

Syndicat Mixte du Lac d'Annecy

7, rue des terrasses B.P. 39, 74 962 CRAN-GEVRIER
Tel : 04 50 66 77 77 – Fax : 04 50 66 77 88



l'oxygène
à la source

Schéma général d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales

Schéma général d'assainissement des eaux pluviales urbaines

Document de référence pour la réalisation de
tests d'infiltration adaptés

	 19 rue de Lac Saint-André, 73370 Le Bourget-du-Lac Tel : 04 79 84 54 96	 
SAFEGE Bâtiment Universaône - 18 rue Félix Mangini, 69009, Tel : 04 72 19 89 70		

Date	Objet des modifications
Juin 2019	
Juillet 2019	
Février 2020	

TABLE DES MATIERES

1. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF DE CE DOCUMENT	3
1.1. PROBLEMATIQUE	3
1.2. OBJECTIF DE CE DOCUMENT	4
2. ANALYSES PREALABLES A REALISER	5
2.1. ANALYSE DU CADRE REGLEMENTAIRE DU PROJET	5
2.2. COLLECTE ET VALORISATION DES EVENTUELLES ETUDES ET INVESTIGATIONS DEJA REALISEES SUR LE SITE	5
2.3. ANALYSE DE L'HISTORIQUE DU SITE	5
2.4. ANALYSE DU CONTEXTE PEDOLOGIQUE, GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU SITE	5
2.5. UTILISATION DES RESULTATS DES ETUDES GEOTECHNIQUES	6
2.6. ANALYSE DES EVENTUELLES CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS PARTICULIERES VIS-A-VIS DE L'INFILTRATION	6
2.7. IDENTIFICATION DES EVENTUELS MOUVEMENTS DE SOLS LIES AU PROJET	6
2.8. PREMIERES REFLEXIONS SUR LA LOCALISATION ET LA NATURE DES SOLUTIONS DE GESTION DES EAUX PLUVIALES	6
2.9. VISITE DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT	7
2.10. PREMIERES RECONNAISSANCES DES SOLS	7
3. AIDE AUX CHOIX DU TYPE DE TEST A REALISER	8
3.1. PRESENTATION DES DIFFERENTS TYPES DE TESTS ENVISAGEABLES	8
3.2. FORCES ET FAIBLESSES DES DIFFERENTS TYPES DE TESTS ENVISAGEABLES (REPRESENTATIVITE, FACILITE DE MISE EN ŒUVRE)	9
3.3. CONCLUSIONS SUR LE TYPE DE TEST A PRIVILEGIER SELON LE CONTEXTE	10
3.4. CAS DE MUTUALISATION POSSIBLE AVEC LES TESTS EVENTUELLEMENT REALISES DANS LE CADRE DE L'ETUDE DE FAISABILITE D'UNE FILIERE ANC	11
4. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN ŒUVRE ET L'INTERPRETATION DES TESTS	12
4.1. PERIODE	12
4.2. LOCALISATION ET DENSITE	12
4.2.1. <i>Cas d'une infiltration envisagée dans un secteur particulier</i>	12
4.2.2. <i>Cas d'une infiltration envisagée « à la source » et donc répartie sur l'ensemble du site</i>	12
4.3. PROFONDEUR ET CHARGE	13
4.4. PROTOCOLE DE MESURE	14
4.5. EXPLOITATION ET INTERPRETATION DES MESURES	16
4.5.1. <i>Calcul des vitesses d'infiltration moyenne</i>	16
4.5.2. <i>Analyse des résultats et choix des valeurs de référence</i>	17
4.6. DIMENSIONNEMENT DES DISPOSITIFS D'INFILTRATION	19
4.7. ORDRE DE GRANDEUR DES VITESSES D'INFILTRATION ET TENDANCES POUR LA FAISABILITE DE L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES	20
4.7.1. <i>Ordres de grandeur des vitesses d'infiltration</i>	20
4.7.2. <i>Tendances pour la faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales</i>	20
5. CONTENU DU RAPPORT DE TESTS D'INFILTRATION A TRANSMETTRE AU SERVICE EAUX PLUVIALES	21
5.1. RESULTATS DES ANALYSES PREALABLES	21
5.2. DESCRIPTION ET JUSTIFICATION DES TESTS REALISES	21
5.3. RESULTATS	22
5.4. ANALYSES DES RESULTATS ET CHOIX DES VALEURS DE REFERENCE	22
6. QUELQUES RECOMMANDATIONS POUR PRESERVER LES CAPACITES D'INFILTRATION DES DISPOSITIFS MIS EN ŒUVRE	23
6.1. LORS DE LA CONCEPTION	23
6.2. LORS DE LA REALISATION	23
6.3. LORS DE L'EXPLOITATION	23

1. Problématique et objectif de ce document

1.1. Problématique

La majorité des solutions de gestion intégrée des eaux pluviales privilégient au maximum l'infiltration (avec les précautions nécessaires selon le contexte), à la fois :

- × pour limiter les aménagements à réaliser (limiter l'emprise des espaces de rétention, si possible se dispenser d'ouvrages de régulation et de raccordement aux réseaux existants),
- × pour mettre à profit les capacités épuratives du sol et ainsi préserver les milieux récepteurs.

Pour un projet urbain, l'évaluation de la capacité d'infiltration des eaux pluviales est un paramètre aussi essentiel que sensible, pour le choix du type de solution à mettre en œuvre et pour son dimensionnement. La surestimation des capacités d'infiltration risque d'entraîner des débordements des ouvrages plus fréquents que prévus, avec des conséquences dommageables pour l'aval et/ou pour le projet lui-même. A l'inverse, la sous-estimation des capacités d'infiltration se traduit par des emprises et des investissements plus importants que nécessaires.

Seuls des tests d'infiltration peuvent permettre une évaluation suffisamment solide de la capacité d'infiltration, à condition qu'ils soient adaptés et correctement réalisés. Notons que le recours à des essais en laboratoire n'est pas adapté, car ils ne permettent pas de tenir compte de l'état des sols en place.

On constate, sur le territoire, une grande diversité des types de tests réalisés, des protocoles de mesure et des interprétations de ces mesures, avec en conséquence des écarts parfois significatifs dans les hypothèses de dimensionnement retenues d'une méthode à l'autre.

La mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau dans un sol en place fait en effet l'objet, d'une manière générale, de multiples interrogations sur les modes opératoires et les interprétations des mesures. Les difficultés rencontrées et les questions qui se posent sont, entre autres, les suivantes :

- × Le comportement d'un sol est différent selon son degré de saturation ; quel état de sol faut-il tester, et comment notamment s'assurer qu'un sol est réellement « saturé » ?
- × La variabilité des caractéristiques intrinsèques d'un sol est très importante : comment rendre compte de cette variabilité ? quelle vitesse d'infiltration faut-il retenir ?

- × Les travaux de terrassement préalables à la construction modifient parfois radicalement les caractéristiques des sols qui seront finalement en surface ; comment s'assurer que l'on teste bien les sols qui seront sollicités pour l'infiltration des eaux pluviales de l'opération ?

1.2. Objectif de ce document

Ce document s'adresse à tous les maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et bureaux d'études spécialisés dans la gestion des eaux pluviales sur le territoire. Il a pour objectif de les **guider dans** :

- × **Les analyses préalables** à réaliser,
- × **Le choix du type de test à réaliser**, en fonction du contexte du projet,
- × **La mise en œuvre et l'interprétation** de ces tests.

Il servira également de guide aux services instructeurs, dans l'analyse des dossiers soumis par les pétitionnaires.

2. Analyses préalables à réaliser

Avant même de déterminer le type et les caractéristiques des tests à réaliser, un certain nombre d'analyses préalables sont nécessaires.

2.1. Analyse du cadre réglementaire du projet

Il s'agit en particulier de positionner le projet sur les cartographies du zonage pluvial et **d'identifier les règles et recommandations qui s'appliquent au projet en matière de gestion des eaux pluviales, au travers du zonage pluvial et du document d'urbanisme.**

2.2. Collecte et valorisation des éventuelles études et investigations déjà réalisées sur le site

Le site a pu faire l'objet d'autres projets par le passé, et d'études associées pouvant fournir des éléments d'analyse précieux sur son historique, son contexte pédologique, géologique et hydrogéologique, voire ses capacités d'infiltration si des tests ont déjà été réalisés. Bien entendu, il s'agit de réaliser une **analyse critique de ces documents, afin de sélectionner ce qui peut être valorisé.**

2.3. Analyse de l'historique du site

Les sols urbains demandent une vigilance particulière. Ils ont pu faire l'objet de modifications lors d'aménagements passés (remaniements, apports de matériaux extérieurs de toute nature, compactage, drainage agricole...), **ayant pu entraîner une forte hétérogénéité et avec un impact parfois radical sur leurs capacités d'infiltration.** Il convient donc d'interroger les informations historiques disponibles sur le site où l'on envisage d'infiltrer les eaux pluviales, afin de disposer des informations les plus complètes possibles sur la nature du sol et son hétérogénéité.

2.4. Analyse du contexte pédologique, géologique et hydrogéologique du site

Cette analyse, sur la base notamment de la carte géologique à 1/50 000 fournie par le BRGM, peut donner des **premières tendances sur les types de sol et sous-sol et sur la présence éventuelle d'une nappe phréatique peu profonde.**

2.5. Utilisation des résultats des études géotechniques

Si des études géotechniques ont été menées dans le cadre du projet, les sondages réalisées pourront fournir des **informations précieuses sur la nature des sols et l'éventuelle présence d'eaux souterraines.**

2.6. Analyse des éventuelles contraintes et recommandations particulières vis-à-vis de l'infiltration

Il s'agit a minima de consulter le **zonage pluvial, qui comprend un « zonage des règles et recommandations vis-à-vis de l'infiltration » et une notice associée.** Cette cartographie rassemble l'ensemble des informations géographiques sur les contextes particuliers pour l'infiltration des eaux pluviales, et impliquant des interdictions, des restrictions ou des précautions à prendre vis-à-vis de l'infiltration (périmètres de captage AEP, secteurs de nappe peu profonde, secteurs de nappe vulnérable, argiles gonflantes, risques de glissement de terrain et PPRN, pentes fortes...).

2.7. Identification des éventuels mouvements de sols liés au projet

Si le projet prévoit des mouvements de sols et si ceux-ci concernent des espaces presentis pour l'infiltration des eaux pluviales, il faut bien entendu en tenir compte. Il est dans tous les cas indispensable de bien **réaliser les tests d'infiltration dans les couches de sols où l'infiltration sera réalisée une fois le projet aménagé.**

2.8. Premières réflexions sur la localisation et la nature des solutions de gestion des eaux pluviales

Il s'agit, à partir des caractéristiques connues du projet (esquisse, plan masse) et de l'analyse de son contexte physique (topographique notamment) et réglementaire (zonage pluvial et document d'urbanisme), d'identifier a minima les grandes orientations de gestion des eaux pluviales. Il s'agit en particulier d'identifier, **en première approche, la localisation et la nature des solutions d'infiltration des eaux pluviales.**

2.9. Visite du site et de son environnement

Il s'agit de repérer d'éventuels **indices de modifications anciennes du site, d'une accumulation d'eau à faible profondeur** (plantes hygrophiles, présence de puits...), **de désordres liés à des mouvements de sols...** Il s'agit également de **questionner les riverains et le voisinage**, qui peuvent être source d'informations précieuses sur les capacités d'infiltration tout au long de l'année et sur la présence ou non d'eaux souterraines à faible profondeur.

2.10. Premières reconnaissances des sols

Notons que ces reconnaissances peuvent être réalisées dans le cadre des études géotechniques ou au même moment que les tests d'infiltration.

Il s'agit de réaliser des **fouilles de reconnaissance à la pelle mécanique**, jusqu'à une profondeur de 2 à 5 m selon le matériel disponible et à la tenue des terres, afin d'**identifier, en particulier au droit des secteurs pressentis pour l'infiltration des eaux pluviales** :

- × **La nature des sols successifs**, de façon fiable,
- × **La présence de venues d'eau ou d'une nappe superficielle, de manière temporaire ou intermittente** (traces d'hydromorphie). Les périodes de hautes eaux sont à privilégier autant que possible.

Le nombre de fouilles à réaliser dépend de l'hétérogénéité des sols observés. L'objectif est d'**acquérir une bonne vision de la variabilité spatiale des formations superficielles**.

Des trous à la tarière peuvent également être réalisés, en complément des fouilles à la pelle mécanique. Ils présentent l'avantage de la simplicité et de la rapidité de réalisation. Ils n'offrent pas la même vision des sols en place que les fouilles à la pelle mécanique mais peuvent permettre de vérifier l'homogénéité des couches les plus superficielles.

Le compte rendu de ces investigations peut prendre la forme de profils pédologiques accompagnés de photographies.

Notons que la réalisation de fouilles à la pelle mécanique passe au préalable par une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) auprès des services concernés.

3. Aide aux choix du type de test à réaliser

3.1. Présentation des différents types de tests envisageables

Les différents types de tests envisageables sont les suivants :

Type de test	Principe	Illustration
<p>Dans un trou cylindrique réalisé à la tarière à main (type Porchet)</p>	<p>Mesure de l'évolution du niveau dans le trou, au cours de plusieurs cycles de remplissage</p>	
<p>Dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo)</p>	<p>Mesure de l'évolution du niveau dans la fosse, au cours de plusieurs cycles de remplissage</p>	
<p>Dans un trou réalisé à la pelle à main</p>	<p>Mesure de l'évolution du niveau dans le trou, au cours de plusieurs cycles de remplissage</p>	
<p>Dans des cylindres concentriques (type double-anneaux)</p>	<p>Mesure de l'évolution du niveau dans le cylindre (ou « anneau ») central. L'anneau externe, également rempli, permet d'éviter les fuites latérales de l'anneau central et de bien mesurer l'infiltration verticale</p>	
<p>Dans des dispositifs existants</p>	<p>Mesure de l'évolution du niveau dans un dispositif existant (noue ou puits par exemple), comparable au dispositif envisagé pour le projet et situé à proximité, dans un contexte pédologique identique</p>	

3.2. Forces et faiblesses des différents types de tests envisageables (représentativité, facilité de mise en œuvre)

Type de test	Représentativité en vue de l'infiltration des eaux pluviales	Facilité de mise en œuvre
Dans un trou cylindrique réalisé à la tarière à main	<p>☹ Echelle assez éloignée de celle des solutions d'infiltration des eaux pluviales. Volume échantillonné limité (diamètre maxi d'environ 25 cm et profondeur maxi comprise entre 50 cm et 1 m). Donc forte sensibilité aux caractéristiques très locales du sol. Peut être compensé par la multiplication des tests</p> <p>⚠ Ne permet de tester l'infiltration que dans des plages limitées de profondeur et de mise en charge (entre 50 cm et 1 m maxi)</p> <p>☹ Forte sensibilité aux « effets de bords » liés à la technique de sondage (en particulier risque de constitution d'un « mud-cake »). Peut être limité par la scarification des parois après la réalisation du trou</p> <p>☹ N'offre pas une bonne vision du profil pédologique</p>	<p>😊 Matériel peu encombrant, facile à transporter, et ne nécessitant pas de qualification particulière</p> <p>😊 Volume d'eau nécessaire limité (à titre d'exemple, un test dans un trou de diamètre 15 cm et de profondeur 70 cm, avec 3 remplissages, demande un volume total d'environ 37 l), qu'il est envisageable de transporter à l'aide de bidons</p> <p>😊 Peu coûteux</p> <p>☹ Risques de difficultés voire d'impossibilité de réalisation des trous si les sols sont trop durs</p>
Dans une fosse réalisée à la pelle mécanique	<p>😊 Echelle plus proche de celle des solutions d'infiltration des eaux pluviales. Donc sensibilité aux caractéristiques locales du sol plus réduite, intègre des variations pédologiques de l'ordre du mètre</p> <p>😊 Permet de tester l'infiltration dans des plages élargies de profondeur et de mise en charge (de 0 à 4 voire 5 m, selon la pelle utilisée et la tenue des sols)</p> <p>😊 Sensibilité aux « effets de bords » existante mais plus limitée. Peut être limité par la scarification des parois après la réalisation du trou</p> <p>😊 Offre une bonne vision du profil pédologique</p>	<p>☹ Nécessite une pelle mécanique, avec un chauffeur qualifié</p> <p>☹ Volume d'eau nécessaire important (peut-être de l'ordre de 3 m³ pour un seul test), nécessitant un véhicule spécifique (généralement accessible aux collectivités, notamment dans les services espaces verts), avec souvent plusieurs remplissages</p> <p>☹ Potentiellement coûteux pour un maître d'ouvrage ne disposant pas du matériel</p> <p>☹ Nécessite une DICT</p>
Dans un trou réalisé à la pelle à main	<p>😊 Sensibilité aux « effets de bords » limitée</p> <p>😊 Echelle intermédiaire. Sensibilité moyenne aux caractéristiques locales du sol</p> <p>⚠ Ne permet de tester l'infiltration que dans des plages limitées de profondeur et de mise en charge (entre 50 cm et 1 m maxi)</p>	<p>😊 Matériel peu encombrant, facile à transporter, et ne nécessitant pas de qualification particulière</p> <p>😊 Volume d'eau nécessaire limité (du même ordre de grandeur que pour les tests à la tarière à main), qu'il est envisageable de transporter à l'aide de bidons</p> <p>😊 Peu coûteux</p> <p>☹ Risques de difficultés voire d'impossibilité de réalisation des trous si les sols sont trop durs</p>
Dans des cylindres concentriques	<p>😊 Permet, contrairement aux autres tests, de mesurer la vitesse d'infiltration verticale sur un sol en place (utile en vue d'une infiltration au fond d'un espace existant)</p> <p>😊 Sensibilité aux « effets de bords » inexistante</p> <p>☹ Echelle assez éloignée de celle des solutions d'infiltration des eaux pluviales. Donc forte sensibilité aux caractéristiques très locales du sol. Peut être compensé par la multiplication des tests</p> <p>☹ Ne permet de tester l'infiltration que dans des plages limitées de mise en charge (de l'ordre de 50 cm)</p>	<p>😊 Matériel peu encombrant, facile à transporter, et ne nécessitant pas de qualification particulière</p> <p>😊 Volume d'eau nécessaire limité (du même ordre de grandeur que pour les tests à la tarière ou à la pelle à main), qu'il est envisageable de transporter à l'aide de bidons</p> <p>😊 Peu coûteux</p>
Dans des ouvrages ou espaces existants	<p>😊 Type de test le plus représentatif, « grandeur nature »</p> <p>⚠ S'assurer que les contextes, en particulier pédologiques, sont réellement identiques</p>	<p>😊 Ne nécessite aucune intervention, à part l'acheminement des volumes d'eau suffisants</p> <p>☹ Volume d'eau nécessaire important, nécessitant un véhicule spécifique (généralement accessible aux collectivités, notamment dans les services espaces verts), avec souvent plusieurs remplissages</p> <p>⚠ Nécessite l'autorisation du gestionnaire du dispositif existant</p>

3.3. Conclusions sur le type de test à privilégier selon le contexte

Le premier critère de choix du type de test à réaliser est la bonne représentativité du test. Le type de dispositif d'infiltration a priori envisagé est donc un facteur déterminant :

Dispositif d'infiltration envisagé a priori	Types de test adaptés (par ordre de priorité)	Explications
Puits d'infiltration	① Dans un puits d'infiltration existant à proximité	Type de test le plus représentatif, à condition de s'assurer que les contextes sont réellement identiques
	② Dans des fosses réalisées à la pelle mécanique	En l'absence de puits existant à proximité, seul ce type de test offre des plages suffisantes de profondeur et de mise en charge
Espace existant, sans toucher au sol en place	① Dans l'espace en question	Type de test le plus représentatif, à condition de s'assurer que les contextes sont réellement identiques
	② Dans des cylindres concentriques	Si le test dans l'espace en question est trop complexe à réaliser (notamment car cela demanderait des volumes d'eau trop importants), seul ce type de test permet de mesurer la vitesse d'infiltration verticale du sol en place
Dispositif d'infiltration d'envergure (collectif ou collectant des surfaces importantes)	① Dans des fosses réalisées à la pelle mécanique	Pour un dispositif d'envergure, seul ce type de test offre suffisamment de garanties de représentativité
Dispositif plus local et de profondeur limitée (1 m maxi) (noue, tranchée d'infiltration)	① Dans un dispositif de type noue existant à proximité	Type de test le plus représentatif, à condition de s'assurer que les contextes sont réellement identiques
	② Dans des fosses réalisées à la pelle mécanique, à faible profondeur	En l'absence de dispositif existant à proximité, type de test à privilégier autant que possible, car offrant les meilleures garanties de représentativité
	③ Dans des trous réalisés à la pelle à main ou à la tarière à main	En l'absence de dispositif existant à proximité, et si les tests à la pelle mécanique sont trop complexes à mettre en œuvre, ces types de tests peuvent être envisagés en dernier recours. Privilégier les tests à la pelle à main, moins sensibles aux « effets de bord » Multiplier les tests pour compenser leur trop petite échelle

Remarque 1 :

Si aucune orientation sur le type de dispositif d'infiltration n'est prise a priori, les tests réalisés doivent permettre d'avoir une vision suffisamment complète des capacités d'infiltration sur le site. Les tests doivent donc :

- × Etre répartis sur l'ensemble du site, avec une densité suffisante,
- × Permettre de tester des plages de profondeur et de charge suffisamment variées. Les tests dans des fosses réalisées à la pelle mécanique sont donc les mieux adaptés.

Remarque 2 :

Les tests en forages, de type Nasberg (en milieu non saturé) et Lefranc (en milieu saturé), ne sont volontairement pas intégrés dans la liste des différents types de tests envisageables car ils cumulent des désavantages :

- × Echelle éloignée de celle des solutions d'infiltration des eaux pluviales,
- × Forte sensibilité aux effets de bords liés à la technique de sondage,
- × Complexité de mise en œuvre,
- × Complexité d'interprétation (souvent mal utilisés et mal interprétés).

3.4. Cas de mutualisation possible avec les tests éventuellement réalisés dans le cadre de l'étude de faisabilité d'une filière ANC

Des tests d'infiltration peuvent également être nécessaires dans le cadre de l'étude de faisabilité d'une filière d'Assainissement Non Collectif (ANC). Les tests réalisés sont le plus souvent de type Porchet, dans des trous réalisés à la tarière à main, avec un protocole d'essai bien défini.

Dans ce cas, **les résultats des tests réalisés pour l'ANC peuvent être utilisés pour l'étude de la faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales**, à condition que ce type de test soit bien adapté au contexte de la gestion des eaux pluviales (cf. 3.3), en particulier à **condition que le dispositif d'infiltration envisagé a priori soit un dispositif local et de profondeur limité (1 m maximum), de type noue ou tranchée d'infiltration.**

Les tests réalisés pour l'ANC ne seront en outre pas nécessairement suffisants. Il faudra notamment **s'assurer que leur localisation et leur densité soient adaptées** (cf. 4).

4. Recommandations pour la mise en œuvre et l'interprétation des tests

4.1. Période

On recherchera autant que possible des **conditions défavorables en termes de saturation des sols et de niveau des nappes phréatiques** : en période hivernale (entre la fin de l'automne et le début du printemps) ou après plusieurs jours pluvieux.

4.2. Localisation et densité

4.2.1. Cas d'une infiltration envisagée dans un secteur particulier

Si l'infiltration des fortes pluies est envisagée dans un secteur en particulier, **les tests seront concentrés dans ce secteur.**

La densité des tests sera à adapter en fonction des observations et des mesures, l'objectif étant d'acquérir une bonne vision de la variabilité spatiale des capacités d'infiltration.

A titre indicatif, on peut donner les nombres minimaux suivants :

- × Pour un projet de maison individuelle :
 - Si l'infiltration est envisagée dans un dispositif de faible profondeur : 2 tests à la pelle mécanique ou 3 tests à la tarière ou à la pelle manuelle,
 - Si l'infiltration est envisagée dans un puits : 2 tests à la pelle mécanique.
- × Pour un projet de plus grande envergure, où l'infiltration est envisagée dans un dispositif collectif dont la localisation a été identifiée en première approche : 1 test à la pelle mécanique tous les 200 m² dans l'emprise approximative du dispositif (avec dans tous les cas un minimum de 2 tests).

4.2.2. Cas d'une infiltration envisagée « à la source » et donc répartie sur l'ensemble du site

On fera en sorte de quadriller le site. **La densité des tests sera à adapter en fonction de l'hétérogénéité identifiée du sol et du sous-sol, et en fonction des résultats des premières mesures, l'objectif étant d'acquérir une bonne vision de la variabilité spatiale des capacités d'infiltration.**

A titre indicatif, on peut donner les nombres minimaux suivants :

- × Pour un projet de moins de 5 ha : 4 tests à la pelle mécanique par ha (avec dans tous les un minimum de 2 tests),
- × Au-delà de 5 ha : 20 tests à la pelle mécanique minimum, et une densité à ajuster en fonction de l'hétérogénéité des résultats.

4.3. Profondeur et charge

La profondeur des tests sera choisie de manière à ce que les couches testées soient bien celles où l'infiltration sera réalisée une fois le projet aménagé.

Cette nécessité implique également :

- × De bien tenir compte des éventuels mouvements de sols prévus par le projet dans le secteur pré-identifié pour l'infiltration des eaux pluviales,
- × Si l'infiltration est envisagée dans un espace existant, sans modification de la couche superficielle, de choisir des tests adaptés (cf. 3.3).

La plage de charge testée (soit la hauteur d'eau maximale) devra être comparable à ce qui est envisagé a priori dans le futur dispositif d'infiltration.

Lorsqu'on réalisera des tests à la pelle mécanique, **il sera utile, même si le dispositif d'infiltration envisagé a priori est peu profond, de tester également les couches plus profondes** (dans un autre trou si possible), pour identifier la présence éventuelle d'une couche moins perméable qui pourrait favoriser la saturation des couches supérieures.

4.4. Protocole de mesure

La durée totale des tests est généralement comprise **entre une demi-journée et une journée**.

Le protocole sera comparable quel que soit le type de test réalisé :

- × **Réaliser le trou ou mettre en place les cylindres concentriques**, avec les précautions suivantes pour les trous :
 - Faire en sorte que le trou ne puisse pas être alimenté par des ruissellements en cas de pluie (constitution si besoin de petits merlons autour du trou),
 - Scarifier les parois pour limiter les effets de bords,
 - Mesurer précisément les dimensions du trou,
- × **Remplir le trou ou les cylindres**,
- × **Mesurer l'évolution du niveau d'eau** à intervalle régulier. Dans un premier temps au moins, l'intervalle sera de quelques minutes maximum. En fonction des résultats des premières mesures, il pourra être plus espacé,
- × **Lorsque la vidange est quasiment totale** (les derniers centimètres d'eau peuvent mettre beaucoup de temps à s'infiltrer, il n'est pas nécessaire d'attendre qu'ils le soient totalement), **remplir à nouveau et effectuer un nouveau cycle** de mesures.

Il faut distinguer plusieurs cas de figure :

- × **Si la vidange est rapide**, effectuer 3 cycles de mesure,
- × **Si la vidange est lente mais visible**, effectuer au moins 2 cycles de mesure, quitte à effectuer un nouveau remplissage sans attendre que la première vidange soit quasiment totale,
- × **Si la vidange est particulièrement lente**, si bien que 2 heures après le remplissage la baisse n'est pas visible (inférieure à 0,5 cm), il n'est pas utile de poursuivre le test. La vitesse d'infiltration est extrêmement faible (inférieure à $7 \cdot 10^{-7}$ m/s).

Remarques :

- × Il est ici recommandé de suivre plusieurs cycles de vidanges (contrairement à d'autres protocoles qui recommandent de mesurer le volume d'eau à apporter pour maintenir un niveau constant), à la fois pour des questions de facilité de mise en œuvre et pour la plus grande richesse des informations apportées.
- × Il est ici recommandé d'effectuer les mesures dès le premier remplissage (contrairement à d'autres protocoles qui recommandent une première étape de saturation avant les mesures), pour la plus grande richesse des informations apportées.

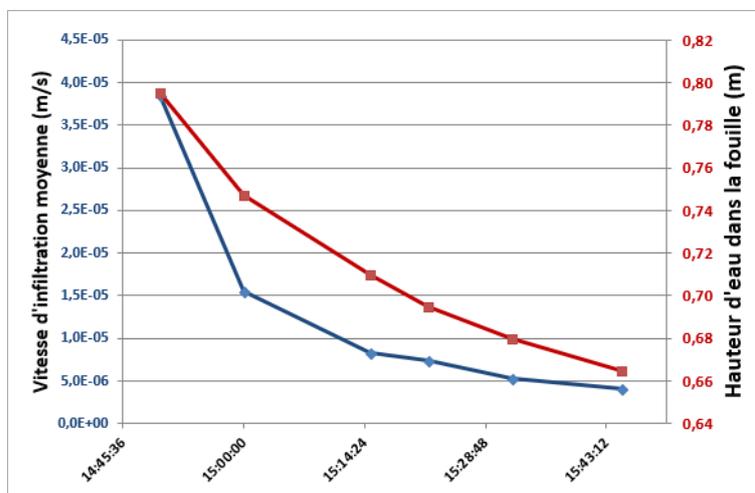
4.5. Exploitation et interprétation des mesures

4.5.1. Calcul des vitesses d'infiltration moyenne

Pour chaque test, on calculera, pour chaque mesure de niveau effectuée :

- × Le volume d'eau présent dans le trou ou le cylindre central (V_p),
- × Le volume d'eau évacué depuis la dernière mesure (V_e),
- × La surface mouillée (au fond et sur les parois du trou ou au fond du cylindre central) (S_m)
- × La vitesse d'infiltration moyenne depuis la dernière mesure ($V_i = (V_e/\text{temps passé})/S_m$).
Notons qu'il s'agit bien d'une vitesse d'infiltration moyenne sur l'ensemble de la surface mouillée, car la vitesse d'infiltration varie en réalité sur cette surface, notamment en fonction de la charge.

On tracera et on superposera les courbes de l'évolution au cours du test du niveau d'eau et de la vitesse d'infiltration moyenne.



Exemple de courbes de l'évolution du niveau d'eau et de la vitesse d'infiltration (sur un cycle de vidange)

4.5.2. Analyse des résultats et choix des valeurs de référence

4.5.2.1. Problématique

Il y aura deux types de valeurs de référence à déterminer :

- × La vitesse d'infiltration de référence associée à chaque test. Elle sera indépendante des autres tests et du type de dispositif d'infiltration envisagé,
- × L'hypothèse de vitesse d'infiltration à retenir pour le dimensionnement du futur dispositif d'infiltration.

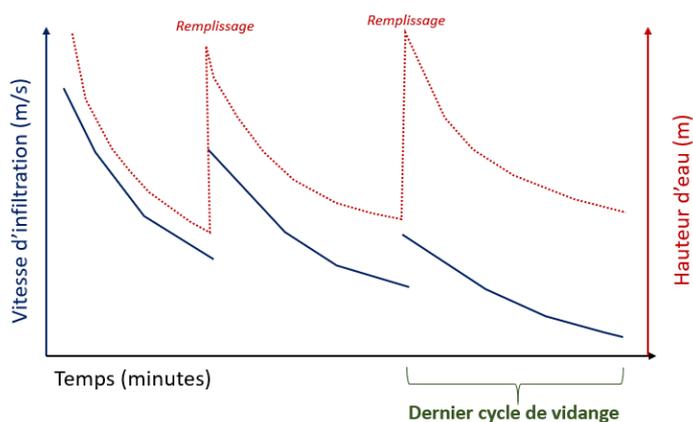
4.5.2.1. Vitesse d'infiltration de référence associée à chaque test

Au niveau de chaque test, la vitesse d'infiltration varie en fonction de la charge et du degré de saturation des sols.

Prise en compte de l'effet de la saturation des sols :

L'effet de la saturation, s'il existe, sera identifié en comparant les vitesses d'infiltration d'un cycle de vidange à l'autre, pour le même niveau d'eau (à charge identique). Si une baisse de la vitesse d'infiltration est identifiée, elle pourra être imputée à la saturation des sols.

Dans ce cas, par sécurité, on se basera sur le dernier cycle de vidange pour choisir la vitesse d'infiltration de référence associée au test.

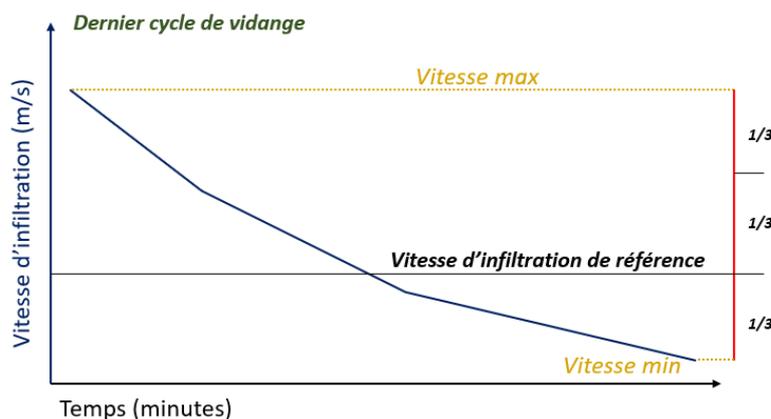


Exemple de courbes de l'évolution du niveau d'eau et de la vitesse d'infiltration
(sur plusieurs cycles de vidange)

Prise en compte de l'effet de la charge :

L'effet de la charge sera identifié au sein de chaque cycle de vidange.

Par sécurité, on retiendra comme vitesse d'infiltration de référence du test, la vitesse d'infiltration calculée au tiers inférieur de la courbe du dernier cycle de vidange.



Exemple de détermination de la vitesse d'infiltration de référence

4.5.2.2. Vitesse d'infiltration à retenir pour le dimensionnement du futur dispositif d'infiltration

L'hypothèse de vitesse d'infiltration à retenir doit tenir compte des incertitudes, notamment sur l'hétérogénéité des sols et le colmatage du futur dispositif au cours du temps.

Prise en compte de l'hétérogénéité des sols :

Pour tenir compte des incertitudes liées à l'hétérogénéité des sols, **on retiendra dans un même secteur** (par exemple dans le cas de plusieurs tests réalisés dans le secteur d'un dispositif d'infiltration envisagé), **la moyenne des vitesses d'infiltration de référence** associées aux différents tests réalisés.

Prise en compte du possible colmatage au cours du temps :

Pour tenir compte des incertitudes liées au risque de colmatage, **on retiendra, pour les dispositifs réalisant une infiltration concentrée des eaux pluviales, c'est-à-dire les ouvrages d'infiltration collectifs et les puits d'infiltration, un coefficient de sécurité de 0,5.**

Pour les autres dispositifs, permettant une infiltration diffuse et à faible profondeur (noues, fossés...), on n'appliquera pas de coefficient de sécurité.

4.6. Dimensionnement des dispositifs d'infiltration

Le dimensionnement des dispositifs d'infiltration pourra être effectué à partir de l'outil d'aide au dimensionnement fourni par ailleurs. Cet outil utilise l'hypothèse de vitesse d'infiltration définie précédemment (cf. 4.5.2.2). Il est basé sur la méthode des pluies et les statistiques pluviométriques locales. Il permet, en fonction des caractéristiques du projet (superficie, occupation des sols) et des règles imposées, d'évaluer volumes et emprises nécessaires à l'infiltration des différents niveaux de pluie.

4.7. Ordre de grandeur des vitesses d'infiltration et tendances pour la faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales

4.7.1. Ordres de grandeur des vitesses d'infiltration

La gamme des vitesses d'infiltration que l'on peut rencontrer est très large. Sur le territoire, elle est généralement comprise entre 10^{-3} et 10^{-7} m/s. L'illustration ci-dessous présente, à titre d'exemple, la gamme des perméabilités existantes en fonction du type de sol et de sa granulométrie.

														
Granulométrie	Perméabilité (m/s)	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
	Homogène	Gravier pur				Sable pur		Sable très fin / Limon		Argile - Tourbe - Vase				
	Varié	Gravier gros et moyen		Graves - Gravier et sable		Sable et argiles - limons - terre végétale				-				
		A priori perméable								A priori peu perméable				

4.7.2. Tendances pour la faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales

Gamme de vitesses d'infiltration	Tendances pour la faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales
Inférieure à 10^{-8} m/s	Horizon quasiment imperméable Ne permet même pas l'infiltration des pluies courantes
De 10^{-8} à 10^{-6} m/s	Horizon peu perméable Permet l'infiltration des pluies courantes Permet difficilement l'infiltration des fortes pluies
De 10^{-6} à 10^{-5} m/s	Horizon moyennement perméable Permet l'infiltration des pluies courantes L'infiltration des fortes pluies est envisageable. La faisabilité est toutefois à étudier en détail, en fonction de surfaces d'apport et des emprises disponibles pour l'infiltration
Supérieure à 10^{-5} m/s	Horizon perméable Permet l'infiltration des pluies courantes Permet l'infiltration des fortes pluies de manière relativement aisée

5. Contenu du rapport de tests d'infiltration à transmettre au service eaux pluviales

Le maître d'ouvrage du projet urbain devra transmettre au service eaux pluviales, pour instruction et contrôle, un rapport comprenant les pièces suivantes :

5.1. Résultats des analyses préalables

- Localisation du site
- Esquisse ou plan masse de l'opération si existants
- Cadre réglementaire de la gestion des eaux pluviales (en particulier d'après zonage pluvial et document d'urbanisme)
- Eventuelles contraintes et recommandations particulières vis-à-vis de l'infiltration (d'après zonage pluvial)
- Historique du site
- Contexte pédologique, géologique et hydrogéologique
- Valorisation des éventuelles études et investigations déjà réalisées sur le site
- Résultats des éventuelles études géotechniques réalisées dans le cadre du projet
- Résultats des éventuelles reconnaissances des sols complémentaires réalisées
- Eventuels mouvements de sols prévus dans le cadre du projet
- Résultats des visites du site et de son environnement, observations particulières
- Premières réflexions sur la localisation et la nature des solutions de gestion des eaux pluviales

5.2. Description et justification des tests réalisés

- Nombre et densité
- Carte de localisation précise (plan d'implantation à l'échelle)
- Date
- Conditions pluviométriques (jour des tests et jours précédents)
- Types de tests

- Dimensions (emprise, profondeur, plage de charge testée)
- Protocole suivi (nombre de cycles de vidange, durée...)
- Photos des tests
- Explications, difficultés rencontrées, observations particulières

5.3. Résultats

- Mesures effectuées
- Valeurs calculées (volume d'eau évacué, surface mouillée, vitesse d'infiltration moyenne)
- Courbes de l'évolution au cours des tests du niveau d'eau et de la vitesse d'infiltration moyenne

5.4. Analyses des résultats et choix des valeurs de référence

- Choix de la vitesse d'infiltration de référence associée à chaque test (avec explications sur la prise en compte des effets de la saturation des sols et de la charge)
- Choix de la vitesse d'infiltration à retenir pour le dimensionnement du futur dispositif d'infiltration (avec explications sur la prise en compte de l'hétérogénéité des sols et du possible colmatage au cours du temps)

6. Quelques recommandations pour préserver les capacités d'infiltration des dispositifs mis en œuvre

6.1. Lors de la conception

- × Privilégier l'infiltration diffuse, à faible profondeur et dans des espaces végétalisés. La concentration des écoulements et de leur infiltration favorise le colmatage,
- × Privilégier les dispositifs d'infiltration « étagés » (éviter les fonds plats). Les dépôts de particules fines resteront ainsi confinés dans les parties basses des dispositifs, et cela facilitera les opérations de curage éventuellement nécessaires.

6.2. Lors de la réalisation

- × Prendre les précautions nécessaires pour éviter le colmatage des dispositifs par les particules fines issues des espaces en chantier (mettre en œuvre des dispositifs temporaires, assurer le décolmatage en fin de chantier).

6.3. Lors de l'exploitation

- × Eviter les pratiques d'entretien et les usages des espaces favorisant leur compactage et le colmatage,
- × Privilégier la présence de végétation,
- × Pour les dispositifs collectifs : surveiller l'éventuel colmatage et effectuer des curages épisodiques selon les besoins.