



Essais de sol et analyses
géotechniques

PROCES VERBAL D'ESSAI RAPPORT ES24621/22

CONSTRUCTION D'UN BATIMENT

DEMANDE PAR :

POUR LE COMPTE DE :

LIEU DES ESSAIS :

Chemin du Hays,
6840 Neufchâteau

DATE DU RAPPORT : 28/09/2022

BE Siège principal
LU Siège d'exploitation

Lenclos, 72C
Rue Charles Kieffer, 11

B-6740 Etalle
L-8389 Grass

T. +32 63 42 22 94
T. +352 20 60 08 67

1. Description des machines et des essais statiques

Les essais de pénétration statiques (cône mécanique CPT-M1) sont réalisés avec un pénétromètre lesté (jusqu'à 200 kN). Le train de tige, muni à son extrémité du cône mécanique, avec un angle au sommet du cône de 60° et une section à la base de 10 cm², est poussé dans le sol via un vérin hydraulique avec une vitesse de pénétration constante de 2 cm/s.

Par l'intermédiaire de tiges coulissant dans les tubes-allonges, il est possible de faire avancer la pointe seule.

La résistance au cône et la résistance totale (résistance au cône + résistance au frottement latéral) sont mesurées tous les 2 cm. Les résultats présentés en annexe reprennent uniquement les mesures tous les 10cm afin d'alléger la lecture. Toutes les valeurs mesurées peuvent être transmises sur simple demande.

En fin d'essai, après extraction des tubes, le niveau d'eau est relevé au moyen d'une sonde électronique. Le niveau d'eau déterminé de cette façon peut être fort imprécis dans le cas de terrains peu perméables (argiles, limons), et être fort éloigné du niveau réel des eaux souterraines.

Les résultats des essais sont présentés sur les diagrammes en annexe. La résistance à la pointe (q_c) exprimée en kN/cm² (courbe noire) et la résistance au frottement latéral sommée (FI) en kN (courbe rouge) y sont représentés en fonction de la profondeur.



2. Interprétations des résultats statiques

Légende des symboles utilisés

Q_0 : la contrainte due au poids propre des terres [kg/cm²]

q_c : la résistance à la pointe [kN/cm²] (Remarque : 1 kN/cm² = 10 Mpa \approx 100 kgf/cm²)

FI : le frottement latéral total [kN] (Remarque : 1 kN \approx 100 kgf)

ϕ_u : angle de frottement interne apparent [°]

C : la constante de compressibilité [-]

P_{adm} : Pression de fondation admissible pour des semelles continues d'une largeur de 50cm, 70cm et 90cm [kg/cm²].

Par application de la théorie du Professeur De Beer sur l'interprétation des essais de pénétration statique, il est possible de déduire, de la valeur de la résistance à la pointe, un angle de frottement apparent ϕ_u du sol aux différents niveaux de mesure.

Les hypothèses simplificatrices de base de cette théorie sont les suivantes :

- cohésion du sol nulle : $c = 0$ [kPa]
- poids volumique du sol au-dessus de la nappe : $\gamma = 16$ [kN/m³] = 1600 [kg/m³]
- poids volumique du sol immergé : $\gamma = 20$ [kN/m³] = 2000 [kg/m³]

L'angle de frottement apparent ϕ_u du sol est déterminé aux différents niveaux de mesure de la manière suivante :

- 1) L'essai de pénétration permet de calculer le rapport suivant :

$$N''_{q,d} = \frac{q_c}{\sigma'_{v'}} \quad (1)$$

$$\text{Avec } N''_{q,d} = f(\phi', \phi_u) \quad (2)$$

- 2) On postule $\phi' = 30^\circ$ et on déduit ϕ_u de la relation (2)
- 3) Si $\phi_u < 30^\circ$, on adopte la valeur trouvée ;
Si $\phi_u > 30^\circ$, on la rejette ; on admet dans ce cas que $\phi' = \phi_u$ et on recalcule l'angle de frottement apparent, considéré comme égal à l'angle de frottement interne.

A partir de la résistance à la pointe q_c , il est possible, moyennant certaines hypothèses, de disposer d'une valeur minimale de la constante de compressibilité C d'un sol :

$$C = \alpha \cdot \frac{q_c}{\sigma'_{v'}}$$

Avec α valant : 1,5 pour les couches de sable peu compactes et les couches faibles ;
2,0 pour les couches de sables compactes et les couches consolidées de cohésion normale ;
2,5 pour les couches rigides et sur-consolidées ;
0,5 à 0,7 pour les argiles organiques et la tourbe.

Nos calculs sont basés sur $\alpha = 1,5$ de manière à conserver une marge de sécurité pour la plupart des sols rencontrés. Pour une détermination exacte de ces valeurs de α , des essais en laboratoire doivent être effectués.

En général, plus la valeur de α est grande (et donc celle de C également), moins il y a de tassements.

Calcul des tassements

Les tassements sont calculés à l'aide de la formule de Terzaghi :

$$S = \frac{dh}{C} 2,3 \log \frac{P + Sz}{P}$$

Où :

- S : Tassement [m]
- dh : Epaisseur de la couche comprimée [m]
- C : Coefficient de compressibilité [sans dimensions] (voir point 2)
- P : Contrainte initiale dans le plan d'assise de la fondation [tonne/m²]

Sz : Accroissement de la contrainte dans le plan d'assise en [tonne/m²]

Les calculs de tassement ont été réalisés en considérant les hypothèses suivantes :

- Les calculs s'arrêtent lorsque la contrainte appliquée sur le sol par les fondations correspond à la contrainte initiale du sol.
- Les tassements dépendent du niveau exact d'une éventuelle nappe phréatique. Dans nos calculs, le niveau d'eau utilisé est le niveau relevé directement dans les trous de sondage. Il peut donc y avoir quelques approximations.
- Ces calculs ne tiennent pas compte d'un éventuel gonflement du sol.
- Les tassements sont calculés dans la situation temporelle égale à la fin de la construction. Ces résultats ne sont plus valables en cas de variation des hypothèses (niveau d'eau, nouvelles constructions voisines, ...).
- Il est supposé que le tassement différentiel peut provoquer des dégâts seulement si :

$$\frac{dS}{L} > \frac{1}{500}$$

Où :

dS : Tassement différentiel entre deux points de support voisins

L : Distance entre deux points de support

En ce qui concerne la vérification des tassements admissibles, il convient de vérifier à la fois les tassements absolus et différentiels.

Les valeurs généralement retenues comme valeurs maximales de tassement absolu admissible (suivant EC7) pour les constructions neuves sont :

- Semelle filante ou isolée : 2cm
- Radier : 5cm

En conclusion, vu le nombre important d'hypothèses, le tassement calculé ne correspond pas au tassement réellement mesuré. Les valeurs des tassements calculés doivent donc être utilisées précautionneusement dans d'éventuels prises de décision et calculs.

3. Méthodologie de l'essai de perméabilité

La méthode utilisée afin de mesurer la vitesse d'infiltration in situ est la méthode décrite dans le guide pratique du SAIWE¹. Cette méthode est reconnue comme étant la plus appropriée car elle fournit des valeurs de vitesse d'infiltration proches des conditions réelles de fonctionnement.

La méthode comprend les étapes suivantes :

Un trou de 80 cm de profondeur avec un fond horizontal de 30 cm de diamètre est creusé ;

Le fond du trou est scarifié sur 1 cm d'épaisseur ;

Un tube de PVC (Ø200mm) est déposé sur le fond et au centre de la cavité ;

L'espace annulaire autour du tube est remblayé sur 20cm de hauteur en tassant la terre par petites fractions ;

Une couche de 5 cm de sable du Rhin sont déposés au fond du tube ;

Un niveau de 20 cm d'eau est maintenu dans le tube pendant plusieurs heures afin de saturer le sol.

Ensuite, le niveau est ajusté une dernière fois à 15 cm au-dessus de la couche de sable du Rhin. La baisse de niveau est ensuite observée toutes les 30 minutes

Si la vitesse de percolation est importante (tube se vidant dans l'intervalle des 30 minutes), le relevé des niveaux d'eau est pris toutes les 10 minutes en réalimentant le tube en eau

Les dernières valeurs obtenues de chaque point sont divisées par 30 minutes, temps durant lequel les niveaux ont été relevés (on divise par 10 minutes, si les baisses ont été constatées dans ce délai). Cette valeur donne l'indication de la vitesse de percolation exprimée en cm/minute.

Une moyenne est ensuite établie en additionnant les résultats obtenus et en les divisant par le nombre de points.

Le nouveau résultat permet de dimensionner l'épandage souterrain.

¹ Système d'Assistance et d'Information Wallon pour l'Épuration autonome

4. Nature du sol

La nature du terrain ne peut être donnée qu'à partir d'un forage de reconnaissance ou d'un carottage et d'essais en laboratoire. Les valeurs données à partir des essais CPT ne revêtent qu'une valeur indicative.

Il n'est pas possible de se baser sur les résidus de terre trouvés sur les barres puisque plusieurs tubes de sondage ont parcouru différentes couches et que les particules se sont mélangées.

De manière générale, les valeurs suivantes peuvent être considérées :

Nature du sol	ϕ	C
Tourbe	Faible	3 - 10
Boue	Faible	5 - 8
Argile	4-14	10 - 20
Limon	20-28	20 - 50
Sable	28-35	50 - 400

5. Implantation et nivellement

Au vu de la végétation présente sur le terrain, il n'a pas été possible de réaliser l'ensemble des essais demandés (voir photo 1). Les 4 essais au pénétromètre statique (S) et les 2 tests de percolation en surface (P) sont repérés sur le plan d'implantation ci-dessous.

Les cotes de niveau du terrain naturel au droit des essais ont été relevées par rapport au niveau repère 0,00m pris sur le clou de géomètre situé sur la route, à plus ou moins 50m de la limite droite du terrain.

Essai	X	Y	Zabsolu	Zrelatif [m]
S1	226.938.471	59.197.325	394.884	0,10
S2	226.928.227	59.199.472	395.124	0,34
S3	226.928.239	59.187.757	394.946	0,16
S4	226.936.384	59.187.101	394.769	-0,02
Essai	X	Y	Zabsolu	Zrelatif [m]
P1	226.923.133	59.211.312	394.904	0,12
P2	226.931.666	59.177.176	394.831	0,04

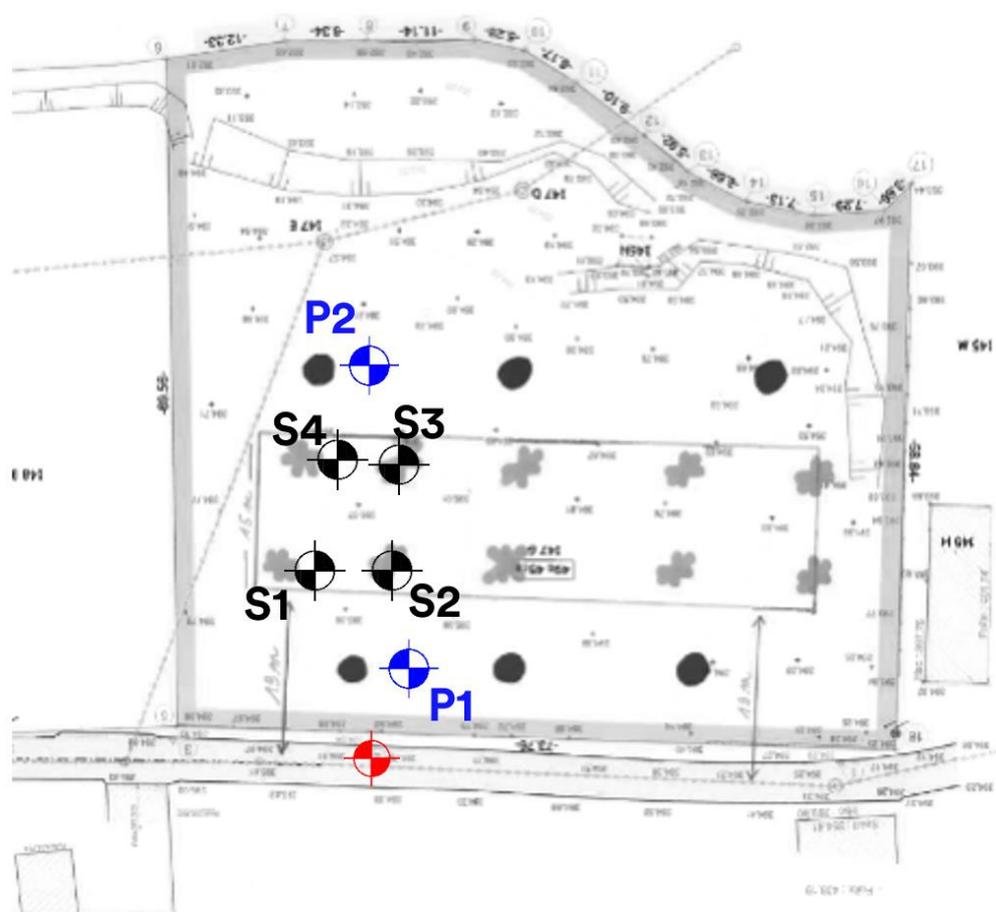




Photo 1 : Végétation trop importante sur le terrain lors de l'intervention

6. Niveau d'eau

Essai	Profondeur du niveau d'eau [m] (*)	Profondeur d'éboulement [m] (*)
S1	3,45	/
S2	3,62	/
S3	/	1,26
S4	/	2,91

(*) par rapport au terrain naturel en place lors des essais de sol.

La « profondeur d'éboulement » indique la profondeur à laquelle le trou de sondage s'est éboulé. Cette information indique qu'aucune présence d'eau n'a été relevée jusqu'à cette profondeur d'éboulement.

La valeur indiquée pour « la profondeur du niveau d'eau » se rapporte au niveau de la nappe d'eau souterraine mesuré dans le trou de sondage, immédiatement après avoir enlevé les tubes de sondage. Ces valeurs sont donc données à titre indicatif. Une bonne définition de la nappe d'eau souterraine n'est possible que lorsqu'on installe un piézomètre.

Rappelons également que le niveau de la nappe d'eau souterraine fluctue en fonction des conditions climatiques (saisons, pluviosité). En général, le niveau le plus élevé est atteint vers le 15 avril et le plus bas vers le 15 octobre (ce niveau peut varier de un à deux mètres en général).

7. Dimensionnement du système d'infiltration

Les résultats des essais de perméabilité réalisés figurent dans le tableau ci-dessous.

Points	Vitesse de percolation (cm/min)	Vitesse de percolation (m/s)
1	1,5	2,50 E-04
2	0,17	2,83 E-05
MOYENNE	0,835	1,39 E-04

Les essais présentent des résultats qui correspondent à un sol *perméable*.

Suivant l'AGW du 01 décembre 2016 relatif aux systèmes d'épuration individuelle, le type de sol est considéré équivalent à un *sol sableux*.

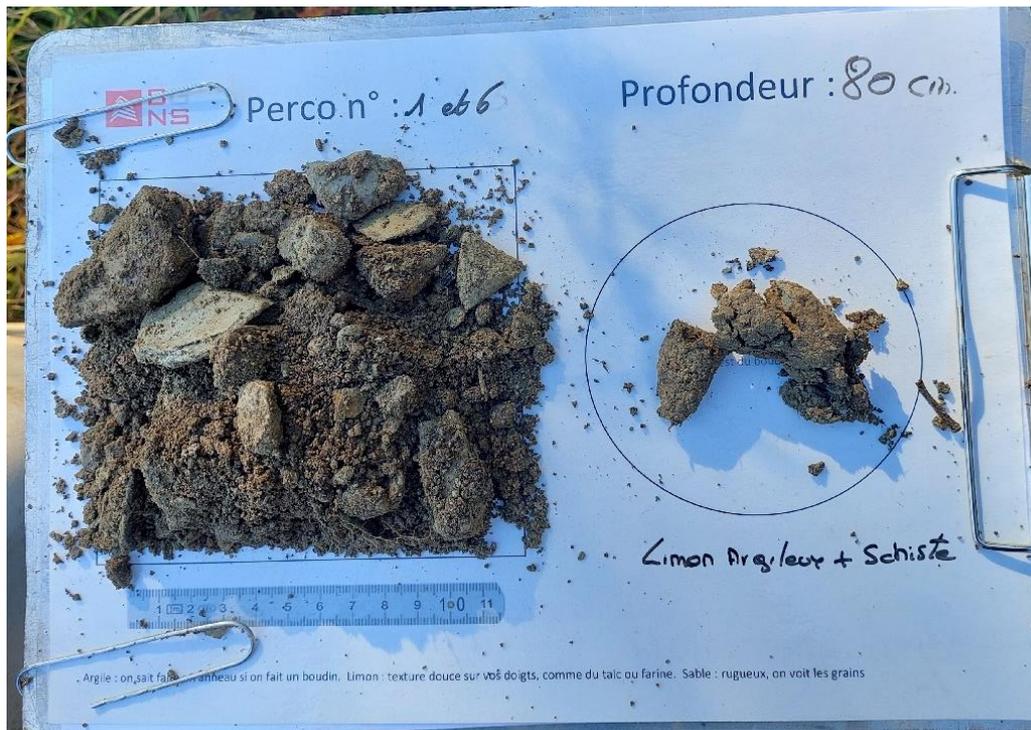


Photo 2 : Sol de nature limono-argileuse et schisteuse

Eaux usées

Nous proposons, pour l'infiltration des eaux usées épurées, les 3 dispositifs suivants :

- Tranchées d'infiltration (section minimale 0,60x0,60 m) ou drains d'infiltration dont la longueur totale minimum est de **25 m** (ce qui correspond à une surface d'infiltration de **15 m²**) pour une capacité de 5 E.H. La longueur supplémentaire par E.H. est de **8 m**.
- Tertre d'infiltration (hauteur minimale de 0,70 m) dont la surface minimum est de **35 m²** pour une capacité de 5 E.H. La surface supplémentaire par E.H. est de **6,5 m²**.
- Filtre à sable (épaisseur minimale de 0,75 m) dont la surface minimum est de **40 m²** pour une capacité de 5 E.H. La surface supplémentaire par E.H. est de **8,5 m²**.

Pour plus de renseignements : <http://environnement.wallonie.be/legis/pe/pesecteau022.htm>

La localisation des drains de dispersion pour les eaux usées doit respecter une distance minimum vis-à-vis d'autres ouvrages ou éléments naturels existants :

Point de référence	Distance horizontale au point de référence [m]
Puits ou source (privée) servant d'alimentation en eau	35
Lac ou cours d'eau, marais ou étang	15
Bâtiment	5
Drain	5
Conduite d'eau de consommation	3
Limite de propriété	3
Crête de talus	3
Arbre	2

Tableau 1 : Distance horizontale préconisée pour la mise en œuvre des drains des eaux usées²

L'infiltration des E.U. épurées par drains de dispersion est déconseillée dans les cas suivants :

Contraintes	Où trouver l'information ?	Infiltration par drains de dispersion ?
Zone de prévention de captage rapprochée arrêtée	PASH - www.spge.be www.environnement.wallonie.be	Interdite
Zone de prévention de captage rapprochée non-arrêtée Distance forfaitaire de 35m autour de la prise d'eau	PASH - www.spge.be www.environnement.wallonie.be	Déconseillée (principe de précaution)
Zone inondable (aléa d'inondation moyen ou élevé)	Carte d'aléa d'inondation Administration communale	Déconseillée
Pente du terrain >10%	Plan d'implantation - particulier Observation de terrain	Déconseillée
Profondeur de la nappe phréatique < 1,00m par rapport au fond de la tranchée d'infiltration	Observation de terrain : Terrain humide (jonc, carex), sol saturé une bonne partie de l'année Carottage de 2 m de profondeur + piézomètre	Impossible
Profondeur de la roche mère < 1,00m par rapport au fond de la tranchée d'infiltration	Carottage de 2 m de profondeur ou essais de portance	Impossible
Vitesse d'infiltration < à 10^{-6} m/s ou > $4 \cdot 10^{-3}$ m/s	Test de perméabilité ou percolation	Impossible

Tableau 2 : Contrainte à prendre en compte pour la mise en œuvre de drains de dispersion³

² Guide pratique relatif à l'infiltration des eaux usées épurées
http://environnement.wallonie.be/publi/de/eaux_usees/infiltration.pdf

³ Source : https://www.idelux-aive.be/servlet/Repository/Brochure_infiltration_AIVE_2017?ID=64810

Eaux pluviales

Concernant l'épandage des eaux pluviales, il existe plusieurs moyens de le réaliser, nous proposons les 2 solutions alternatives ci-après dont les schémas de principe sont repris en annexe.

Pour dimensionner de manière appropriée l'ouvrage de compensation de l'imperméabilisation, la surface active du site doit être calculée. La surface active est la surface équivalente pour laquelle l'eau tombée ruisselle à 100% ; elle est calculée par le produit de la surface drainante (S en m^2) et le coefficient de ruissellement (C_r) qui lui est associé.

Les coefficients de ruissellement sont repris du tableau ci-après, utilisé par les Services Techniques Provinciaux.

Nature de la surface	Valeur du coefficient de ruissellement
Forêts, bois	0,05
Prairies, jardins, zones enherbées, pelouses, parcs, ...	0,15
Champs cultivés, landes, broussailles, toitures vertes >10cm, cimetières, dalles empierrement	0,25
Dalles gazon	0,4
Terres battues, chemins de terre	0,5
Pavés à joints écartés, pavés drainants	0,7
Allées pavées, trottoirs pavés, parkings, terrains imperméabilisés	0,9
Toitures, routes, plans d'eau	1

Tableau 3 : Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la nature de la surface considérée

Ce dimensionnement est basé sur une surface active, calculée suivant plans fournis, de **90 m²**. Si les plans ne nous ont pas été fournis ou ne mentionnent aucune cote, nous prenons par défaut une surface standard de 90m².

Solution 1 : Système de tranchées d'infiltration avec volume tampon

Nous préconisons la mise en place d'un volume de rétention minimum de **3,5 m³**. Celui-ci s'évacuera dans le dispositif de drainage constitué d'une longueur totale minimum de drains (largeur de tranchée filtrante supposée de 0,60m) de **17 m** (correspondant à une surface d'infiltration de **10 m²**).

Cette surface est à additionner à la surface de drain pour les eaux usées épurées.

La durée de vidange du système sera de **0,7h**. Cette valeur est inférieure à la valeur de 24h prescrite pour un dispositif efficace.

Solution 2 : Système de massif drainant

Nous préconisons la mise en place d'un dispositif d'une superficie de **10 m²** ; ce qui correspond à un volume de massif filtrant de **5 m³**.

La durée de vidange de ce système sera de 1h.

Le présent rapport a pour objectif de donner les valeurs de perméabilité du sol et de donner des ordres de grandeur de différents ouvrages de rétention et d'infiltration (prédimensionnement). Les valeurs données ne sont valables qu'aux endroits réalisés, au moment des essais. Il se peut qu'elles évoluent au cours du temps. La mission de notre bureau de sondages de sol n'est pas une mission d'auteur de projets avec un suivi d'exécution. En conséquence, il est nécessaire de mener de manière plus approfondie l'étude du dispositif retenu (en fonction des autres terrassements du projet, des autres techniques enterrées, des contraintes topographiques et du ruissellement lié à celles-ci, des limites de propriété et d'utilisation du terrain, ...).

Le système d'infiltration/tampon est dimensionné sur base des eaux provenant des surfaces de toitures communiquées. En fonction des bassins versants, des eaux de ruissellement, des configurations des parcelles voisines pouvant concentrer les ruissellements, et d'autres paramètres externes pouvant influencer le système de drainage, nous préconisons dans tous les cas de réaliser un système de trop-plein au système de dispersion. Ce trop-plein sera raccordé au système d'égouttage si ce dernier existe, moyennant l'accord du gestionnaire, ou à défaut sur un fossé ou autre exutoire situé à proximité.

Voir annexe I concernant la situation du terrain par rapport aux zones d'aléas d'inondation et la description du type de sol.

8. Caractéristiques mécaniques du sol

Sous la couche superficielle, aux 4 essais, le sol présente directement des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes. Dans les couches sous-jacentes, on peut constater une alternance de couches meubles (valeurs de capacité portante variant entre 0,04 MPa et 0,09 MPa) et de couches de meilleure capacité portante :

- à l'essai 1 à partir d'une profondeur de 3,30m jusqu'à une profondeur de 3,70m ;
- à l'essai 2 à partir d'une profondeur de 1,50m jusqu'à une profondeur de 4,10m ;
- à l'essai 3 à partir d'une profondeur de 1,20m jusqu'à une profondeur de 3,80m ;
- à l'essai 4 à partir d'une profondeur de 2,30m jusqu'à une profondeur de 3,70m.

Nous attirons l'attention sur le niveau d'eau qui a été relevé à partir d'une profondeur de 3,45m. L'étanchéité ainsi que le drainage devront être particulièrement soignés et efficaces. En outre, dans le cas d'une habitation sur caves, la dalle de sol et les murs devront être dimensionnés de manière à reprendre la poussée des eaux.

Voir annexe I concernant la situation du terrain par rapport aux zones d'aléas d'inondation, les zones de contraintes karstiques, les risques miniers répertoriés et la description du type de sol.

9. Conclusions

Ne possédant pas toutes les données définitives de la construction (Niveau d'assise des fondations, portée des hourdis et de la toiture, matériaux utilisés,...) les conclusions ci-dessous sont conservatives et établies de manière générale. Le système de fondation ainsi que la descente des charges sont propres à chaque construction. Il est par conséquent nécessaire de réaliser une étude complète de stabilité afin de dimensionner les éléments porteurs ainsi que les fondations de la construction.

Pour des données plus précises, nous restons à votre entière disposition.

Suivant les cartes du sous-sol de Wallonie, le terrain semble situé à proximité d'une zone de présence de carrières souterraines. La présence d'une zone de consultation indique qu'il existe une donnée connue de l'Administration à l'intérieur de ce périmètre et qu'il est pertinent, sinon nécessaire, de la [questionner](#) à l'occasion de la vente ou de l'achat d'un terrain, ou pour un projet d'utilisation du sol (lotissement à réaliser, nouvelle construction, modifications importantes, passage de conduites ou de lignes électriques, etc.).

Une construction de gabarit classique (2 niveaux de hourdis) pourrait être fondée avec une assise sous la couche végétale et hors-gel sur radier général en béton armé avec un taux de travail admissible limité à 0,04 MPa.

On veillera à asseoir les fondations sur les couches de même compacité pour éviter les risques de désordre dus à des tassements différentiels.

Les résultats donnés dans ce rapport ne sont valables qu'aux endroits des tests réalisés. En conformité avec l'Eurocode 7 (ENV 1997), un contrôle visuel de la nature des couches sous-jacentes aux fondations doit être effectué lors des travaux de terrassements afin de déceler des éventuelles hétérogénéités locales. Si la présence de remblais est constatée, il y a lieu d'en avertir le bureau d'études en charge du dossier afin de déterminer la suite des travaux.



Ing. Nadin Franck



Ir. Gillet Grégory

ANNEXE I. Cartes thématiques de la DGARNE sur WalonMap



Cartographie de l'aléa d'inondation (en vigueur) – Série

Aléa d'inondation par débordement de cours d'eau et par ruissellement

Aléa d'inondation par débordement et ruissellement, échelles comprises entre le 1:25.000 et le 1:5000

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> 110 : Aléa faible par débordement | <input type="checkbox"/> 230 : Aléa élevé par ruissellement |
| <input type="checkbox"/> 120 : Aléa moyen par débordement | <input type="checkbox"/> 310 : Aléa faible par débordement & ruissellement |
| <input type="checkbox"/> 130 : Aléa élevé par débordement | <input type="checkbox"/> 320 : Aléa moyen par débordement & ruissellement |
| <input type="checkbox"/> 210 : Aléa faible par ruissellement | <input type="checkbox"/> 330 : Aléa élevé par débordement & ruissellement |
| <input type="checkbox"/> 220 : Aléa moyen par ruissellement | |

Atlas du karst wallon - Série

Sites karstiques

-  Abri-sous-roche
-  Cavité
-  Doline-Dépression
-  Dépression paléokarstique
-  Perte-Chantoir
-  Pseudo-doline
-  Puits houiller
-  Divers

Sites karstiques > 30m en surface

-  Sites karstiques > 30m en surface

Écoulements souterrains

-  Circulation d'eau souterraine hypothétique (pas de traçage)
-  Circulation d'eau souterraine vérifiée par traçage

Failles

-  Faille

Galeries

-  Galeries

Formations carbonatées

-  Craie du Crétacé
-  Calcaire du Bajocien
-  Calcaire du Sinémurien
-  Calcaire du Dévonien
-  Calcaire du Dévonien sous couverture
-  Schiste et calcaire argileux SVP du Famennien
-  Calcaire du Carbonifère
-  Calcaire du Carbonifère sous couverture
-  Poudingue du Permien

Zones de consultation de la DRIGM - Série

Présence de carrières souterraines

Présence de puits de mines

Présence potentielle d'anciens puits de mines

Présence de minières de fer

Présence de karst

Concessions minières - Série

Concessions minières ($\geq 100k$)

-  Existante
-  Existante (sous séquestre)
-  Existante (retrait en préparation)
-  Existante (retrait en cours)
-  Renoncée (avant 1988)
-  Renoncée (après 1988)
-  Retirée d'office (après 1988)
-  Déchue

Dans les zones définies, la consultation de la Direction des Risques industriels, géologiques et miniers (DRIGM - geologie@spw.wallonie.be) est recommandée, sinon nécessaire, préalablement à tout projet.

Carte Numérique des Sols de Wallonie - Série

- Sans sujet
- Carte non éditée
- Description :

Remarque(s) : /

ANNEXE II.

Solution 1 : Système de tranchées d'infiltration avec volume tampon : Dimensionnement et caractéristique

A. Calcul de la capacité de rétention d'eau

Le calcul de la capacité de rétention est donné par la formule suivante :

$$V = 1,3 \cdot S_r \cdot C_r \cdot Q$$

Avec

S_r , la surface réceptrice d'alimentation en projection horizontale [m^2] ;

C_r , le coefficient de ruissellement dont les valeurs sont données dans le tableau 3 [-] ;

Q , la quantité de pluie incidente [m^3/s] ;

Un coefficient de sécurité valant 1,3.

B. Calcul de la quantité de pluie incidente

En hydrologie, chaque évènement pluviométrique peut être caractérisé par sa durée, son intensité moyenne et sa période de retour, c'est-à-dire l'intervalle de temps statistique moyen séparant deux évènements pluviométriques d'intensité et de durées égales. Ces trois paramètres sont liés entre eux et peuvent être représentés par des courbes dites d'« Intensité - Durée - Fréquence » (courbes IDF). La présentation des informations comprises dans les courbes IDF sous forme chiffrée, se fait au travers des tableaux Quantité – Durée – Fréquence (QDF).

Suivant les recommandations du Groupe Transversal Inondations et des recommandations des communes (notamment Namur), il est conseillé de prendre une pluie de 30 l/m² (pluie avec un temps de retour de 30 ans pour 30 minutes).

Le volume de rétention sera donc égal à **3510** mm/m² ou **3,5** m³.

C. Calcul du débit d'infiltration

Le calcul du débit d'infiltration est donné par la formule :

$$D = K \cdot S_i$$

Avec :

K , le degré d'infiltration de **0,835** cm/min ou **501** mm/h ;

S_i , la surface d'infiltration de **10** m².

La formule devient :

$$D = 10 * 501 = 5010 \text{ mm/h}$$

D. Contrôle de la durée de vidange

Le calcul du contrôle du temps de vidange est donné par la formule :

$$T = \frac{V}{D}$$

La formule devient donc :

$$T = 3510 / 5010 = 0,7 \text{ h}$$

Une citerne de récupération d'eau de pluie n'est pas un ouvrage tampon (voir https://www.idelux-aive.be/servlet/Repository/Eaux_dePluie_A5?ID=59070). En effet si cette dernière est remplie, elle ne peut pas faire office de tampon.

Il est préconisé de séparer les E.U. (eaux usées) des E.P. (eaux pluviales)

La longueur des tranchées sera de 30m maximum. La distance minimum entre deux tranchées d'infiltration sera de 1,00m. La profondeur de tranchée sera d'environ 0,80m pour une largeur de 0,60m. Le fond de la tranchée doit cependant toujours se situer à une distance d'au moins 100 cm par rapport au niveau du sol moins perméable (roche mère), du sol imperméable ou du niveau de la nappe après remontée.

Nous préconisons la réalisation d'essais piézométriques afin de s'assurer que le niveau de l'éventuelle nappe d'eau souterraine ne se révèle pas trop haut. En effet, si le niveau d'eau se révèle trop haut, le sol étant saturé en eau, le système d'infiltration pourrait s'avérer inefficace et il faudrait alors s'orienter vers un système d'évacuation conforme (rejet vers un fossé, égouttage public, ...)

En l'absence d'eau à faible profondeur, le réseau de drain sera établi sur un plan horizontal. Le fond de la tranchée est rempli de matériaux filtrants tels que graviers, concassés ou pierrailles (calibre 20/32). Les drains de dispersion rigides ($\varnothing \geq 110\text{mm}$) sont posés sur ce lit de gravier avec une pente de 0,5 à 1%. Les orifices des drains sont soit des trous de 8mm de diamètre soit des fentes de 5mm de large, sur 1/3 de la circonférence. Dans le cas où le terrain comporte une pente supérieure à 5cm/m, les drains de dispersion seront placés en lignes perpendiculaires au sens de la pente (parallèles aux courbes de niveaux). Pour les E.P., le massif peut être entouré d'un géotextile mais jamais pour les E.U. (risque de colmatage par des matières en suspensions).

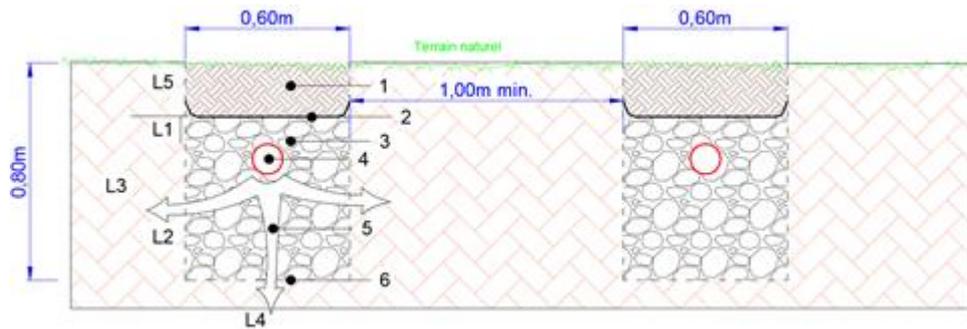


Figure 1 : Coupe type d'une tranchée d'infiltration E.U.

1	Sol de remblais	L1	10 cm min.
2	Géotextile	L2	50 cm (30 cm min.)
3	Matériau dispersant	L3	60 cm (40 cm min.)
4	Drain dispersant	L4	60 cm
5	Répartition de l'eau à filtrer	L5	20 cm
6	Interface matériau dispersant/sol naturel		

Solution 2 : Système de massif drainant : Dimensionnement et caractéristiques

Le volume de l'ouvrage de gestion intégrée en m³ est déterminé par la formule suivante :

$$V = (Q_{in} - Q_{out}) \cdot \frac{D}{IV}$$

Avec :

D, la durée de la pluie [s]. Dans notre cas, on prendra une pluie de 2 heures conformément aux recommandations de l'A.I.D.E ;

Q_{in}, le débit entrant [m³/s] ;

Q_{out}, le débit sortant en [m³/s] ;

IV, l'indice de vide du massif drainant valant 30% pour empierrement et 95% pour S.A.U.L. [%].

Le débit entrant est déterminé en fonction de l'intensité de la pluie, des coefficients de ruissellement des zones et de leur surface

$$Q_{in} = \frac{I}{1000} \cdot \sum_i C_{ri} \cdot A_i$$

Avec :

C_i, le coefficient de ruissellement de la zone i [-] ;

A_i, la surface de la zone i [Ha] ;

I, l'intensité de la pluie [l/(s.Ha)] (<https://www.meteo.be/fr/climat/atlas-climatique/climat-dans-votre-commune>).

L'intensité de la pluie est déterminée par la formule suivante :

$$I = \frac{V_{ep}}{D \cdot 10000}$$

Avec :

V_{ep} , la valeur extrême pluvieuse [l/m^2] ;
 D, la durée de la pluie correspondante [s].

Le débit sortant correspond au débit d'infiltration de l'ouvrage de gestion intégrée. Le débit d'infiltration est donné par la formule suivante :

$$Q_{out} = Q_{infiltration} = S_{infiltration} \cdot V_{infiltration}$$

Le massif drainant a normalement une hauteur de 0,50 m. La profondeur du lit d'infiltration est donc de 0,80 m en considérant 0,20 m de remblais de terre et 0,10m de graviers placés au-dessus du massif.

Le volume du massif drainant est donné par la formule suivante :

$$V = S_{infiltration} \cdot H = S_{infiltration} \cdot 0,5$$

En combinant les équations, on trouve donc la surface d'infiltration du massif drainant :

$$S_{infiltration} = \frac{(Q_{in} \cdot D)}{\left(IV \cdot \left(h + V_{infiltration} \cdot \frac{D}{IV} \right) \right)}$$

Pour le cas présent, les valeurs suivantes ont été prises en compte pour le dimensionnement :

Vitesse d'infiltration : **1,39 E-04** m/s

IV : **30** %

Hauteur du massif : **0,5** m

Q_{in} : **5,19 E-04** m³/s

Q_{out} : **5,57 E-04** m³/s

Intensité de la pluie : **57,64** l/(s.Ha)

La fonction essentielle d'un massif est de stocker un épisode de pluie. Le stockage de l'eau se fait dans la structure granulaire. L'eau est évacuée vers un exutoire (réseau, puits ou bassin de rétention) ou par infiltration dans le sol et, dans une moindre mesure, par évapotranspiration. Ces différents modes d'évacuation se combinent selon leur propre capacité. En général, lorsque l'infiltration est très limitée, le rejet à l'exutoire est nécessaire, de préférence à débit régulé avec un système de trop-plein en cas de pluie exceptionnelle.

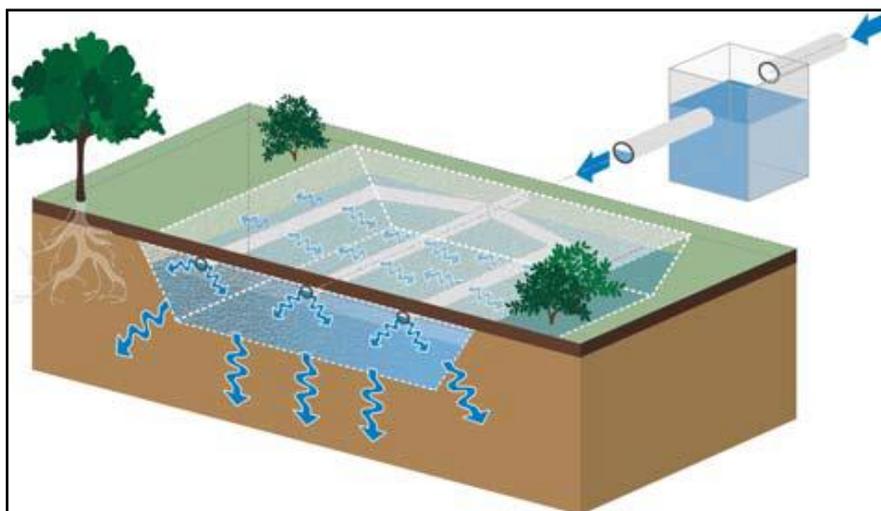


Figure 2 : Massif infiltrant recouvert de terres arables, invisible. L'eau est injectée à l'aide d'un réseau de drains de dispersion supérieur provenant d'une chambre de visite de décantation. Le massif de gravier est protégé des terres par un géotextile sur toute sa surface de contact

- Veiller à ce que la pente des surfaces de récolte des eaux de ruissellement soit correctement dirigée vers le massif.
- Veiller à la bonne réalisation de l'enveloppement du géotextile et de sa continuité autour de la structure granulaire (recouvrement min. 30cm).
- De manière générale, toute plantation dans ou à proximité d'un ouvrage doit être étudiée en fonction de l'importance de son système racinaire potentiel et de la place disponible dans l'éventuel volume imperméabilisé ou à l'extérieur de celui-ci. Les bambous sont prohibés dans le cas d'une imperméabilisation par géo-membrane.
- Ne pas planter le massif s'il est rendu imperméable par une géo-membrane qui risque de se détériorer à proximité des racines. Choisir ses plantations en fonction de l'importance racinaire de la variété afin que celle-ci ne colmate pas la structure granulaire.
- Une distance minimale par rapport aux arbres doit être observée, équivalente au rayon de la couronne de l'arbre à taille adulte.
- Des bâtiments ne peuvent pas être construits au-dessus des massifs et tranchées.
- Il est préférable que les eaux de ruissellement ne soient pas trop chargées en matière en suspension afin de réduire le risque de colmatage de la structure granulaire. On préfère une technique alternative en cas de charge trop importante. Dans tous les cas, il est utile de prévoir un système de filtration et de décantation qui protège la structure granulaire d'un colmatage trop rapide, par exemple :
 - pré-filtre entre les descentes d'eau et le massif, éventuellement un dégrillage,
 - géotextile à 20 cm sous la surface de la structure granulaire,
 - couche de terre engazonnée avec géotextile sous celle-ci,
- Il est recommandé d'utiliser une grave drainante 20/60 avec un indice de vide de 30%. On peut également utiliser d'autres matériaux non gélifs possédant un indice de vide supérieur. Il faut toutefois garder en mémoire que l'indice de vide du matériau utilisé permet de réduire le volume et la hauteur de l'ouvrage, mais non sa surface, laquelle détermine directement son temps de vidange ...

Il existe de nombreux systèmes d'infiltration et nous reprenons dans ce rapport les plus utilisées. Pour plus de renseignements : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/vue-d-ensemble-des-dispositifs.html?IDC=5352>