



Essais de sol et analyses
géotechniques

PROCES VERBAL D'ESSAI RAPPORT ES31424/25_B

DEMANDE PAR :

POUR LE COMPTE DE :

LIEU DES ESSAIS :
Rue de la Chapelle
6990 Ménil

DATE DU RAPPORT : 08/07/2025

Table des matières

1.	Présentation de la campagne.....	1
1.1.	Contexte hydrogéologique	1
1.1.1.	Cartes thématiques de la DGARNE sur WalOnMap : Aléas.....	1
1.1.2.	Cartes thématiques de la DGARNE sur WalOnMap : PASH.....	4
1.2.	Implantation et nivellement	6
2.	Essais de portance	8
2.1.	Description des machines et des essais dynamiques	8
2.2.	Interprétation des résultats des essais dynamiques	8
2.3.	Niveau d'eau	9
2.4.	Caractéristiques mécaniques du sol	9
2.5.	Conclusions	10
3.	Essais d'infiltration de l'eau.....	11
3.1.	Méthodologie de l'essai de perméabilité	11
3.1.1.	Tests en surface.....	11
3.1.2.	Tests en profondeur	12
3.2.	Dimensionnement du système d'infiltration	13
3.3.	Essai de percolation profond	16
4.	Annexe.....	17

1. Présentation de la campagne

La campagne d'essais de sol que nous avons menée comprend :

- En partie 2 : des essais de portance visant à donner un avis sur le type de fondations à envisager suivant le projet du Maître de l'Ouvrage. Notre rapport comprend les résultats de ces essais permettant au Bureau d'Etudes de réaliser le dimensionnement des fondations.
- En partie 3 : des tests de percolation afin de concevoir le système d'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées en répondant aux exigences de la réglementation en vigueur tout en tenant compte du projet du Maître de l'Ouvrage.

1.1. Contexte hydrogéologique











1.1.1. Cartes thématiques de la DGRNE sur WalOnMap : Aléas








a) Aléa d'inondation

<input checked="" type="checkbox"/>		A priori nul
<input type="checkbox"/>	■	Aléa faible
<input type="checkbox"/>	■	Aléa moyen
<input type="checkbox"/>	■	Aléa élevé









b) Atlas du Karst wallon

<input checked="" type="checkbox"/>		Sans objet
<input type="checkbox"/>		Abri sous-roche
<input type="checkbox"/>		Cavité
<input type="checkbox"/>		Doline-Dépression
<input type="checkbox"/>		Dépression paléokarstique
<input type="checkbox"/>		Perte-Chantoir
<input type="checkbox"/>		Pseudo-Doline
<input type="checkbox"/>		Puits houiller
<input type="checkbox"/>		Puits naturel
<input type="checkbox"/>		Résurgence-Exurgence
<input type="checkbox"/>		Divers
<input type="checkbox"/>		Substratum :

c) Zones de consultation de la DRIGM

<input checked="" type="checkbox"/>		Sans objet
<input type="checkbox"/>		Présence de carrières souterraines
<input type="checkbox"/>		Présence de puits de mines
<input type="checkbox"/>		Présence potentielle d'anciens puits de mines
<input type="checkbox"/>		Présence de minières de fer
<input type="checkbox"/>		Présence de karst

d) Concessions minières – nature des gisements

<input checked="" type="checkbox"/>		Sans objet
<input type="checkbox"/>		Concession de mines de houille
<input type="checkbox"/>		Concession des mines métalliques
<input type="checkbox"/>		Concession de mines de fer
<input type="checkbox"/>		Concession de mines d'or
<input type="checkbox"/>		Concession de mines de schistes alunifères
<input type="checkbox"/>		Concession de mines de graphite
<input type="checkbox"/>		Concession de mines de lignite
<input type="checkbox"/>		Réservoir souterrain de stockage de gaz naturel

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.

e) Carte numérique des sols de Wallonie – Définition du type de sol



<input type="checkbox"/>	Sans objet
<input type="checkbox"/>	Carte non éditée
<input checked="" type="checkbox"/>	Description : Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailloux

Remarque(s) : /









1.1.2. Cartes thématiques de la DGARNE sur WalOnMap : PASH











a) Régime d'assainissement

<input type="checkbox"/>		Sans objet
<input type="checkbox"/>		Collectif
<input type="checkbox"/>		Collectif hors zone urbanisable
<input checked="" type="checkbox"/>		Autonome
<input type="checkbox"/>		Transitoire






b) Éléments linéaires du réseau d'assainissement - Egouts

<input checked="" type="checkbox"/>		Sans objet
<input type="checkbox"/>	   	Egout gravitaire
<input type="checkbox"/>	   	Egout sous pression

c) Éléments linéaires du réseau d'assainissement – collecteurs

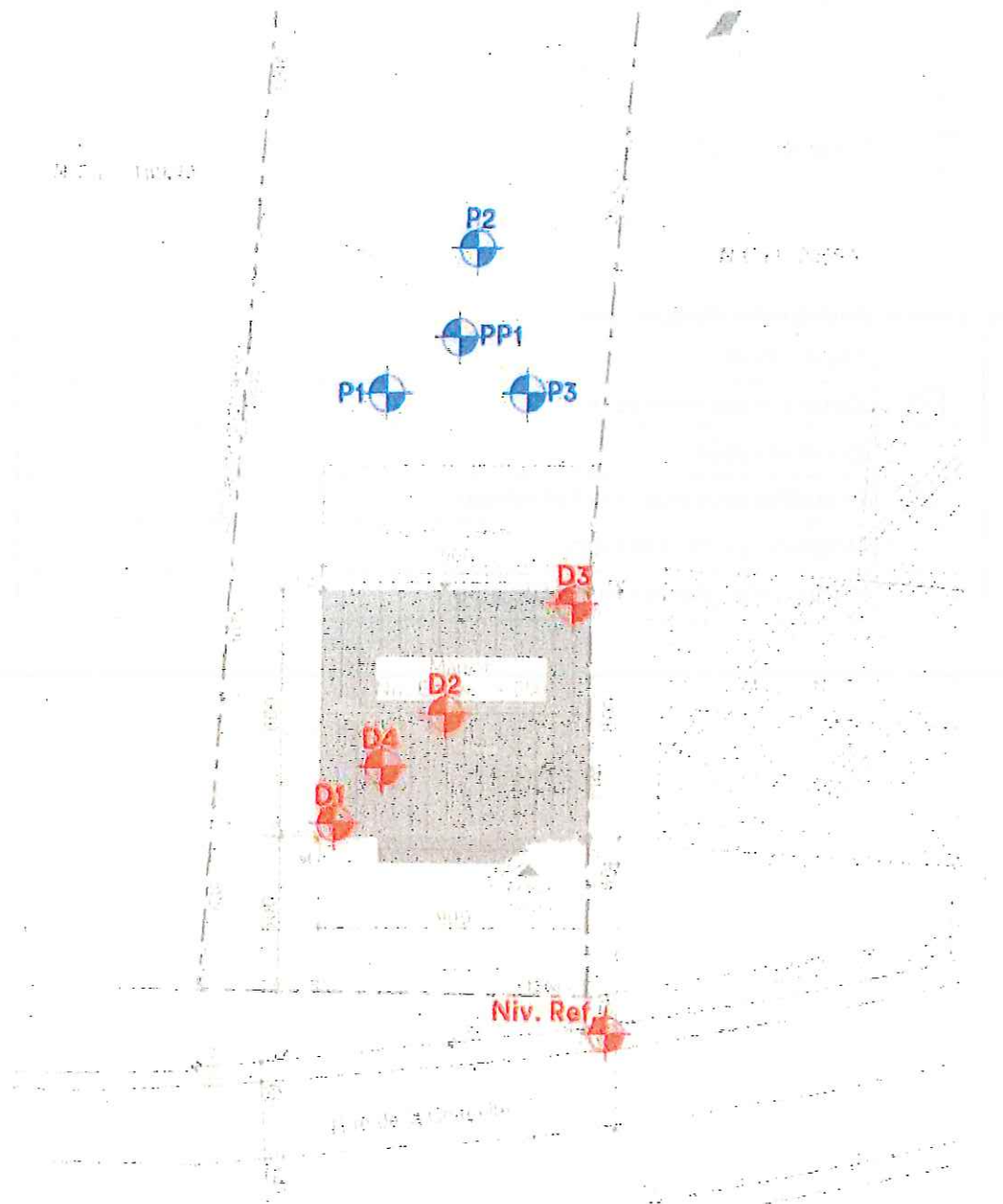
<input checked="" type="checkbox"/>		Sans objet
<input type="checkbox"/>	   	Collecteur gravitaire
<input type="checkbox"/>	   	Collecteur sous-pression

d) Zones de protection des captages d'eau

<input type="checkbox"/>		Sans objet
<input type="checkbox"/>		Zone de surveillance
<input type="checkbox"/>		Zone arrêtée
<input type="checkbox"/>		Enquête en cours ou terminée
<input type="checkbox"/>		Dossier à l'instruction
<input checked="" type="checkbox"/>		Zone de prévention forfaitaire

1.2. Implantation et nivellement

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée nous avons réalisé 4 essais au pénétromètre dynamique (D), 3 tests de percolation en surface (P) et 1 test de percolation en profondeur (PP) qui sont repérés sur le plan d'implantation ci-dessous. Au vu des résultats hétérogènes, un essai supplémentaire a été réalisé.



Les cotes de niveau du terrain naturel au droit des essais ont été relevées par rapport au niveau repère 0,00m pris sur l'avaloir situé à l'avant droit du terrain.



Photo 1 : Niveau de référence

Essai	Cote en m	Essai	Cote en m
D1	-0,41	P1	-1,44
D2	-0,61	P2	-2,01
D3	-1,10	P3	-1,57
D4	-0,54	PP1	-1,66

2. Essais de portance

2.1. Description des machines et des essais dynamiques

L'essai de pénétration dynamique est réalisé selon la norme NBN EN ISO 22476-2 : 20059 - Reconnaissance et essais géotechniques - Essais en place - Partie 2 : Essai de pénétration dynamique.

Celui-ci consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni en tête d'une pointe conique, et ce par l'intermédiaire de coups donnés par un mouton de masse déterminée tombant d'une hauteur déterminée. Au cours de l'essai, à chaque palier de 10 cm, le nombre de coup N nécessaires pour enfoncer le train de tiges sur la longueur du palier est enregistré. En tenant compte du poids des différents éléments du train de tiges, on obtient alors la résistance de pointe dynamique R_d [kg/cm²].

Caractéristiques géométriques de la pointe de sondage :

- Angle au sommet : 90[°]
- Section à la base du cône pour les essais de Pénétration Dynamiques Moyens ou Lourds (DPM/DPH) : 15 [cm²]
- Section à la base du cône pour les essais de Pénétration Dynamiques Légers (DPL) : 10 [cm²]

Diamètre extérieur des tiges de battage pour les essais DPM et DPH : 32 [mm]

Diamètre extérieur des tiges de battage pour les essais DPL : 22 [mm]

Masse du mouton :

- Pour les essais DPL : 10 [kg]
- Pour les essais DPM : 30 [kg]
- Pour les essais DPH : 50 [kg]

Hauteur de chute du mouton : 50[cm]

Vitesse d'enfoncement : entre 15 et 30 [coups/minute]

2.2. Interprétation des résultats des essais dynamiques

La mesure du nombre de coups (N) nécessaires pour enfoncer de 10 cm le train de tiges permet de déterminer la résistance de pointe dynamique R_d définie comme suit :

$$R_d = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e \cdot (M + P)} \quad [\text{kg/cm}^2]$$

Avec :

- M, la masse du mouton de battage [kg]
- H, la hauteur de chute du mouton = 50 [cm]
- A, la section de la pointe = 15 [cm²]
- e, l'enfoncement par coup = 10/N [cm]
- P, la masse totale du train de tiges et de l'enclume [kg]

La contrainte admissible q_{adm} est directement proportionnel à R_d .

2.3. Niveau d'eau

Essai	Profondeur du niveau d'eau [m] (*)	Profondeur d'éboulement [m] (*)
D1	/	1,70
D2	2,54	/
D3	/	1,03
D4	1,92	/

(*) 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).

2.4. Caractéristiques mécaniques du sol

Sous la couche superficielle, aux 4 essais, le sol présente directement des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes avec des valeurs de capacité portante de l'ordre de 0,10 MPa à 0,50 MPa. On peut cependant remarquer une couche avec des caractéristiques mécaniques moyennes à médiocres (valeurs de capacité portante variant entre 0,05 MPa et 0,09 MPa) :

- À l'essai 2 à une profondeur de 0,90m sur une épaisseur de 0,10m ;
- À l'essai 3 à une profondeur de 1,10m sur une épaisseur de 0,70m.

Le refus prématuré de la machine à une profondeur variant de 1,70m à 3,80m sous le terrain naturel laisse supposer la présence de débris rocheux voire de roche.

2.5. 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.

Une habitation de gabarit classique (2 niveaux de hourdis) pourrait être fondée en utilisant la solution ci-après en fonction de la profondeur d'assise par rapport au terrain naturel en place lors de la réalisation des sondages de sol :

- Assise sous la couche végétale, hors-gel, en l'absence de remblais et jusqu'à une profondeur de 1,80m par rapport au terrain sur **radier général en béton armé** avec un taux de travail admissible limité à 0,06MPa.
- Assise sous une profondeur de 1,80m par rapport au terrain sur **semelles filantes en béton armé** ; le taux de travail admissible est limité à 0,14 MPa. Sous une profondeur minimale de 2,90m, ce taux peut être amené à 0,20 MPa.

Cependant, il est conseillé d'inspecter les environs de l'essai 3. En effet si la zone de mauvais sol rencontrée à une profondeur de 1,10m n'est que très locale, cette zone peut être substituée par de l'empierrement ou du sable stabilisé. Une habitation de gabarit classique (2 niveaux de hourdis) pourrait être fondée sous la couche végétale, hors gel, sous remblais éventuels et en l'absence de remblais constitués de matériaux grossiers (à vérifier lors des terrassements), sur **semelles filantes en béton armé** faisant également office de poutre de raidissement longitudinal avec un taux de travail admissible limité à 0,10 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 ou de matière organique est constatée, il y a lieu d'en avertir le bureau d'études en charge du dossier afin de déterminer la suite des travaux. Nous recommandons toujours la réalisation de forages mécaniques afin de vérifier la nature du sol et l'absence de matières organiques sous les fondations qui pourraient créer des tassements.

3. Essais d'infiltration de l'eau

3.1. Méthodologie de l'essai de perméabilité

3.1.1. Tests en surface

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 38 cm de profondeur pour le point 1,3 et un trou de 36 cm pour le point 2 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

3.1.2. Tests en profondeur

Préparation

Un forage jusqu'à une profondeur maximale de 4,00m est réalisé.

Un tube de PVC ($\varnothing 32\text{mm}$) est placé avec une partie filtrante de 1 mètre sur le bas.

On remblaye autour du tube, sur 50cm de hauteur avec du gravier.

Le tube est rempli d'eau jusqu'à son bord.

Mesures

La baisse de niveau est ensuite observée toutes les minutes pendant les 5 premières minutes, puis toutes les cinq minutes pendant 40 minutes et une dernière fois une heure après la première mesure.

Résultats

Les tests de perméabilité sont réalisés dans un sol situé au-dessus de la nappe.

La perméabilité en mètres par seconde sera calculée par la formule :

$$k = \left(\frac{d}{F}\right) \cdot \frac{\ln \frac{h_1}{h_2}}{\Delta t}$$

Avec : K, la perméabilité [m/s] ;

D, le diamètre du tube valant 32 [mm] ;

F, la hauteur de la partie filtrante valant 1 [m] ;

h_1 , la hauteur de l'eau dans le tube au temps t_1 [m] ;

h_2 , la hauteur de l'eau dans le tube au temps t_2 [m] ;

$\Delta t = t_2 - t_1$ [s].

Une interpolation est ensuite établie sur base des dernières mesures (régime d'infiltration établi).

Le débit en mètres cube par seconde du puits d'infiltration sera calculé par la formule :

$$Q = m \cdot k \cdot H \cdot B$$

Avec : Q, le débit [m^3/s] ;

K, la perméabilité du sol [m/s] ;

H, la différence entre le niveau de l'eau dans le puits et le niveau statique de la nappe [m] ;

B, le diamètre du puits [m] ;

$m = \min (m_1 ; m_2)$, un coefficient de forme [-].

$$m_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda}{\ln (\lambda + \sqrt{\lambda^2 + 1})}$$

$$m_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\lambda^2 - 1}}{\ln (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1})}$$

Avec : λ , le rapport entre hauteur L et diamètre B de la cavité d'infiltration [-].

3.2. 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	0,2	3,33 E-05
3	0,23	3,83 E-05
MOYENNE	0,643	1,07 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 1 : Sol de nature limoneuse (+présence de pierres)

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 **35 m** (ce qui correspond à une surface d'infiltration de **21 m²**) pour une capacité de 5 E.H. La longueur supplémentaire par E.H. est de **8 m**.
- Terre 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 > 4×10^{-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

Il est conseillé que les dispositifs d'infiltration des eaux pluviales soient distants d'au moins 3 mètres des bâtiments et de 2 mètres des limites parcellaires afin de ne pas impacter les fonds voisins.⁴

Ce dimensionnement est basé sur une surface active, calculée suivant plans fournis, de **80 m²**.

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

Nous préconisons la mise en place d'un volume de rétention minimum de **3,1 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 **0,8 h**. Cette valeur est inférieure à la valeur de 24h prescrite pour un dispositif efficace.

⁴ Source : <https://ediwall.wallonie.be/referentiel-gestion-durable-des-eaux-pluviales-2023-numerique-111042>

Cependant, en suivant la feuille de calcul du GTI^{LI}, la mise en place d'une surface d'infiltration de 10m² et d'un volume d'eau à maîtriser de 1,2m³ minimum est nécessaire. Cela correspond par exemple à un volume-de rétention de 1,2m³ et une longueur totale minimum de drains (largeur de tranchée filtrante supposée de 0,60m) de 17m. Le temps de vidange est de 0,62 heures. Le temps de vidange par infiltration doit être inférieur à 48h pour être considéré efficace (GTI).

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 **1,3 h**.

Cependant, en suivant la feuille de calcul du GTI, la mise en place d'une surface d'infiltration de 10 m² et d'un volume d'eau à maîtriser de 1,5m³ minimum est nécessaire. Cela correspond par exemple à un massif drainant de 10m² pour un volume de 1,5m³ (hauteur de 0,5m et indice de vide de 30%). Le temps de vidange est de 0,62 heures. Le temps de vidange par infiltration doit être inférieur à 48h pour être considéré efficace (GTI).

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, ...).

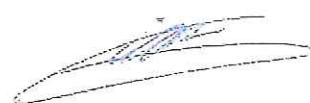
Le système d'infiltration/tampon est dimensionné sur base des eaux provenant des surfaces de toitures communiquées. En fonction des bassins versants, des eaux de ruissellement, des configurations des parcelles voisines pouvant concentrer les ruissellements, et d'autres paramètres externes pouvant influencer 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.

3.3. Essai de percolation profond

Le forage a été réalisé jusqu'à une profondeur de 0,43m. A cette profondeur, il n'est pas possible d'envisager d'infiltrer les eaux en profondeur. En effet, il faut atteindre une profondeur de minimum 1,50m. Si on veut connaître la perméabilité des couches en profondeur, il est nécessaire de réaliser des forages au moyen d'une machine plus puissante.



Ing. Nadin Franck



Ir. Gillet Grégory

4. Annexe

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 **3120 mm/m²** ou **3,1 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 **0,643 cm/min** ou **385,8 mm/h** ;

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

La formule devient :

$$D = 10 * 385,8 = 3858 \text{ mm/h}$$

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 :

$$T = 3120 / 3858 = 0,8 \text{ h}$$

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 : **1,07 E-04** m/s

IV : **30** %

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

Q_{in} : **4,54 E-04** m³/s

Q_{out} : **4,29 E-04** m³/s

Intensité de la pluie : **56,81** 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.

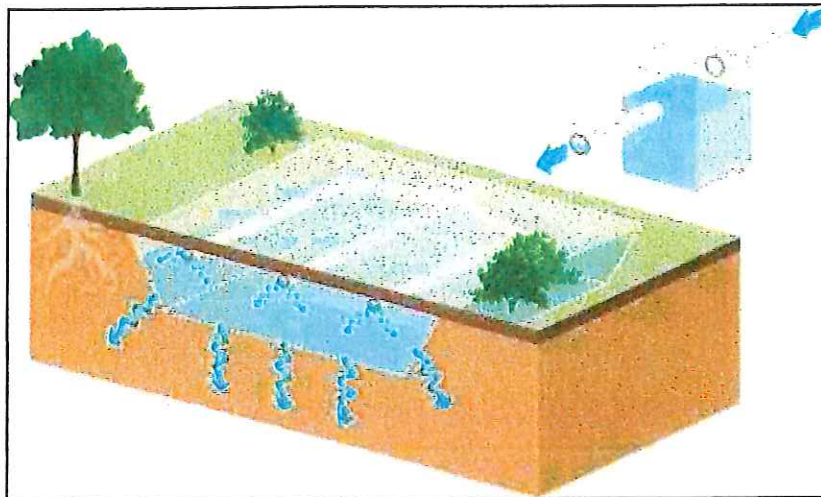


Figure 2 : Massif infiltrant recouvert de terres arables, invisible. L'eau est injectée à l'aide d'un réseau de drains de dispersion supérieur provenant d'une chambre de visite de décantation. Le massif de gravier est protégé des terres par un géotextile sur toute sa surface de contact

- 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 préférera 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>