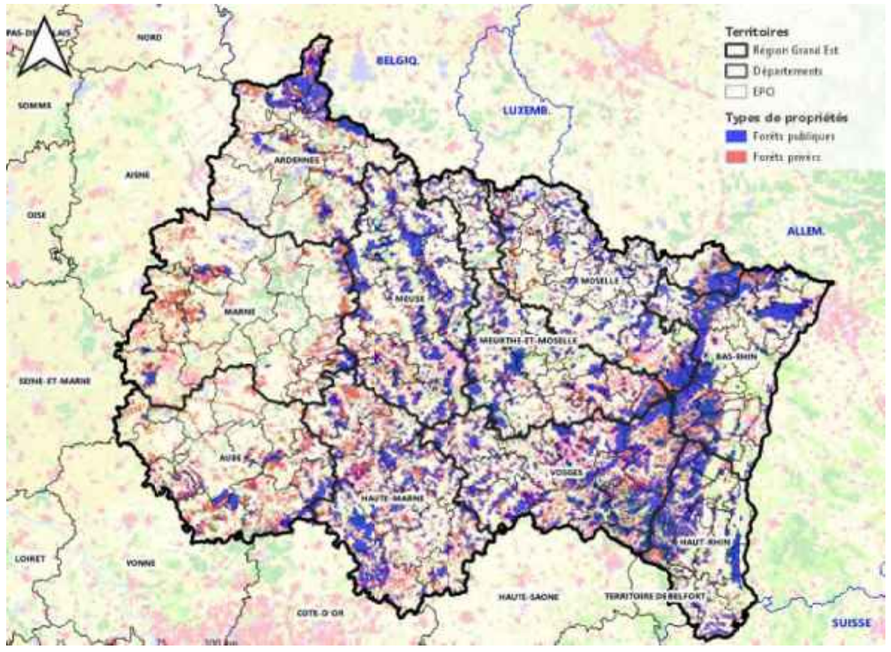


Figure 16 :Forêts publiques et privées en région Grand Est (CLC, 2012 – ONF,2018)

L'utilisation de cette ressource est donc envisageable localement.

Potentiel de la ressource : Fort

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non potentiel limité au site

Pertinence de la solution : Fort

III.6. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR

III.6.1. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USÉES URBAINES

Les effluents d'eaux usées peuvent être considérés comme des sources potentielles d'énergie, notamment thermique.

D'une température oscillant entre 10 et 20 °C durant toute l'année, les eaux usées recèlent de grandes quantités d'énergie.

- En hiver, elles sont nettement plus chaudes que l'air extérieur et de la chaleur peut en être récupérée.
- En été, l'inverse se produit et le bâtiment peut être rafraîchi. La récupération de la chaleur de ces eaux repose sur une technologie simple, maîtrisée et écologique.

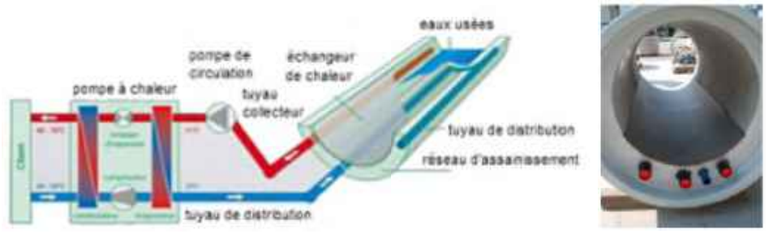


Figure 17 : Schéma de fonctionnement de récupération de chaleur des eaux usées

Grâce à un système d'échange de chaleur intégré dans le collecteur allant à la station d'épuration, de la chaleur peut être récupérée sur les eaux usées. L'échangeur de chaleur refroidit les eaux usées d'environ 1 à 2°C.

L'énergie est transportée par un fluide caloporteur (eau) de l'échangeur vers les pompes à chaleur. Celles-ci vont ensuite :

- Soit augmenter la température pour produire de l'eau chaude permettant une utilisation en chauffage urbain, en chauffage de l'eau chaude sanitaire,
- Soit baisser la température pour produire de l'eau glacée pour le rafraichissement des espaces.

La chaleur, qui en émane, peut être récupérée :

- Soit directement sur les eaux usées brutes circulant dans les canalisations. Les systèmes de récupération sur eaux usées permettent, via un échangeur thermique, de récupérer les calories dans les canalisations d'évacuations d'eaux usées et de les transférer aux bâtiments via une pompe à chaleur.
- Soit sur les eaux traitées par les stations d'épuration.

Lorsqu'il existe une station d'épuration (STEP) à proximité du site, on peut envisager une récupération de chaleur sur :

- Le collecteur d'eaux usées (amont) ;
- Les effluents (aval) ;
- Des bâches de stockage des eaux.

Les échangeurs de chaleur utilisés pour transférer la chaleur des eaux usées sont :

- Soit insérés dans la structure des canalisations
- Soit localisés dans des bâches en dérivation.

Les conditions techniques pour permettre une récupération optimale sont les suivantes :

- **Débit minimal de 15L/s sur le tronçon**
- **Diamètre du tronçon supérieur ou égal à 80 cm (phi 800)**
- **Distance de 300m entre la récupération et la zone d'utilisation.**

Nota : l'échangeur de chaleur ne doit pas refroidir les eaux usées de plus de 3°C sous peine d'impacter le fonctionnement des processus de la station d'épuration.

Application au projet

La station d'épuration la plus proche de la zone d'étude est Saverne Monswiller située à quelques kilomètres du site. Le diamètre du collecteur d'eaux usées à proximité immédiate du site est insuffisant pour ce type de projet.

Enfin, compte tenu des faibles consommations d'ECS internes de la zone d'activité, une récupération de chaleur sur un collecteur propre au site n'est pas envisageable.

Potentiel de la ressource : Faible

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non potentiel limité au bâtiment

Pertinence : Nul

III.6.2. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USÉES DU PROJET

Ce type d'équipement est constitué d'un échangeur eau/eau et d'une pompe à chaleur. Il présente un intérêt pour les cas où il existe, sur un même bâtiment, rejets et besoins d'eau chaude.

Les eaux usées sont filtrées (graisses et résidus) puis stockées dans une cuve isolée à 30°C. Les eaux usées passent dans la PAC (Module thermodynamique) à une température moyenne de 30°C et ressortent à 7°C. L'eau provenant d'un ballon de préchauffage passe, via le circuit condenseur de la PAC (module thermodynamique) de 10°C à 58°C pour la production d'eau chaude sanitaire.

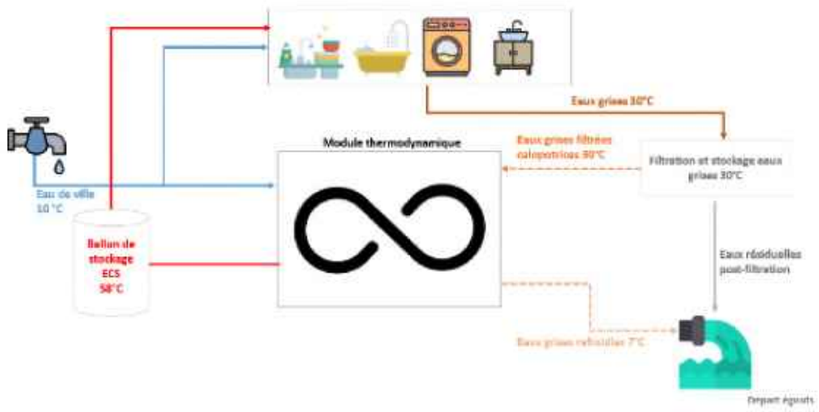


Figure 18 : Exemple de schéma principe PAC récupération énergie

Application au projet

Les besoins d'eau chaude sanitaire restent limités sur l'extension, sauf sur la partie restauration.

Ces usages ne justifient donc pas la mise en place d'une récupération de chaleur sur les eaux grises à l'échelle du bâtiment car cette solution aura un impact très important sur les investissements pour la production d'ECS et sur le dimensionnement des locaux techniques.

Par ailleurs la maintenance des PAC aura un impact fort sur les couts d'exploitation du bâtiment.

Potentiel de la ressource : Faible

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non potentiel limité au bâtiment

Pertinence : Nul

III.6.3. RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR PROCESS

L'objectif de ce type d'installation est de récupérer de la chaleur sur les process à émission de chaleur excédentaire.

Plusieurs solutions sont envisageables :

- La récupération de chaleur sur la production de froid (locaux commerciaux à proximité)
- La récupération de chaleur sur la production de froid des data center
- La récupération de chaleur sur les process industriels existants ou futurs (si connus)

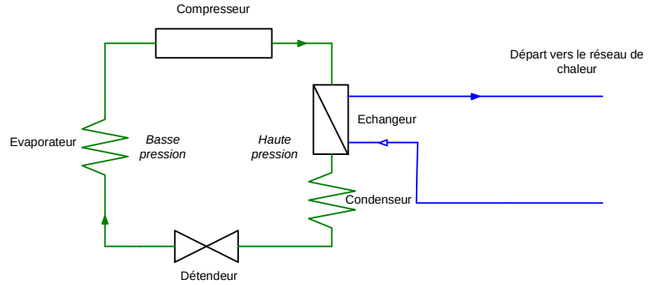


Figure 19 : Schéma de principe récupération sur process

Tous les systèmes de production de froid sont également émetteurs de chaleur. Cette chaleur est généralement dissipée via des aéro-réfrigérants.

Celle-ci peut être récupérée pour alimenter un réseau de chauffage, un stockage d'eau chaude sanitaire, ou pour répondre à toute autre demande spécifique de chaleur.

Techniquement, la mise en œuvre de cette récupération touche à la conception du circuit hydraulique. Elle est de préférence prévue à la conception de l'installation, mais une installation existante peut également, sous certaines conditions, s'équiper d'un tel système.

Application au projet

- **LOCAUX COMMERCIAUX**

A proximité de la zone étudiée n'existe pas de centre commercial, nous ne pouvons pas donc mettre en place un système de récupération de chaleur sur la production de froid.

Potentiel de la ressource : Nul

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non

Pertinence de la solution : Nul

- **DATACENTERS**

Au sein du site

Il n'est pas prévu d'installation de data center sur le site.

A proximité du projet

Actuellement, il n'existe pas de Datacenter autour de la zone étudiée. Dans le cas où un futur datacenter serait envisagé, le point de récupération devra être à une distance inférieure à 300m pour permettre une récupération optimale.

Potentiel de la ressource : Nul

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non

Pertinence de la solution : Nul

III.7. GÉOTHERMIE

La géothermie très basse énergie permet généralement le chauffage, le rafraîchissement de locaux ou, dans certains cas, la production d'eau chaude sanitaire.

Plusieurs solutions d'utilisation de la géothermie sont possibles :

- Si la présence d'une nappe exploitable est confirmée par un forage de reconnaissance : puisage et pompe à chaleur tirant parti de la température stable de l'aquifère,
- Dans tous les cas : pompe à chaleur et sondes géothermiques disposées en nappe horizontale dans des tranchées, ou sous forme de pieux verticaux.

III.7.1. GÉOTHERMIE SUR NAPPE

Le développement de la géothermie pourra s'appuyer sur les potentiels des nombreuses nappes de la région. La géothermie sur nappe bénéficie aujourd'hui d'un fort retour d'expérience aussi bien pour des opérations de surface que plus profondes.

Son principe consiste à prélever des calories (ou des frigories) dans la nappe qui présente une température assez stable toute l'année pour la transférer, via une pompe à chaleur, vers un circuit de chauffage (ou de climatisation), moyennant une faible dépense d'énergie.

Application au projet

La géothermie très basse énergie permet généralement le chauffage, le rafraîchissement de locaux ou, dans certains cas, la production d'eau chaude sanitaire.

L'Alsace est particulièrement favorisée par la présence de la nappe alluviale rhénane qui est l'une des plus importantes réserves en eau souterraine d'Europe. La quantité d'eau stockée, pour sa seule partie alsacienne, est estimée à environ 35 milliards de m3. Sa température varie peu au fil des saisons, entre 8 et 12 °C, et assure une efficience élevée même en hiver, dans le cas de son exploitation à travers des pompes à chaleur.

La cartographie ci-dessous permet de distinguer les domaines où la nappe d'Alsace est suffisamment puissante pour permettre de forts débits, des domaines où la nappe est moins productive. La cause principale de cette productivité réduite est due dans certains domaines, à la couverture de loess trop importante.

Les lœss sont des mélanges de particules argileuses, sableuses, calcaires ou organiques, suffisamment fines pour avoir été transportées, par le vent, sur des distances plus ou moins longues jusqu'à l'endroit où elles se déposent et forment des sols, la plupart du temps extrêmement fertiles.

De ce fait, l'accès à la ressource est plus difficile. La carte présente également les domaines non aquifères où la ressource en eau est quasi nulle.

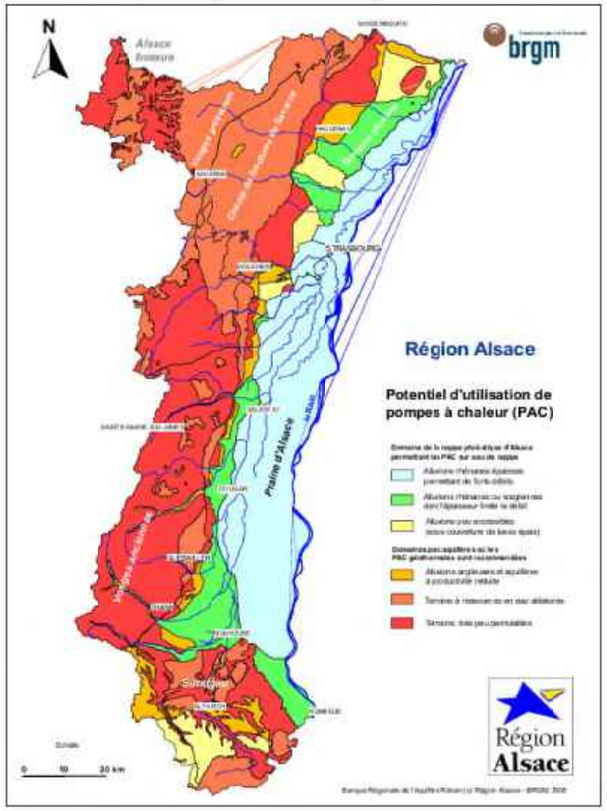


Figure 20 : Carte des ressources en eau en Alsace (BRGM/RP-59978-FR)

Par ailleurs, un sondage réalisé en 2013 pour le projet KCFP a montré que la ressource aquathermique n'était pas mobilisable.

Potentiel de la ressource : limité

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non potentiel limité au bâtiment

Pertinence de la solution : Nul

III.7.2. GEOTHERMIE SUR PIEUX

La géothermie sur champ de sondes consiste à faire circuler, en circuit fermé, un liquide caloporteur dans plusieurs sondes verticales.

Ce champ est constitué d'un réseau de tubes, disposés à la verticale dans des forages, qui échange l'énergie (par simple transfert de chaleur) et l'achemine jusqu'à la pompe à chaleur.

Figure 21 : Géothermie sur pieux (Source : BRGM)

Étant donné que la ressource est à une température inférieure à 30°C, celle-ci ne permet pas, dans la plupart des cas, une utilisation directe de la chaleur par simple échange. Elle nécessite donc la mise en œuvre de pompes à chaleur qui prélèvent cette énergie à basse température dans le sous-sol pour l'augmenter à une température suffisante.

Une profondeur de 100 m est suffisante pour s'affranchir des variations de température journalières et saisonnières où règne une température constante d'une quinzaine de degrés. Ce type de sonde correspond à une puissance géothermique de l'ordre de 5 kW.

Pour éviter un investissement et un nombre de sondes trop important, on associe généralement ce système à une énergie d'appoint.

Cette solution est à l'échelle d'un bâtiment et ne permet de couvrir que des besoins limités. Elle ne pourra pas contribuer à l'approvisionnement énergétique de l'ensemble du site, compte tenu du nombre de pieux à mettre en place. De plus, il est nécessaire de maintenir un équilibre chaud/froid pour ne pas déséquilibrer le sous-sol.

Application au projet

Ce type d'installation est possible dans la majorité des régions. Le potentiel énergétique d'un champ de sondes dépend de la variabilité des terrains et de leur conductivité thermique qui va influencer le nombre et la profondeur des sondes. Le test réponse thermique permet alors de les vérifier sur site et d'ajuster la profondeur ou le nombre de sondes pour couvrir les besoins.

Il faut donc obligatoirement réaliser un diagnostic géotechnique par un bureau d'études géotechnique pour confirmer si le recours à cette source d'énergie est possible.

Sur le projet KCFP au nord du site, 9 sondes profondes (100 m de profondeurs) ont été réalisées sous forme d'échangeur vertical. Le site est donc favorable à la mise en œuvre de ce type d'installation.

Cependant, les bâtiments à favoriser sont ceux avec des besoins de chaleur et de froid équilibrés ce qui pourra être le cas des bureaux.

Ce type d'installation est envisageable à l'échelle d'un bâtiment mais pas à l'échelle de la ZA. Elle pourra être intégré dans un scenario pour un des bâtiments de bureau prévu, par exemple le bâtiment 10.

Potentiel de la ressource : Moyen

Faisabilité d'exportation de la chaleur ou de l'électricité du système : Non potentiel limité au bâtiment

Pertinence de la solution : Moyen

IV. SYNTHÈSES DES PISTES ÉNERGÉTIQUES

Le tableau suivant présente la synthèse des résultats de l'évaluation du potentiel EnR. La pertinence de chacune des énergies a été évaluée en fonction des ressources disponibles et des besoins du bâtiment.

	Energie	Pertinence	Remarques
Solaire	Thermique	Faible pour les bureaux et ateliers	Consommations d'ECS faible étant donné l'usage de la zone étudiée
		Forte sur le restaurant d'entreprise	Densité de consommation d'ECS importante
	Photovoltaïque	Forte	Surfaces disponibles en toiture ou ombrières
Eolien	Grande et moyenne éolienne	Faible	Contraintes locales pour l'implantation des éoliennes
	Petite éolienne	Faible	La rentabilité de ce type d'installation est faible
	Eolien urbain	Faible	Production très limitée
Hydraulique	Hydro-électrique	Nul	Le projet n'est pas à proximité directe du Rhin pour envisager son utilisation pour une production d'énergie hydraulique
Biomasse	Chaufferie plaquettes bois	Fort	Une source de bois abondante et des surfaces sont disponibles pour la mise en place des installations
	Chaufferie granulés de bois	Fort	
	Méthanisation	Nul	Production insuffisante de déchets méthanisables pour prévoir un projet dédié au sein de la ZA
Récupération de chaleur	Eaux usées urbaines	Nul	La récupération de chaleur n'est pas envisageable au regard des niveaux des consommations à l'échelle du projet.
	Eaux usées du bâtiment	Nul	Impact très important sur les investissements pour la production d'ECS
	Datacenters	Nul	Il n'existe pas de Datacenter à proximité
	Locaux commerciaux	Nul	Il n'existe pas de commerce à proximité du projet
Géothermie	Sur nappe	Nul	Ressource non mobilisable localement
	Sur pieux	Moyen	Le potentiel existe localement

Au regard des opportunités disponibles localement, les scenarios étudiés seront les suivants :

Scenarios	Chauffage + ECS	Froid	Electricité
Scenario de référence	Chaufferies gaz par bâtiment ou groupe de bâtiment	SO	Raccordement au réseau électrique
Scenario 1	Chaufferie gaz Solaire thermique sur le bâtiment restauration	SO	Panneau photovoltaïque en toiture et ombrière + Raccordement au Réseau électrique
Scenario 2	Chaufferie gaz Géothermie sur pieux pour le bâtiment 10 Solaire thermique sur le bâtiment restauration	Géothermie sur pieux pour le bâtiment 10	Panneau photovoltaïque en toiture et ombrière + Raccordement au Réseau électrique
Scenario 3	Chaufferie bois + Appoint gaz	SO	Panneau photovoltaïque en toiture et ombrière + Raccordement au Réseau électrique

Le choix du bâtiment concerné par la géothermie sur pieux sera défini dans les phases ultérieures de conception. L'intérêt de ce scenario est d'identifier l'intérêt technique et financier de ce type d'installation.

V. ETUDE DES SOLUTIONS TECHNIQUES

V.1. SOLUTION DE RÉFÉRENCE - CHAUFFERIES GAZ

Description générale

Cette solution a pour objectif de servir de référence pour la comparaison des coûts de chaque solution étudiée dans le cadre de cette étude ENR.

Equipements – Chauffage et ECS

Concernant les équipements de production de chaleur il a été supposé que chaque bâtiment comportera une chaudière gaz à condensation indépendante qui couvrira l'ensemble des besoins de chaleur et d'ECS.

La puissance des chaudières varie selon la surface des bâtiments et seront installées dans des locaux techniques spécifiques.

Les chaudières installées seront des chaudières à condensation qui pourront alimenter selon le cas : des ventilo-convecteurs, des radiateurs à eau chaude, des batteries chaudes de CTA, des aérothermes à eau chaude….

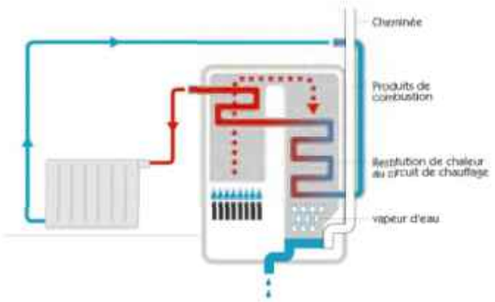


Figure 22 : Schéma de principe chaudière condensation

La puissance totale installée sur les bâtiments de l'extension est d'environ **2200 kW thermique pour couvrir 3400 MWh (**chauffage+ECS).

Ces hypothèses ne sont pas des dimensionnements techniques mais permettent d'évaluer le nombre et la puissance globale des systèmes de production à installer.

L'investissement pour la production de chaleur et d'eau chaude sanitaire est calculé à l'échelle du projet d'extension. L'investissement comprend les équipements techniques, la main d'œuvre ainsi que les couts de maîtrise d'œuvre.

Les couts d'exploitation évalués sont basés sur les postes de facturation suivants :

- Poste P1 : fourniture d'énergie ou de combustible ;
- Poste P2 : maintenance et petit entretien ;
- Poste P3 : garantie totale et renouvellement des matériels (gros entretien) ;
- Poste P4 : amortissement des investissements

			Scénario de référence
Investissement			Chaudières gaz à condensation
		€ HT	564 000 €
Besoins énergétiques annuels	Gaz	**MWh ef**	3 593
	Bois	**MWh ef**	-
	Electricité PAC	**MWh ef**	-
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Gaz	**€ HT/an**	431 000 €
	Bois	**€ HT/an**	- €
	Electricité PAC	**€ HT/an**	- €
Dépenses annuelles de maintenance P2	Entretien courant et électricité réseau	**€ HT/an**	25 200 €
Dépenses annuelles de maintenance P3	GER	**€ HT/an**	23 600 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production thermique	**€ HT/an**	28 200 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4		**€ HT/an**	508 000 €
Taux de couverture ENR production de chaleur		**%**	0%
Emissions CO2		**T CO2/an**	816

			SO
Investissement		**€ HT**	- €
Besoins énergétiques annuels	Electricité conventionnelle	**MWh ef**	5 662
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Electriques conventionnelles	**€ HT/an**	963 000 €
Dépenses annuelles de maintenance P2/P3	Entretien courant et GER photovoltaique	**€ HT/an**	- €
Amortissement de l'investissement	Investissement production photovoltaïque	**€ HT/an**	- €
Revente électricité photovoltaïque		**€ HT/an**	- €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4 - revente électricité		**€ HT/an**	- €
Taux de couverture ENR (photovoltaique)		**%**	0%
Emissions CO2		**T CO2/an**	368

V.2. SCENARIO 1- CHAUFFERIE GAZ, SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAIQUE

De même que pour la solution de référence, la majorité des besoins thermiques des bâtiments restera couvert par des chaufferies gaz spécifiques à chaque bâtiment.

Sur le bâtiment restauration, une installation solaire thermique en toiture du bâtiment permettra de couvrir une partie des besoins d'eau chaude sanitaire du restaurant.

Des panneaux photovoltaïques seront en complément étudiés sur les surfaces mobilisables.

Solaire thermique

La surface à mobiliser par le solaire thermique est très restreinte compte tenu des usages très localisés sur le restaurant d'entreprise (environ 60m² de panneaux).

Elle permettra une couverture de 40% des besoins en eau chaude sanitaire du restaurant.

Solaire photovoltaïque

L'implantation de panneaux photovoltaïques est envisageable en toiture pour permet une production locale d'énergie renouvelable électrique.

En effet, une surface importante de toiture est mobilisable. Sur la base des données disponibles au moment de l'étude, nous avons estimé pour l'ensemble des bâtiments une surface disponible d'environ 29 000m² de panneaux et 4250 m2 pour le parking.

Il a été considéré une revente totale de l'électricité produite sur la base des tarifs suivants.

Prix de vente P<100 kWc	**0,118 €/kWh**
Prix de vente 100<P<500 kWc	**0,114 €/kWh**
Prix de vente P>500 kWc	**0,100 €/kWh**

Concernant le coût d'investissement moyen, les ratios utilisés par Egis pour des panneaux photovoltaïques en toiture sont en moyenne de 5440 €/kWc. L'entreprise KUHN souhaite, dans cette étude, retenir un chiffrage intégrant leur retour d'expérience sur un projet similaire de 400 €/kWc (100 €/m² de panneaux).

Dans le cas où l'ensemble des toitures serait mobilisé, les puissances et l'investissement associé seraient les suivants (en prenant les ratios EGIS) :

CALCUL SURFACE TOTALE										
n°	bâtiment	usage	PV	Surface toiture	surface PV	Puissance crete PV	Production annuelle	Vente annuelle	Coûts d'installation	Coûts de maintenance
				m²	*m²*	*kWc*	*kWh*	*€ HT*	*€ HT*	*€ HT/an*
1a	Bâtiment KPARTS	stockage	oui en toitu	8000	4000	1 000	1 050 000	105 000 €	5 440 000 €	24 600 €
1b	SAV	stockage	oui en toitu	4000	2000	500	525 000	52 500 €	2 720 000 €	12 300 €
2	Montage de machines agricoles	Atelier	oui en toiture	8000	5000	1 250	1 312 500	131 250 €	6 800 000 €	30 750 €
3	Montage de machines agricoles			10000	5000	1 250	1 312 500	131 250 €	6 800 000 €	30 750 €
4	Accrochage + grenailleuse			10000	5000	1 250	1 312 500	131 250 €	6 800 000 €	30 750 €
5	Tunnel convoyeur	Transfert	non	800						
6	Bâtiment administratif	Bureaux	non	3300						
7	Atelier Essais	Atelier	oui en toiture	5000	3125	781	820 313	82 031 €	4 250 000 €	19 219 €
8	Bâtiment Test			1500	750	188	196 875	22 463 €	1 020 000 €	4 613 €
9	Atelier Essais			5000	3125	781	820 313	82 031 €	4 250 000 €	19 219 €
10	Bâtiment administratif R&D	Bureaux	non	1700						
11	Restaurant d'entreprise	RIE	non	2500						
12	Parking + voierie d'accès	parking	oui en toitu	8500	4250	1 063	1 115 625	111 563 €	7 225 000 €	26 138 €
13	Extension de la logistique MGM	Atelier	oui en toitu	2313	925	231	242 813	27 705 €	1 258 000 €	5 689 €
						8 294	**8 708 438**	**877 043**	**46 563 000**	**204 026**

Cependant, cette hypothèse n'étant pas réaliste au regard des investissements, il nous semble judicieux à ce stade de retenir l'hypothèse de :

- 9 projets de 100 kWc unitaires
- Un projet d'ombrière photovoltaïque sur le parking de 500 kWc.

Le bilan estimatif pour ces projets (selon les ratios EGIS) est le suivant :

CALCUL SURFACE TOTALE										
n°	bâtiment	usage	PV	Surface toiture	surface PV optim	Puissance crete PV	Production annuelle	Vente annuelle	Coûts d'installation	Coûts de maintenance
				m²	*m²*	*kWc*	*kWh*	*€ HT*	*€ HT*	*€ HT/an*
1a	Bâtiment KPARTS	stockage	oui en toitu	8000	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
1b	SAV	stockage	oui en toitu	4000	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
2	Montage de machines agricoles	Atelier	oui en toiture	8000	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
3	Montage de machines agricoles			10000	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
4	Accrochage + grenailleuse			10000	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
5	Tunnel convoyeur	Transfert	non	800						
6	Bâtiment administratif	Bureaux	non	3300						
7	Atelier Essais	Atelier	oui en toiture	5000	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
8	Bâtiment Test			1500	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
9	Atelier Essais			5000	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
10	Bâtiment administratif R&D	Bureaux	non	1700						
11	Restaurant d'entreprise	RIE	non	2500						
12	Parking + voierie d'accès	parking	oui en toitu	8500	2 000	500	525 000	52 500 €	3 400 000 €	12 300 €
13	Extension de la logistique MGM	Atelier	oui en toitu	2313	400	100	105 000	12 369 €	544 000 €	2 460 €
						1 400	**1 470 000**	**163 821**	**8 296 000**	**34 440**

En utilisant les retours d'expérience KUHN, le bilan serait le suivant :

CALCUL SURFACE TOTALE										
n°	bâtiment	usage	PV	Surface toiture	surface PV optim	Puissance crete PV	Production annuelle	Vente annuelle	Coûts d'installation	Coûts de maintenance
				m²	*m²*	*kWc*	*kWh*	*€ HT*	*€ HT*	*€ HT/an*
1a	Bâtiment KPARTS	stockage	oui en toitu	8000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
1b	SAV	stockage	oui en toitu	4000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
2	Montage de machines agricoles	Atelier	oui en toiture	8000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
3	Montage de machines agricoles			10000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
4	Accrochage + grenailleuse			10000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
5	Tunnel convoyeur	Transfert	non	800						
6	Bâtiment administratif	Bureaux	non	3300						
7	Atelier Essais	Atelier	oui en toiture	5000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
8	Bâtiment Test			1500	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
9	Atelier Essais			5000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
10	Bâtiment administratif R&D	Bureaux	non	1700						
11	Restaurant d'entreprise	RIE	non	2500						
12	Parking + voierie d'accès	parking	oui en toitu	8500	2 000	500	525 000	52 500 €	260 000 €	12 300 €
13	Extension de la logistique MGM	Atelier	oui en toitu	2313	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
						1 400	**1 470 000**	**163 821**	**620 000**	**34 440**

Ces résultats seront utilisés pour la synthèse et la comparaison entre les scenarios.

Le calcul des ventes annuelles est basé sur les tarifs de vente de l'électricité photovoltaïque en totalité du 2ème trimestre 2024.

Investissement :

L'investissement pour la production de chaleur et d'eau chaude sanitaire est calculé à l'échelle du projet d'extension. L'investissement comprend les équipements techniques, la main d'œuvre ainsi que les couts de maîtrise d'œuvre.

Les investissements prennent également en compte la production solaire photovoltaïque ainsi que le raccordement au réseau électrique.

Les couts d'exploitation évalués sont basés sur les postes de facturation suivants :

- Poste P1 : fourniture d'énergie ou de combustible ;
- Poste P2 : maintenance et petit entretien ;
- Poste P3 : garantie totale et renouvellement des matériels (gros entretien) ;
- Poste P4 : amortissement des investissements

			Scénario 1
Investissement			Chaudières gaz à condensation Solaire thermique restauration
		€ HT	660 000 €
Besoins énergétiques annuels	Gaz	**MWh ef**	3 562
	Bois	**MWh ef**	-
	Electricité PAC	**MWh ef**	-
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Gaz	**€ HT/an**	427 000 €
	Bois	**€ HT/an**	- €
	Electricité PAC	**€ HT/an**	- €
Dépenses annuelles de maintenance P2	Entretien courant et électricité réseau	**€ HT/an**	25 600 €
Dépenses annuelles de maintenance P3	GER	**€ HT/an**	27 300 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production thermique	**€ HT/an**	33 000 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4		**€ HT/an**	512 900 €
Taux de couverture ENR production de chaleur		**%**	1%
Emissions CO2		**T CO2/an**	808

Investissement			Panneaux photovoltaïques
		€ HT	620 000 €
Besoins énergétiques annuels	Electricité conventionnelle	**MWh ef**	5 662
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Electriques conventionnelles	**€ HT/an**	963 000 €
Dépenses annuelles de maintenance P2/P3	Entretien courant et GER photovoltaique	**€ HT/an**	34 000 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production photovoltaïque	**€ HT/an**	31 000 €
Revente électricité photovoltaïque		**€ HT/an**	163 821 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4 - revente électricité		**€ HT/an**	864 179 €
Taux de couverture ENR (photovoltaique)		**%**	26%
Emissions CO2		**T CO2/an**	272

V.3. SCENARIO 2- CHAUFFERIE GAZ, SOLAIRE THERMIQUE, GÉOTHERMIE ET PHOTOVOLTAIQUE

De même que pour la solution de référence, la majorité des besoins thermiques des bâtiments restera couvert par des chaufferies gaz spécifiques à chaque bâtiment.

En complément, deux installations spécifiques sont prévues :

- Sur le bâtiment restauration, une installation solaire thermique en toiture du bâtiment permettra de couvrir une partie des besoins d'eau chaude sanitaire du restaurant
- Sur le bâtiment 10, des champs de sondes permettront de couvrir une partie des besoins de chauffage du bâtiment

Des panneaux photovoltaïques seront en complément étudiés sur les surfaces mobilisables.

Solaire thermique

La surface à mobiliser par le solaire thermique est très restreinte compte tenu des usages très localisés sur le restaurant d'entreprise (environ 60m² de panneaux).

Elle permettra une couverture de 40% des besoins en eau chaude sanitaire du restaurant.

Géothermie sur champ de sonde

Sur le bâtiment 10, le principe de la géothermie sur champ de sondes consiste à faire circuler, en circuit fermé, un liquide caloporteur dans plusieurs sondes verticales.

Ce champ est constitué d'un réseau de tubes, disposés à la verticale dans des forages d'une centaine de mètres de profondeur, permettra l'échange d'énergie et l'acheminera jusqu'à la pompe à chaleur.

Une chaudière gaz permettra de couvrir le complément des besoins.

La géothermie permettra également d'assurer le rafraîchissement estival des locaux (géocooling), voir le rafraîchissement en utilisant la PAC.

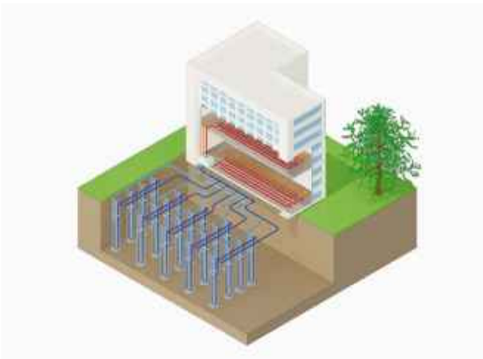


Figure 23 : pompe à chaleur (PAC) sur champ de sondes. Source ADEME BRGM

Cette installation serait également envisageable sur un autre bâtiment de bureaux, sous réserve que les besoins de chaleur et de froid soient équilibrés sur l'année.

Une alternative envisageable aux champs de sondes serait une géothermie sur sondes thermoactives. Cependant, le bilan énergétique et le couverture ENR serait globalement comparable à la géothermie sur champs de sondes.

Solaire photovoltaïque

L'implantation de panneaux photovoltaïques est envisageable en toiture pour permet une production locale d'énergie renouvelable électrique.

En effet, une surface importante de toiture est mobilisable. Sur la base des données disponibles au moment de l'étude, nous avons estimé pour l'ensemble des bâtiments une surface disponible d'environ 29 000m² de panneaux et 4250 m2 pour le parking

Il a été considéré une revente totale de l'électricité produite.

Il nous semble judicieux à ce stade de retenir l'hypothèse de :

- 9 projets de 100 kWc unitaires
- Un projet d'ombrière photovoltaïque sur le parking de 500 kWc.

Le bilan estimatif pour ces projets est le suivant (en prenant en compte les chiffrages fournis par Kuhn) :

CALCUL SURFACE TOTALE										
n°	bâtiment	usage	PV	Surface toiture	surface PV optim	Puissance crete PV	Production annuelle	Vente annuelle	Coûts d'installation	Coûts de maintenance
				m²	*m²*	*kWc*	*kWh*	*€ HT*	*€ HT*	*€ HT/an*
1a	Bâtiment KPARTS	stockage	i en toitu	8000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
1b	SAV	stockage	i en toitu	4000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
2	Montage de machines agricoles	Atelier	oui en toiture	8000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
3	Montage de machines agricoles			10000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
4	Accrochage + grenailleuse			10000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
5	Tunnel convoyeur	Transfert	non	800						
6	Bâtiment administratif	Bureaux	non	3300						
7	Atelier Essais	Atelier	oui en toiture	5000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
8	Bâtiment Test			1500	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
9	Atelier Essais			5000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
10	Bâtiment administratif R&D	Bureaux	non	1700						
11	Restaurant d'entreprise	RIE	non	2500						
12	Parking + voierie d'accès	parking	i en toitu	8500	2 000	500	525 000	52 500 €	260 000 €	12 300 €
13	Extension de la logistique MGM	Atelier	i en toitu	2313	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
						1 400	**1 470 000**	**163 821**	**620 000**	**34 440**

Le calcul des ventes annuelles est basé sur les tarifs de vente de l'électricité photovoltaïque en totalité du 2eme trimestre 2024.

Investissement :

L'investissement pour la production de chaleur et d'eau chaude sanitaire est calculé à l'échelle du projet d'extension. L'investissement comprend les équipements techniques, la main d'œuvre ainsi que les couts de maîtrise d'œuvre.

Les investissements prennent également en compte la production solaire photovoltaïque ainsi que le raccordement au réseau électrique.

Les couts d'exploitation évalués sont basés sur les postes de facturation suivants :

- Poste P1 : fourniture d'énergie ou de combustible ;
- Poste P2 : maintenance et petit entretien ;
- Poste P3 : garantie totale et renouvellement des matériels (gros entretien) ;
- Poste P4 : amortissement des investissements

			Scénario 2
Investissement			Chaudières gaz à condensation Solaire thermique Restauration Géothermique sur sondes et PAC bâtiment 10
		€ HT	924 000 €
Besoins énergétiques annuels	Gaz	**MWh ef**	3 390
	Bois	**MWh ef**	-
	Electricité PAC	**MWh ef**	40
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Gaz	**€ HT/an**	407 000 €
	Bois	**€ HT/an**	- €
	Electricité PAC	**€ HT/an**	7 000 €
Dépenses annuelles de maintenance P2	Entretien courant et électricité réseau	**€ HT/an**	25 700 €
Dépenses annuelles de maintenance P3	GER	**€ HT/an**	38 300 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production thermique	**€ HT/an**	46 200 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4		**€ HT/an**	524 200 €
Taux de couverture ENR production de chaleur		**%**	5%
Emissions CO2		**T CO2/an**	773

Investissement			Panneaux photovoltaïques
		€ HT	620 000 €
Besoins énergétiques annuels	Electricité conventionnelle	**MWh ef**	5 662
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Electriques conventionnelles	**€ HT/an**	963 000 €
Dépenses annuelles de maintenance P2/P3	Entretien courant et GER photovoltaique	**€ HT/an**	34 000 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production photovoltaïque	**€ HT/an**	31 000 €
Revente électricité photovoltaïque		**€ HT/an**	163 821 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4 - revente électricité		**€ HT/an**	864 179 €
Taux de couverture ENR (photovoltaique)		**%**	26%
Emissions CO2		**T CO2/an**	272

V.4. SCENARIO 3 - CHAUFFERIE BOIS ET PHOTOVOLTAIQUE

Dans le cadre de ce scenario est étudié la possibilité de mettre en place des chaufferies bois alimentant un réseau technique sur les deux secteurs de l'extension. Des panneaux photovoltaïques seront en complément étudiés sur les surfaces mobilisables.

Chaufferies bois plaquettes :

Compte tenu des puissances appelés et du potentiel local, la mise en place de deux chaufferies bois énergie plaquette est envisageable à l'échelle du projet. Chacune d'entre elle alimentera un des deux secteurs de construction (bâtiment 11à 6 et 7 à 12) par le biais d'un réseau technique de chaleur.

Afin d'obtenir des rendements performants de l'ordre de 85% chaque chaudière doit avoir un taux de charge d'au moins 25 % de sa puissance nominale. Pour cette raison et pour pallier aux opérations d'entretien récurrentes, il est fortement recommandé de mettre en place une chaudière d'appoint ou de secours fonctionnant avec une autre énergie, comme le gaz.

Chacune des chaudières bois sera dimensionnée à 50% de la puissance thermique appelée, l'appoint sera donc réalisé par des chaudières gaz.

Elles permettront généralement de couvrir 80% des besoins énergétiques annuels. L'appoint assurera la couverture des besoins complémentaires. Une surface de stockage sera à prévoir pour chaque chaufferie.

La proximité de la ressource bois sera privilégiée pour ne pas annuler le bénéfice énergétique et environnemental par des coûts de transport.

Le dimensionnement ci-dessous est calculé en fonction de chaque usage des extensions (bureaux, restaurant et process):

Puissance totale chaudières bois	**1240**	**kW**
Taux de couverture des besoins	**80%**	**% des besoins thermiques**
Consommation biomasse	**3200**	**MWh d'énergie finale / an**

Puissance totale des chaudières gaz	**1240**	**kW**
Taux de couverture des besoins	**20%**	**% des besoins thermiques**
Consommation gaz	**720**	**MWh d'énergie finale / an**

Solaire photovoltaïque

L'implantation de panneaux photovoltaïques est envisageable en toiture pour permet une production locale d'énergie renouvelable électrique.

En effet, une surface importante de toiture est mobilisable. Sur la base des données disponibles au moment de l'étude, nous avons estimé pour l'ensemble des bâtiments une surface disponible d'environ 29 000m² de panneaux et 4250 m2 pour le parking

Il a été considéré une revente totale de l'électricité produite.

Il nous semble judicieux à ce stade de retenir l'hypothèse de :

- 9 projets de 100 kWc unitaires
- Un projet d'ombrière photovoltaïque sur le parking de 500 kWc.

Le bilan estimatif pour ces projets est le suivant (en prenant en compte les chiffrages fournis par Kuhn) :

CALCUL SURFACE TOTALE										
n°	bâtiment	usage	PV	Surface toiture	surface PV optim	Puissance crete PV	Production annuelle	Vente annuelle	Coûts d'installation	Coûts de maintenance
				m²	m²	kWc	kWh	€ HT	€ HT	€ HT/an
1a	Bâtiment KPARTS	stockage	i en toitu	8000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
1b	SAV	stockage	i en toitu	4000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
2	Montage de machines agricoles	Atelier	oui en toiture	8000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
3	Montage de machines agricoles			10000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
4	Accrochage + grenailleuse			10000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
5	Tunnel convoyeur	Transfert	non	800						
6	Bâtiment administratif	Bureaux	non	3300						
7	Atelier Essais	Atelier	oui en toiture	5000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
8	Bâtiment Test			1500	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
9	Atelier Essais			5000	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
10	Bâtiment administratif R&D	Bureaux	non	1700						
11	Restaurant d'entreprise	RIE	non	2500						
12	Parking + voierie d'accès	parking	i en toitu	8500	2 000	500	525 000	52 500 €	260 000 €	12 300 €
13	Extension de la logistique MGM	Atelier	i en toitu	2313	400	100	105 000	12 369 €	40 000 €	2 460 €
						1 400	**1 470 000**	**163 821**	**620 000**	**34 440**

Le calcul des ventes annuelles est basé sur les tarifs de vente de l'électricité photovoltaïque en totalité du 2ème trimestre 2024.

Investissements :

Les investissements prennent en compte les chaufferies biomasse, les appoint gaz, les deux réseaux techniques, et l'installation des panneaux photovoltaïques, ils sont calculés à l'échelle du projet :

L'investissement comprend les équipements techniques, la main d'œuvre ainsi que les couts de maîtrise d'œuvre.

Les couts d'exploitation évalués sont basés sur les postes de facturation suivants :

- Poste P1 : fourniture d'énergie ou de combustible ;
- Poste P2 : maintenance et petit entretien ;
- Poste P3 : garantie totale et renouvellement des matériels (gros entretien) ;
- Poste P4 : amortissement des investissements

			Scénario 3
Investissement			Chaufferie bois et appoint gaz
		€ HT	2 856 000 €
Besoins énergétiques annuels	Gaz	**MWh ef**	719
	Bois	**MWh ef**	3 213
	Electricité PAC	**MWh ef**	-
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Gaz	**€ HT/an**	86 000 €
	Bois	**€ HT/an**	112 000 €
	Electricité PAC	**€ HT/an**	- €
Dépenses annuelles de maintenance P2	Entretien courant et électricité réseau	**€ HT/an**	75 100 €
Dépenses annuelles de maintenance P3	GER	**€ HT/an**	118 900 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production thermique	**€ HT/an**	142 800 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4		**€ HT/an**	534 800 €
Taux de couverture ENR production de chaleur		**%**	80%
Emissions CO2		**T CO2/an**	240

Investissement			Panneaux photovoltaïques
		€ HT	620 000 €
Besoins énergétiques annuels	Electricité conventionnelle	**MWh ef**	5 662
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Electriques conventionnelles	**€ HT/an**	963 000 €
Dépenses annuelles de maintenance P2/P3	Entretien courant et GER photovoltaique	**€ HT/an**	34 000 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production photovoltaïque	**€ HT/an**	31 000 €
Revente électricité photovoltaïque		**€ HT/an**	163 821 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4 - revente électricité		**€ HT/an**	864 179 €
Taux de couverture ENR (photovoltaique)		**%**	26%
Emissions CO2		**T CO2/an**	272

VI. FOCUS SUR L'ACHAT D'ÉNERGIE VERTE

En complément, pour l'ensemble des scenarios, l'intérêt de contrat d'énergie » verte devra être étudié dans les phases ultérieures du projet..

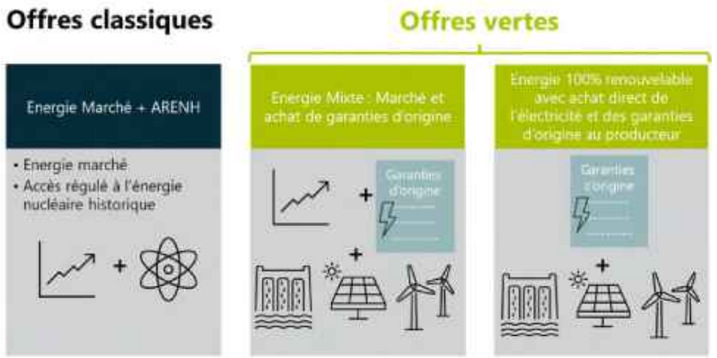
Electricité verte

Dans toute l'Union européenne, pour assurer la traçabilité de l'électricité renouvelable, le mécanisme des garanties d'origine est utilisé.

Pour obtenir des garanties d'origine, les fournisseurs peuvent :

- Acheter de l'électricité d'origine renouvelable à un producteur d'électricité verte et acheter les garanties d'origine au même producteur ;
- Acheter de l'électricité nucléaire ou fossile d'un côté et acheter une quantité équivalente de garanties d'origine à un autre producteur

L'achat d'électricité certifiée par des garanties d'origine ne signifie pas que l'on consomme de l'énergie renouvelable. Cela signifie que pour un 1 kWh d'électricité consommée, un kWh d'électricité verte est injecté dans le réseau. Cela permet de contribuer au développement des énergies renouvelables en Europe.



Gaz vert

Pour le gaz vert, le principe est globalement le même. Le gaz vert est généralement issu du biométhane produit dans des unités de méthanisation.

En général, les fournisseurs cherchent à proposer des offres centrées sur les producteurs locaux en commercialisant des offres 100% biogaz régionales. Le biogaz commercialisé en France est souvent produit dans l'Hexagone. Ces contrats permettent de valoriser le gaz vert produit à proximité du projet.

Comme pour l'électricité verte, il est physiquement impossible de déterminer la provenance du gaz livré à un client donné. En effet, c'est le même gaz qui est livré à tous les clients raccordés au réseau gazier, quels que soient le fournisseur et le type d'offre

L'achat de gaz vert certifié par des garanties d'origine ne signifie donc pas que l'on consomme de l'énergie renouvelable. Cela signifie que pour un 1 kWh de gaz consommé, un kWh de gaz vert est injecté dans le réseau gaz. Cela permet de contribuer au développement de la production de biogaz en France.

Important : l'achat d'énergie verte n'a pas d'impact sur la part d'énergies renouvelables considérée dans la RE2020.

VII. CONCLUSION

Dans cette partie, nous allons présenter un bilan de l'ensemble des scenarios.

			Scénario de référence	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Investissement			Chaudières gaz à condensation	Chaudières gaz à condensation Solaire thermique restauration	Chaudières gaz à condensation Solaire thermique Restauration Géothermique sur sondes et PAC bâtiment 10	Chaufferie bois et appoint gaz
		€ HT	564 000 €	660 000 €	924 000 €	2 856 000 €
Besoins énergétiques annuels	Gaz	**MWh ef**	3 593	3 562	3 390	719
	Bois	**MWh ef**	-	-	-	3 213
	Electricité PAC	**MWh ef**	-	-	40	-
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Gaz	**€ HT/an**	431 000 €	427 000 €	407 000 €	86 000 €
	Bois	**€ HT/an**	- €	- €	- €	112 000 €
	Electricité PAC	**€ HT/an**	- €	- €	7 000 €	- €
Dépenses annuelles de maintenance P2	Entretien courant et électricité réseau	**€ HT/an**	25 200 €	25 600 €	25 700 €	75 100 €
Dépenses annuelles de maintenance P3	GER	**€ HT/an**	23 600 €	27 300 €	38 300 €	118 900 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production thermique	**€ HT/an**	28 200 €	33 000 €	46 200 €	142 800 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4		**€ HT/an**	508 000 €	512 900 €	524 200 €	534 800 €
Taux de couverture ENR production de chaleur		**%**	0%	1%	5%	80%
Emissions CO2		**T CO2/an**	816	808	773	240

			SO	Panneaux photovoltaïques	Panneaux photovoltaïques	Panneaux photovoltaïques
Investissement		**€ HT**	- €	620 000 €	620 000 €	620 000 €
Besoins énergétiques annuels	Electricité conventionnelle	**MWh ef**	5 662	5 662	5 662	5 662
Dépenses énergétiques annuelles – P1	Electriques conventionnelles	**€ HT/an**	963 000 €	963 000 €	963 000 €	963 000 €
Dépenses annuelles de maintenance P2/P3	Entretien courant et GER photovoltaïque	**€ HT/an**	- €	34 000 €	34 000 €	34 000 €
Amortissement de l'investissement	Investissement production photovoltaïque	**€ HT/an**	- €	31 000 €	31 000 €	31 000 €
Revente électricité photovoltaïque		**€ HT/an**	- €	163 821 €	163 821 €	163 821 €
Coût global annuel P1 + P2 + P3 + P4 - revente électricité		**€ HT/an**	- €	864 179 €	864 179 €	864 179 €
Taux de couverture ENR (photovoltaïque)		**%**	0%	26%	26%	26%
Emissions CO2		**T CO2/an**	368	272	272	272

À partir de l'ensemble des investigations réalisées sur le périmètre et le programme énergétique du projet, il en a été conclu que les solutions les plus pertinentes pour l'extension de l'entreprise Kuhn sont :

- **Scénario 1 :** chaufferie gaz, panneaux solaire thermiques et panneaux photovoltaïques (cout)
- **Scénario 3:** chaufferie bois, appoint gaz et panneaux photovoltaïques (émissions CO2)

La solution biomasse est la plus vertueuse des solutions étudiées par son taux d'ENR et les émissions CO2. **Cependant, le cout global reste le plus important**. La prise en compte des aides (fonds chaleur ADEME par exemple) permettra de compenser une partie du surinvestissement et d'améliorer le cout global. Cependant, les contraintes en termes d'emprise des installations sont à prendre en compte.

Étant donné le potentiel solaire local, le solaire photovoltaïque pourra être intégré de base sur les bâtiments sous réserve que :

- Les toitures soient adaptées
- Il n'y ait pas de problème d'effet de masque sur les bâtiments.

L'étude de ces solutions est cependant basée sur des données macro des besoins de l'extension. Elles seront approfondies dans le cadre de faisabilités ultérieures, une fois le programme fixé avec précision.