



TERRITOIRE
MARSEILLE
PROVENCE

Aix-Marseille-Provence

Territoire Marseille-Provence

Schéma Directeur Pluvial (MS17)

Marché n°13-138-17

Rapport de Phase 8

Guide de mise en œuvre de la réglementation pluviale PLUI

37657 | Décembre 2017 | v.1

Etude réalisée avec le concours financier de l'Agence de l'Eau RMC et du Conseil Départemental des Bouches du Rhône



sepia



setec
hydratec



ACRI
IN





Agence de Vitrolles
5, chemin des Gorges de Cabriès
13127 Vitrolles
T : 04 86 15 62 50
F : 04 86 15 62 48

Directeur d'affaire : OVE
Responsable d'affaire : BLN
N°affaire : 016 37657



ACRI-IN/HGM - Hôtel
Technologique de Château
Gombert
5, rue F. Joliot Curie
13013 Marseille



19, rue du lac Saint-André – bât.
Fennec - BP 50338
73370 Le Bourget du Lac
T : 04 58 17 16 88

Directeur d'affaire : DP
Responsable d'affaire : AS
N° affaire : 15 A 142

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	14/12/2017	AS	DP		

SOMMAIRE

1	Préambule	6
2	La gestion des eaux pluviales : un domaine en constante évolution	6
3	Principes généraux pour une bonne gestion des eaux pluviales	6
3.1	<i>Maintenir des surfaces perméables</i>	<i>7</i>
3.2	<i>Optimiser les espaces verts</i>	<i>7</i>
3.3	<i>Privilégier une gestion des eaux pluviales à l'échelle la plus adaptée</i>	<i>7</i>
3.4	<i>Accepter l'« auto-inondation » raisonnée</i>	<i>8</i>
3.5	<i>Concevoir des ouvrages durables.....</i>	<i>8</i>
4	Rappel du règlement pluvial PLUI	9
5	Faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales	9
5.1	<i>Un outil pour orienter les investigations à mener : la carte des contraintes à l'infiltration</i>	<i>9</i>
5.1.1	Pente	10
5.1.2	Périmètres de captage d'eau potable	10
5.1.3	Sites et sols pollués.....	10
5.1.4	Retrait/gonflement des argiles	11
5.1.5	Risque de remontée de nappe.....	11
5.1.6	Cavités non minières.....	12
5.1.7	Dissolution et effondrement de gypses.....	12
5.2	<i>Dimensionnement d'un dispositif d'infiltration</i>	<i>13</i>
5.2.1	Mesure in situ de la vitesse d'infiltration	13
5.2.2	Outils et abaques de dimensionnement des dispositifs.....	15
6	Faisabilité d'une vidange à débit limité vers le domaine public.....	20
6.1	<i>Dimensionnement du dispositif de rétention</i>	<i>20</i>
6.2	<i>Conception de l'ouvrage de régulation.....</i>	<i>20</i>
6.2.1	Principes de conception	20
6.2.2	Equipements	20
6.2.3	Abaque de dimensionnement simplifié	22

1 PREAMBULE

Le présent document constitue un guide pour la bonne mise en œuvre des règles de gestion des eaux pluviales établies dans le règlement du PLUI d'Aix Marseille Provence.

Il oriente le lecteur vers les bonnes pratiques et les méthodes de conception des dispositifs de gestion in situ des eaux pluviales, à l'amont d'une évacuation soit par infiltration, soit par rejet à débit régulé.

2 LA GESTION DES EAUX PLUVIALES : UN DOMAINE EN CONSTANTE EVOLUTION

La gestion des eaux pluviales urbaines est un domaine en constante évolution depuis une trentaine d'années, tant du fait d'une croissante notable de l'urbanisation par densification et par étalement que du fait de la remise en cause des modèles hydrauliques établis au XX^{ème} siècle, qui accusent de sérieuses limites pour faire face aux enjeux hydrauliques et environnementaux contemporains.

La solution la plus courante pour gérer les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméables a longtemps consisté à les canaliser, d'abord dans des caniveaux, puis dans des conduites souterraines de façon à les évacuer le plus rapidement possible de la ville.

Ce mode de gestion extrêmement coûteux en infrastructures occasionne des dysfonctionnements multiples en ville (débordements des réseaux occasionnant des inondations dans les centres des villes ; rejets d'effluents pollués dans les milieux naturels) et à l'aval (débordement et érosion des cours d'eau).

Le territoire d'Aix Marseille Provence n'échappe pas à ce mode de gestion qui transforme une ressource précieuse, l'eau de pluie, en un déchet et en une menace pour la population.

Depuis plusieurs décennies, des solutions alternatives à l'évacuation rapide des eaux par des réseaux souterrains sont élaborées.

Ces solutions réinscrivent la ville dans le grand cycle de l'eau en faisant en sorte que toutes ses composantes, et notamment l'évaporation et l'infiltration, soient mobilisées pour limiter autant que possible l'accroissement des ruissellements.

Ces nouvelles solutions se développent sur le territoire national, en accord avec les orientations environnementales portées notamment par l'Etat et les Agences de l'eau. Elles se déclinent en de nombreuses installations au sol telles que noues, fossés, tranchées, puits d'infiltration, espaces inondables, ou au niveau du bâti lui-même (toitures stockantes, toitures végétalisées, installations de récupération et d'utilisation des eaux de pluies).

De nombreux documents de référence existent et font une présentation détaillée de ces installations (voir par exemple les sites du GRAIE, de l'ADOPTA, du CEREMA ou le portail sur l'assainissement communal du ministère en charge de l'écologie).

3 PRINCIPES GENERAUX POUR UNE BONNE GESTION DES EAUX PLUVIALES

La gestion des eaux pluviales se conçoit à toutes les étapes d'un projet, non seulement à travers la mise en place d'un dispositif permettant de répondre aux obligations

réglementaires auxquelles est soumis le projet, mais également à travers un ensemble de principes de conception et de bonnes pratiques visant à intégrer la gestion des eaux pluviales dans son environnement urbain et naturel.

3.1 MAINTENIR DES SURFACES PERMEABLES

Limiter l'imperméabilisation du sol permet de favoriser l'infiltration et l'évapotranspiration *in situ* des eaux pluviales. **C'est un des principes de base à toujours mettre en œuvre dès la conception d'un projet.**

La réduction des surfaces perméables passe par une adaptation des formes urbaines qui minimise les surfaces de circulation et l'emprise au sol des bâtiments (par exemple en favorisant la mitoyenneté et l'alignement du bâti sur le domaine public afin de limiter l'extension des voiries), le maintien d'espaces verts aménagés ou naturels, et le recours à des revêtement perméables (végétalisation de toitures ou de parkings, enrobé poreux...). La réduction des ruissellements à gérer permet une réduction du volume de rétention des dispositifs de gestion des eaux pluviales.

3.2 OPTIMISER LES ESPACES VERTS

Les espaces verts doivent être mis à profit dans la gestion des eaux pluviales :

- en les déconnectant du réseau ; autrement dit, en supprimant tout ruissellement des espaces verts vers les surfaces imperméabilisées ou les ouvrages de collecte des eaux pluviales (espaces verts autogérés), au moins pour les pluies courantes,
- en dirigeant autant que possible les eaux issues des surfaces imperméabilisées vers les espaces verts (limiter les connexions directes sur les ouvrages de collecte), pour favoriser l'infiltration et l'abattement des polluants ; on favorisera toutes les solutions de connexion telles que la suppression de bordures entre voirie et espace vert, le rejet direct des descentes d'eau dans le jardin, le calage des espaces imperméables au-dessus du niveau des espaces perméables.

Les espaces verts permettent ainsi de participer à une infiltration diffuse des eaux pluviales, au plus proche de là où tombe l'eau, et de limiter ainsi autant que possible le lessivage des sols et la concentration des substances polluantes dans les eaux de ruissellement.

3.3 PRIVILEGIER UNE GESTION DES EAUX PLUVIALES A L'ECHELLE LA PLUS ADAPTEE

Les pluies courantes peuvent facilement être gérées à la parcelle, par infiltration, quelle que soit les contraintes physiques du site.

En revanche, pour les pluies moyennes à fortes, lorsqu'une gestion par infiltration à la parcelle n'est pas envisageable pour des raisons réglementaires ou techniques, une gestion collective (qu'elle soit publique ou privée), à l'échelle d'une opération ou d'un quartier, est à privilégier.

Cette gestion collective répond à plusieurs enjeux :

- mieux maîtriser les dispositions constructives et les solutions techniques retenues et éviter les réalisations non conformes aux règles de l'art, notamment au regard du risque d'inondation ;
- assurer la pérennité des ouvrages en optimisant les moyens d'entretien et de contrôle ;

- améliorer l'efficacité hydraulique du système en limitant la multiplication d'ouvrages de trop petite taille.

3.4 ACCEPTER L'« AUTO-INONDATION » RAISONNÉE

Les projets d'aménagement doivent intégrer toutes les solutions possibles pour ne pas reporter le risque pluvial vers l'aval tout en se protégeant eux-mêmes contre les pluies exceptionnelles.

A ce titre, l'inondation maîtrisée des espaces non vulnérables inclus dans le projet, pour des pluies de période de retour supérieures à la période de retour de dimensionnement des dispositifs de gestion des eaux pluviales, doit être considérée.

Cette « auto-inondation » contrôlée s'accompagne nécessairement d'une adaptation des formes urbaines et architecturales afin d'assurer la protection des biens et des personnes : calage des niveaux vulnérables au-dessus du niveau maximal de montée des eaux, organisation des circulations piétonnes de manière à assurer les accès nécessaires en toute situation, organisation des espaces de stationnement automobile à l'écart des aires inondables...

3.5 CONCEVOIR DES OUVRAGES DURABLES

Gérer les eaux pluviales ne peut pas se résumer à créer d'énormes ouvrages qui consomment de l'espace pour une sollicitation quelques jours par an.

A ce titre, des dispositifs de gestion des eaux pluviales rustiques et simples, adaptables et intégrés au paysage urbain permettent de limiter les coûts des dispositifs, les contraintes d'exploitation et de favoriser leur pérennité.

Il convient donc que les dispositifs soient intégrés à la ville à plusieurs niveaux, en étant :

- multifonctionnels, en étant le support d'autres fonctions que seule gestion des eaux pluviales : espace vert accessible, voiries secondaires, terrain de jeux...
- facilement accessibles et à ciel ouvert ;
- en fonctionnement gravitairement, pour limiter les contraintes d'exploitation et les risques de dysfonctionnements liés aux dispositifs de relevage ;
- dimensionnés de manière à éviter le colmatage des ouvrages de fuite (en cas de rejet à débit limité).

4 RAPPEL DU REGLEMENT PLUVIAL PLUI

Le PLUI définit les règles de gestion des eaux pluviales à mettre en œuvre sur le territoire en fonction du zonage pluvial cartographié en annexe du PLUI.

Ce zonage définit le volume de rétention à mettre en œuvre en fonction du type d'évacuation et de la surface collectée par le dispositif de rétention.

Type d'évacuation du volume stocké (par ordre de priorité)	Zonage pluvial	
	Zone prioritaire	Zone secondaire
Infiltration (mode de gestion prioritaire)	90 l/m ² imperméabilisé + infiltration du volume en moins de 48 heures	50 l/m ² imperméabilisé + infiltration du volume en moins de 48 heures
Rejet à débit limité (si infiltration impossible)	90 l/m ² imperméabilisé + débit de fuite de 5 l/s/ha	50 l/m ² imperméabilisé + débit de fuite de 10 l/s/ha
Rejet au caniveau (si aucun réseau pluvial à proximité)	90 + 10 l/m ² imperméabilisé + débit de fuite de 5 l/s/ha ou 5 l/s maximum	50 + 25 l/m ² imperméabilisé + débit de fuite de 10 l/s/ha ou 5 l/s maximum
Rejet au réseau unitaire (cas dérogatoire)	90 l/m ² imperméabilisé + débit de fuite de 5 l/s/ha	

Tableau 1 : synthèse des règles pluviales du PLUI CT MPM

Il convient de noter que ce volume est imposé au titre de la gestion des eaux pluviales en domaine public. **Il ne préjuge en rien des aménagements à réaliser sur chaque opération, à l'initiative de l'opérateur, pour protéger les biens et les personnes contre les inondations par les eaux pluviales lors des pluies exceptionnelles induisant des volumes de pluie supérieurs au volume imposé.**

5 FAISABILITE DE L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES

La vidange du volume de rétention par infiltration doit-être privilégiée dans tous les cas où elle est techniquement réalisable. Pour définir cette faisabilité, le porteur de projet doit réaliser toutes les reconnaissances nécessaires en préalable à la conception.

5.1 UN OUTIL POUR ORIENTER LES INVESTIGATIONS A MENER : LA CARTE DES CONTRAINTES A L'INFILTRATION

La carte des contraintes à l'infiltration est un outil à destination du porteur de projet qui l'oriente vers les investigations à mener dans le cadre de la définition de son dispositif de gestion des eaux pluviales. Elle est déclinée à l'échelle communale en annexe du présent document.

Elle permet une lecture directe des paramètres physiques pouvant *a priori* contraindre localement l'infiltration des eaux pluviales au droit du projet.

Cette carte est associée à la carte de capacité des sols à l'infiltration qui identifie, à l'échelle de l'agglomération, la tendance des sols à infiltrer l'eau.

Dans tous les cas, ces cartes sont des outils d'accompagnement qui ne remplacent pas les reconnaissances nécessaires à l'identification des contraintes et de la capacité d'infiltration des sols à l'échelle du projet.

5.1.1 Pente

La pente d'un site conditionne les capacités de rétention des ouvrages d'infiltration. A noter que la pente moyenne générale d'une zone n'est pas déterminante. Il s'agit plutôt de d'identifier les pentes des emplacements possibles des futurs dispositifs.

Par conséquent, dans une zone de pente, l'implantation d'ouvrages d'infiltration de type noues / tranchées perpendiculaires à la pente naturelle du terrain n'a pas d'incidence sur la capacité de rétention de l'ouvrage.

En revanche, le risque lié à l'infiltration est l'exfiltration des eaux à l'aval plus ou moins proche du site d'infiltration, en surface ou dans les sous-sols situés en contrebas. Ce risque est lié à la pente, à la présence d'une nappe, aux écoulements souterrains préférentiels et à la nature des roches. Ce risque augmente en cas d'infiltration sur des zones de pente importantes.

2 classes de pentes ont été identifiées sur la carte :

- les pentes comprises entre 5 et 20 % ;
- les pentes supérieures à 20 %.

Pour l'infiltration des eaux pluviales, les pentes inférieures à 5 % sont *a priori* peu contraignantes. En revanche pour les secteurs de pente supérieure à 5 %, les conditions de l'infiltration sont à évaluer avec attention, notamment si des sous-sols se situent en contrebas. Pour les secteurs de pentes supérieures à 20 %, d'autres solutions de gestion des eaux pluviales seront préférées à l'infiltration.

5.1.2 Périmètres de captage d'eau potable

Les points de prélèvement de l'eau potable sont protégés par des périmètres réglementaires qui permettent d'éviter l'installation d'ouvrages potentiellement polluants à leur proximité. Les ouvrages d'infiltration des eaux pluviales peuvent constituer un risque de mise en connexion des eaux de surface et de nappes. A ce titre, leur implantation peut être contrainte, voire interdite par la réglementation.

On distingue réglementairement trois périmètres identifiés dans le cadre de la protection de la ressource en eau potable :

- le périmètre de protection immédiate où les contraintes sont fortes ; ce périmètre est acquis par la collectivité qui en maîtrise l'usage ;
- le périmètre de protection rapprochée où les activités sont restreintes ;
- le périmètre éloigné où des dispositions peuvent être prises pour garantir la pérennité de la ressource.

Les restrictions d'usage prescrites dans les arrêtés préfectoraux des différents périmètres de protection des captages devront être respectées. Dans certains cas, l'infiltration est interdite à l'intérieur des périmètres de protection rapprochée.

5.1.3 Sites et sols pollués

Sur les sites pollués, l'infiltration des eaux pluviales est susceptible d'occasionner la migration d'une pollution statique contenue dans le sol. Les eaux se chargeant de

polluants peuvent alors rejoindre une nappe phréatique et en détériorer sévèrement la qualité, induisant un impact négatif à plus ou moins long terme sur l'environnement.

Les sites identifiés comme tels par l'administration sont répertoriés par le Ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'énergie sur la base de données BASOL et BASIAS (risque de pollution moindre). Si le projet d'infiltration se situe à proximité des sites répertoriés, il conviendra de collecter les informations concernant le site en question auprès de la Préfecture. Les restrictions d'usage prescrites dans l'arrêté préfectoral devront être respectées.

5.1.4 Retrait/gonflement des argiles

Parmi les sols argileux présents sur le territoire, certains ont la particularité de présenter une sensibilité particulière aux variations de teneur en eau. En effet, lorsque le taux d'humidité augmente, certaines argiles gonflent puis se rétractent lors des épisodes de sécheresse et de forte évaporation.

Ces variations de volume du sol, rarement uniformes, entraînent des mouvements différentiels des terrains d'assise des constructions, créant ainsi des désordres multiples aux habitations (fissurations des sols et des murs, dislocations des cloisons, ruptures des canalisations enterrées...). Le recours à l'infiltration, en modifiant le taux d'humidité du sol, influe sur le phénomène de retrait/gonflement des argiles.

Il convient toutefois de noter que la question des mesures à prendre en matière de gestion des eaux pluviales fait débat. Il apparaît en effet que l'infiltration des eaux pluviales, si elle est régulière, peut aider au maintien d'un taux d'humidité constant dans le sol. Or ce sont les variations de la teneur en eau et en particulier les périodes de sécheresse qui induisent des dégâts.

Si le projet d'infiltration est situé dans une zone à risque fort, il est recommandé de faire procéder à une expertise géotechnique locale de ce risque. Cette expertise permettra de déterminer :

l'ampleur du risque potentiel associé en fonction de l'environnement du terrain (constructions, type de sol, épaisseur de la couche d'argile ...) ;

l'opportunité d'envisager l'infiltration des eaux pluviales en fonction de ce risque, et le cas échéant, les dispositions constructives adaptées.

5.1.5 Risque de remontée de nappe

Le risque dépend du niveau de la nappe située au droit du site d'infiltration :

- si l'infiltration se fait directement en zone saturée, les processus de filtration ne peuvent pas avoir lieu et il existe un risque de pollution de cette nappe ;
- si la nappe noie tout ou partie de l'ouvrage d'infiltration, le gradient hydraulique de l'ouvrage vers la nappe est réduit et en conséquence, la vitesse d'infiltration également.

A priori, l'infiltration des eaux pluviales (dans des ouvrages) dans les secteurs où la nappe est sub-affleurante n'est pas pertinente pour deux raisons :

lors des plus hautes eaux, la nappe risque de remplir les ouvrages d'infiltration qui ne pourront plus jouer leur rôle : l'évacuation des eaux pluviales par infiltration ne sera plus possible et des risques de débordement peuvent apparaître ;

la vulnérabilité de la nappe superficielle au transfert de polluants est particulièrement importante dans les secteurs où elle est sub-affleurante. Afin de préserver la qualité des eaux souterraines, l'infiltration des eaux pluviales est donc à limiter.

Par conséquent, sur les secteurs pour lesquels un risque de remontée de nappe est identifié, des reconnaissances de terrain permettront d'identifier le niveau de cette remontée, soit par des observations directes (mesure de ce niveau dans un sondage ou une fouille), soit par des observations pédologiques (traces d'hydromorphie).

Au regard de la profondeur minimale des ouvrages d'infiltration, il apparaît qu'une épaisseur minimale d'un mètre de zone non saturée apporte des conditions satisfaisantes pour envisager l'infiltration in situ des eaux pluviales.

5.1.6 Cavités non minières

Les cavités non minières ont été recensées par le BRGM et sont de 6 types : carrière, cave, indéterminé, naturel, ouvrage civil, ouvrage militaire. Elles sont reportées sur la carte des contraintes à l'infiltration.

Au vu de la géologie du territoire, la présence de cavités n'implique pas un risque important d'affaissement ou d'effondrement de terrains. Toutefois, elle est un facteur de vulnérabilité supplémentaire de la nappe superficielle à la pollution.

Si le projet d'infiltration se situe à proximité des sites répertoriés, il est nécessaire de contacter la préfecture pour obtenir plus d'information sur l'ampleur du risque, ainsi que sur la réglementation vis-à-vis des possibilités d'infiltration dans la zone impactée.

5.1.7 Dissolution et effondrement de gypses

Le gypse est une roche soluble qui est donc susceptible de se dissoudre lorsqu'elle est mise en contact avec une grande quantité d'eau.

Sa vitesse de dissolution dans les formations qui le renferment est mal connue et il est très difficile de le localiser précisément en sous-sol et de connaître son emprise en surface.

Les secteurs qui présentent un risque grave sont indiqués sur la cartographie.

Dans ces secteurs des reconnaissances de terrain permettront d'identifier précisément le niveau de risque.

5.2 DIMENSIONNEMENT D'UN DISPOSITIF D'INFILTRATION

5.2.1 Mesure in situ de la vitesse d'infiltration

L'objectif des essais d'infiltration est de caractériser la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol (et donc la capacité d'un sol à infiltrer les eaux pluviales) dans le but d'identifier le temps de vidange d'un ouvrage d'infiltration des eaux pluviales.

Il existe de nombreux modes opératoires relativement simples à mettre en œuvre pour mesurer cette vitesse.

Le matériel nécessaire à la mise en œuvre des essais, l'accessibilité aux sites à caractériser (notamment avant acquisition du foncier par l'opérateur), la saison pendant laquelle l'étude est menée, sont autant de facteurs qui peuvent influencer de manière significative les modes opératoires retenus et, en conséquence, les grandeurs mesurées.

Le tableau ci-dessous, établi par le CEREMA, propose une vision synthétique des différents modes opératoires suivis par les prestataires en charge de ces mesures :

Des critères de choix complémentaires à ceux proposés par le CEREMA sont développés ci-dessous.

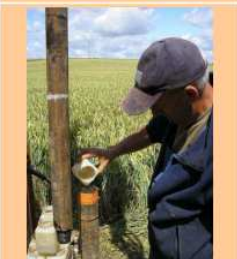
Essais et K mesuré	Illustration	Nature des sols	Principe de l'essai	Remarques sur le domaine d'application
Percolation à niveau constant (essai Porchet) ⁱ <i>K local</i>		Sols superficiels, suffisamment cohérents	Réalisation d'une cavité par sondage manuel ; après saturation préalable, suivi du volume d'eau utilisé pour maintenir le niveau d'eau dans la cavité.	Essai en sondage (de faible profondeur et de faible diamètre) généralement effectué avec une tarière à main et mesurant la perméabilité locale, davantage représentatif de techniques d'infiltration de petites tailles.
Infiltromètre ouvert à double-anneau NF EN ISO 22282-5 <i>K vertical dominante</i>		Sols superficiels moyennement à peu perméables <i>K entre 10⁻⁵ et 10⁻⁸ m/s</i>	Préparation d'une surface plane à profondeur donnée ; après saturation préalable, suivi du volume d'eau utilisé pour maintenir le niveau d'eau dans l'anneau central. L'anneau externe, dit de garde, permet de privilégier les écoulements verticaux.	Essai en surface (pouvant être réalisé dans une fosse), privilégiant la prise en compte de la perméabilité verticale des sols, davantage représentative de techniques d'infiltration telles que les chaussées à structure-réservoir.
Test à la fosse / Essai Matsuo Non normalisé <i>K global / K vertical</i>		Sols superficiels, suffisamment cohérents	Réalisation d'une cavité par sondage à la pelle ; après saturation préalable, suivi du niveau d'eau utilisé pour maintenir le niveau d'eau dans la cavité. Pour accéder à la seule perméabilité verticale (essai Matsuo), un 2 ^{ème} essai est réalisé en allongeant la fosse afin de supprimer les effets de bord.	Essai en cavité de grandes dimensions privilégiant la perméabilité globale du terrain, davantage représentative de techniques d'infiltration à forte emprise. Une saturation préalable sera difficilement atteignable dans le cas des sols assez perméables ($K > 10^{-4}$ m/s)
Essai d'eau dans un forage en tube ouvert (type Nasberg) ⁱⁱ NF EN ISO 2228-2 <i>K local</i>		Sols fins suffisamment homogènes ; <i>K supérieur à 10⁻⁶ m/s</i>	Réalisation d'une cavité par forage ; mesure de la perméabilité par suivi de la variation de charge hydraulique créée de préférence par injection à débit constant, à différentes profondeurs.	Essai en sondage pouvant privilégier la prise en compte de la perméabilité horizontale des sols, davantage représentative du fonctionnement attendu de techniques d'infiltration telles que les puits d'infiltration.

Figure 1 : synthèse des types d'essais d'infiltration (source : CEREMA)

Les essais en fouille présentent les avantages notables de fournir les vitesses d'infiltration les plus fiables et les plus facilement interprétables, et de permettre une bonne vision de la géométrie et de la nature des sols en place. En revanche, ils nécessitent la mise à disposition d'une pelle mécanique et d'une réserve d'eau conséquente, ce qui peut limiter leur prescription pour de petites opérations à moins qu'ils ne soient mis en œuvre conjointement à une campagne de reconnaissance géotechnique.

L'essai à double anneau est recommandé pour les mesures de vitesse en surface. Ils peuvent également être utilisés pour mesurer la vitesse d'infiltration au fond d'une fouille si l'approvisionnement en eau est difficile.

Les essais en sondage de type Porchet sont à éviter car ils donnent une information partielle difficilement interprétable. On y aura recours par défaut, en mettant en œuvre au moins 3 essais pour une superficie de 300 m².

Dans tous les cas, il convient d'interpréter les mesures en considérant :

- le comportement variable d'un sol selon son degré de saturation : on procédera à au moins 2 cycles de mesures sur un même point pour évaluer l'influence de cette saturation sur la vitesse d'infiltration ; on s'informerait également sur le comportement des sols en hiver lors d'une enquête de voisinage ;
- à la variabilité des caractéristiques intrinsèques d'un sol au droit d'un même projet : on sera attentif aux indices superficiels de remblaiement, de remaniement superficiel du sol (notamment les couches de fondation d'infrastructures), à la proximité d'arbres, de réseaux enterrés et d'activités susceptibles d'avoir tassé le sol ;
- le risque de remplacement des sols en surface par des apports exogènes lors des travaux de terrassement préalables à la construction : on se renseignera sur les mouvements de terre prévus par le maître d'œuvre, en préalable à la construction.

Pour s'affranchir au maximum de ces limites, il faudra veiller à :

- se rapprocher des conditions d'infiltration réelles du dispositif futur de gestion des eaux pluviales (dans des conditions défavorables : sols humides) ;
- multiplier les essais et les profondeurs testées ;
- visualiser une coupe du sol et du sous-sol afin de se rendre compte des variations latérales et en profondeur des matériaux, des couleurs (indices éventuels d'une saturation temporaire) et de mesurer la profondeur du sol. Cette observation est possible dans une fouille menée à la pelle mécanique, le cas échéant pendant les travaux de fondation, ou dans un talus proche.

5.2.2 Outils et abaques de dimensionnement des dispositifs

a) Principe de dimensionnement

Le calcul du volume du dispositif de rétention avant infiltration se fait par application directe du ratio de rétention rappelé en 0 :

$$\text{Volume rétention (m}^3\text{)} = \text{ratio (m}^3\text{/ha imperméabilisé)} \times \text{surface imperméabilisée (ha)}$$

Les dimensions (profondeur, longueur et largeur) du dispositif doivent être adaptées au contexte du projet (capacité d'infiltration du sol, présence d'une nappe à faible profondeur, surface disponible, autres usages du dispositif...) et permettre une infiltration des eaux pluviales en moins de 48 heures.

A capacité d'infiltration des sols constante, plus le dispositif d'infiltration sera étendu, plus la hauteur de stockage nécessaire sera faible et plus le temps d'infiltration sera donc court. Ainsi par exemple, un dispositif d'infiltration 10 fois plus étendu se vidangera 10 fois plus vite.

b) Calcul de la surface imperméabilisée

Le calcul de la surface imperméabilisée¹ d'un projet passe par la prise en compte de toutes les surfaces du projet susceptibles de provoquer un ruissellement (y compris les espaces semi-perméables et les espaces verts non déconnectés).

Le calcul est le suivant :

$$\text{Surface imperméabilisée} = \sum_{k=0}^n (\text{Surface (k)} * \text{Coefficient de ruissellement (k)})$$

Pour ce calcul, nous proposons la prise en compte des coefficients de ruissellement ci-après.

Type de surface	Coefficient de ruissellement
Toiture non végétalisée (traditionnelle ou terrasse)	1
Toiture végétalisée	0,9
Toiture ou dalle jardinée	0,8
Enrobé classique et autres surfaces imperméabilisées (Terrasse, dalle béton...)	1
Enrobé poreux / stabilisé	0,8
Espace vert en pente vers l'extérieur	0,4
Espace vert déconnecté (gestion in situ cf.3.2)	0

Tableau 2 : coefficients de ruissellement en fonction de du type de surface

¹ Par soucis de compréhension, la surface active est assimilée à la surface imperméabilisée, le coefficient d'imperméabilisation est donc le coefficient d'apport

c) Hauteur de rétention

La hauteur de rétention du dispositif dépend de la surface dédiée à l'infiltration.

Le calcul de cette hauteur est le suivant :

$$\text{Hauteur (m)} = \text{Volume de rétention (m}^3\text{)} / \text{surface d'infiltration (m}^2\text{)}$$

Avec le calcul du volume de rétention rappelé en a).

Les graphiques ci-après illustrent la hauteur de rétention nécessaire dans un dispositif pour infiltrer le volume de rétention imposé par le ratio du zonage pluvial en fonction de la surface dédiée à l'infiltration par rapport à la surface imperméabilisée à l'amont du dispositif.

A titre d'illustration :

- le cas où $S_{\text{infiltration}}/S_{\text{imperméabilisée à l'amont}} = 5\%$ peut correspondre à l'infiltration dans un ouvrage de 5 m², à l'aval d'une toiture de 100 m², ou d'un bassin de 500 m² à l'aval d'un total de 10 000 m² de toitures et de voiries imperméables ;
- le cas où $S_{\text{infiltration}}/S_{\text{imperméabilisée à l'amont}} = 100\%$ peut correspondre à l'infiltration superficielle, par simple épandage dans un espace vert de 100 m², à l'aval d'une toiture de 100 m².

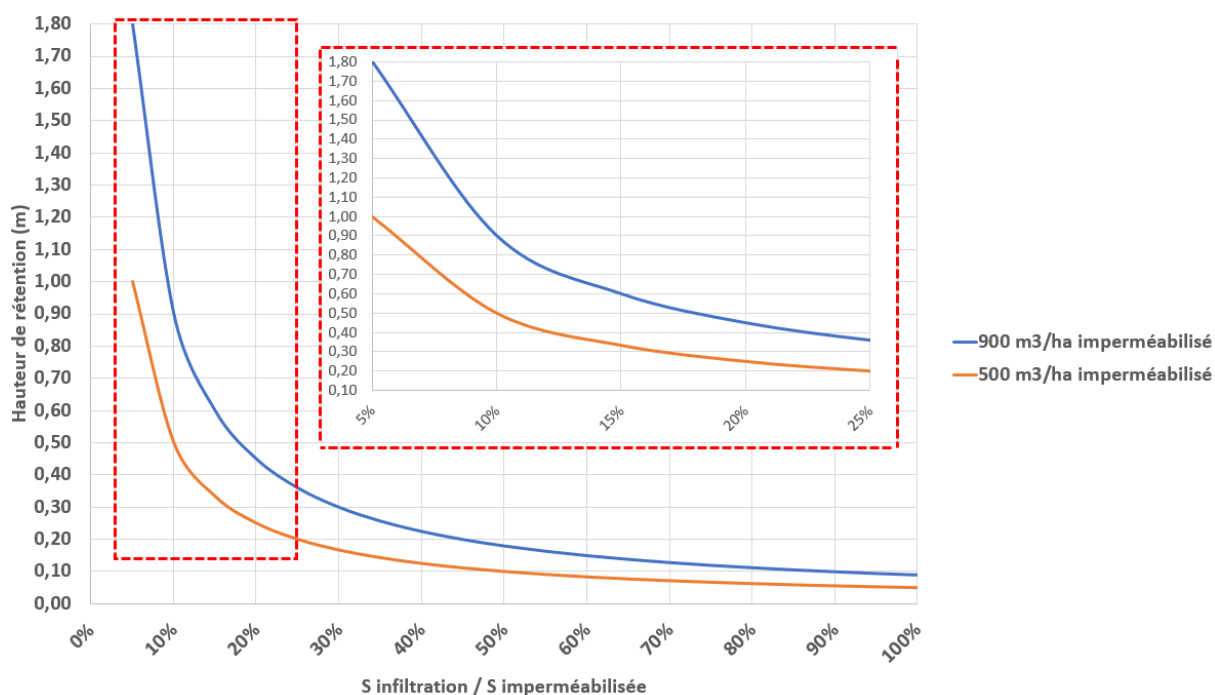


Figure 2 : hauteur de rétention nécessaire pour infiltrer les eaux pluviales en fonction de la part que représente la surface infiltrante par rapport à la surface imperméabilisée

Commentaires :

La rétention avant infiltration dans une zone où le ratio de rétention est de 500 m³/ha imperméabilisé (soit 50 l/m² imperméabilisé), peut être envisagée sur une surface équivalente à la surface imperméabilisée située à l'amont en stockant l'eau sur 5 cm.

Un simple épandage sur des surfaces perméables peut donc facilement être envisagé moyennant un léger décaissement. On peut également avoir recours à une chaussée à structure réservoir à l'aval d'une toiture de surface équivalente.

Par exemple : on peut gérer la pluie qui tombe sur 200 m² de toitures et de surface imperméabilisée par épandage dans 200 m² de jardin légèrement décaissé ou par infiltration via une chaussée à structure réservoir.

Pour la rétention avant infiltration dans une zone où le ratio de rétention est de 900 m³/ha imperméabilisé (soit 90 l/m² imperméabilisé), on peut envisager :

- un dispositif permettant le stockage sur une surface équivalente à la surface imperméabilisée située à l'amont en stockant sur 9 cm. Une infiltration via un espace perméable nécessitera donc un décaissement de 9 cm ; on peut également avoir recours à une chaussée à structure réservoir de 30 cm d'épaisseur (indice de vide de 30 %).
- Un dispositif représentant 33 % (un tiers) de la surface active située à l'amont, dans ce cas, il faudra stocker l'eau sur 25 cm environ.

Par exemple, pour un terrain de 300 m² avec 150 m² de toiture, 50 m² d'enrobé, on peut gérer la pluie sur les 100 m² de terrain perméable restant en décaissant ce terrain de 25 cm (espaces verts).

d) Durée d'infiltration

L'objectif proposé par le règlement du PLUI est d'infiltrer les eaux pluviales en moins de 48 heures.

La durée d'infiltration des eaux pluviales dans le sol dépend de la hauteur à infiltrer et de la capacité des sols à infiltrer l'eau.

Elle se calcule ainsi :

$$\text{Durée d'infiltration (heures)} = \text{Hauteur d'infiltration (m)} / (3600 \times \text{capacité d'infiltration (m/s)})$$

La hauteur d'infiltration étant liée à la surface dédiée à l'infiltration (cf. 5.2.2.c), on peut donc tracer les courbes de référence présentée ci-après pour les deux types de ratios d'infiltration imposés par le zonage pluvial.

En zone prioritaire où le ratio de rétention est de 900 l/ha imperméabilisé (90 l/m²) :

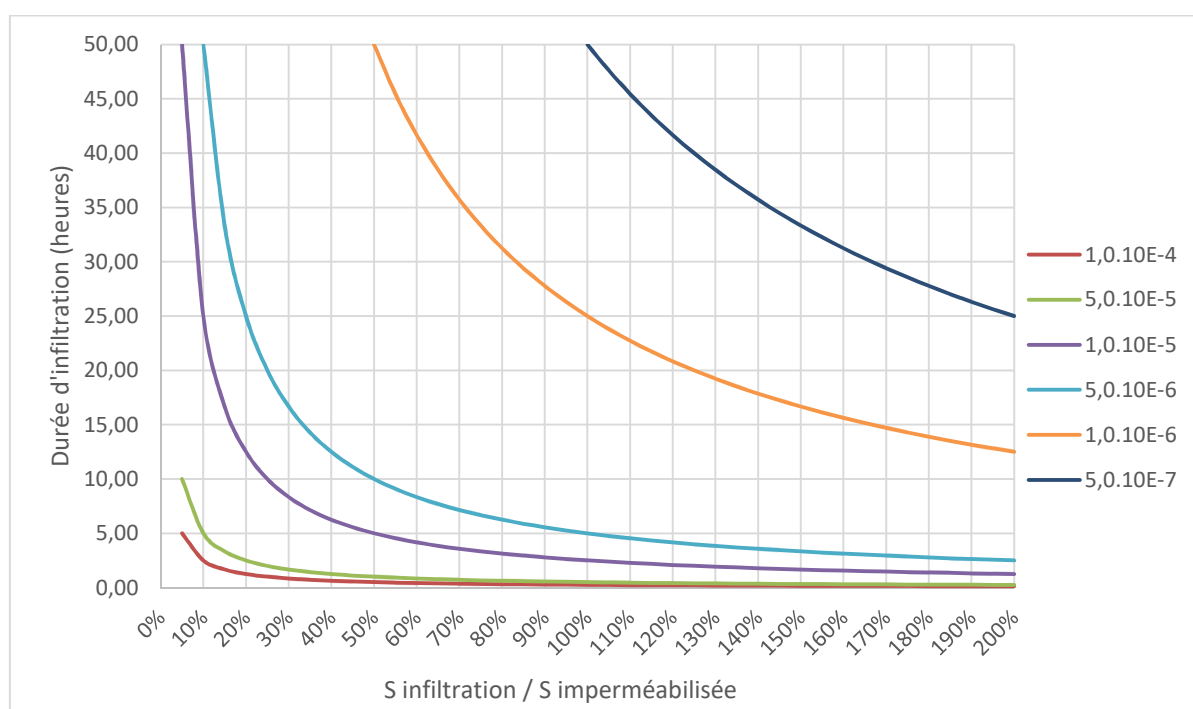


Figure 3 : durée d'infiltration nécessaire pour infiltrer les eaux pluviales en secteur prioritaire (90 l/m²) en fonction de la part que représente la surface infiltrante par rapport à la surface imperméabilisée

Pour des capacités d'infiltration comprise entre 10⁻⁴ et 5.10⁻⁵ m/s, on pourra infiltrer la totalité du volume retenu dans le dispositif en moins d'une demi-journée sur une surface d'infiltration représentant seulement 5 % de la surface imperméabilisée collectée par le dispositif. Ce sera 20 % dans le cas d'une capacité d'infiltration de 10⁻⁵ m/s.

Pour une capacité d'infiltration de 1.10⁻⁶ m/s, le dispositif devra être d'une surface équivalente à la surface imperméable collectée pour pouvoir infiltrer le volume retenu en moins d'une journée.

Lorsque la capacité d'infiltration est de 5.10⁻⁷ m/s, la surface dédiée à l'infiltration devra être au moins équivalente à la surface imperméabilisée connectée pour pouvoir infiltrer les eaux stockées en moins de 48 heures. Il faudra une surface d'infiltration au moins 2 fois supérieure à la surface imperméabilisée pour infiltrer l'eau en moins de 25 heures.

En zone secondaire où le ratio de rétention est de 500 l/ha imperméabilisé (50 l/m²) :

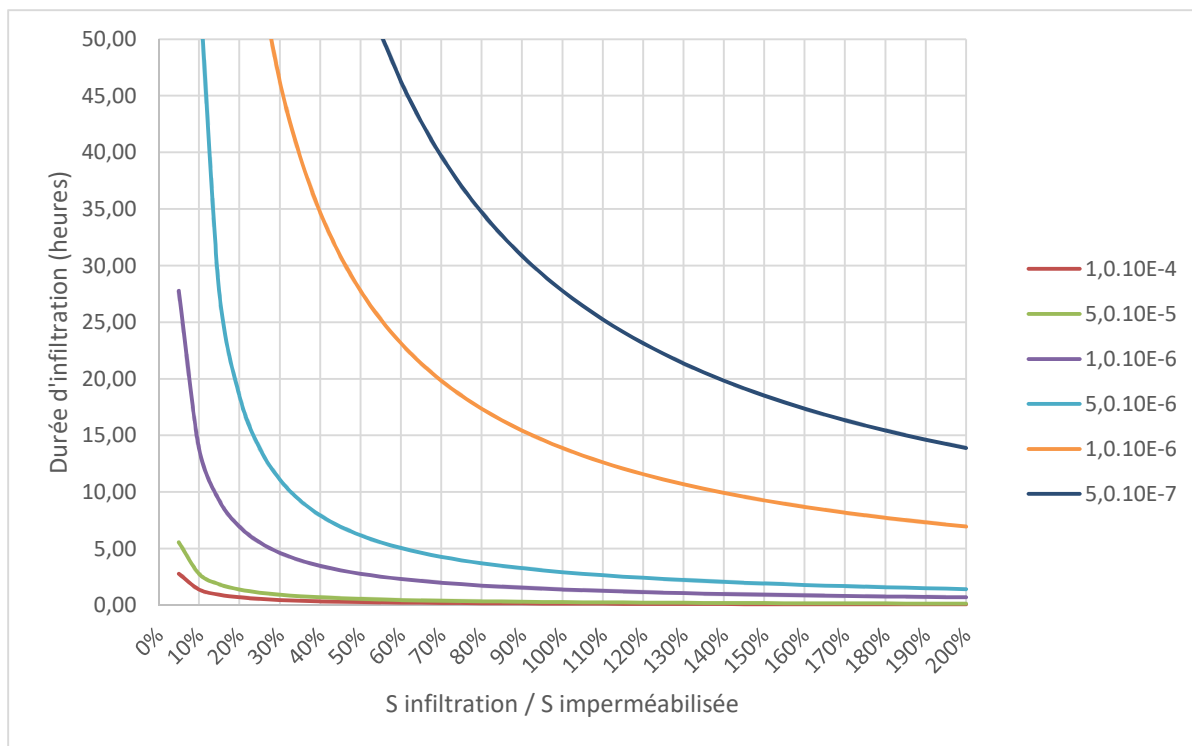


Figure 4 : durée d'infiltration nécessaire pour infiltrer les eaux pluviales en secteur secondaire (50 l/m²) en fonction de la part que représente la surface infiltrante par rapport à la surface imperméabilisée

On peut facilement infiltrer les eaux pluviales en moins de 48 heures sur une surface dédiée à l'infiltration qui représente moins de 15 % de la surface imperméabilisée dans le cas où le sol possède une capacité d'infiltration de 1.10^{-6} m/s ou plus.

Si la surface dédiée à l'infiltration représente au moins 60 % de la surface imperméabilisée, on pourra infiltrer les eaux pluviales en moins de 48 heures dès lors que la capacité d'infiltration est supérieure ou égale à 5.10^{-7} m/s.

6 FAISABILITE D'UNE VIDANGE A DEBIT LIMITE VERS LE DOMAINE PUBLIC

La vidange du volume réglementaire tel que défini plus haut, à débit limité vers le domaine public, est dérogatoire. Le porteur de projet doit justifier de l'impossibilité de vidanger son dispositif de gestion des eaux pluviales par infiltration.

6.1 DIMENSIONNEMENT DU DISPOSITIF DE RETENTION

Le calcul du volume du dispositif de rétention se fait par application directe du ratio de rétention rappelé en 0 :

$\text{Volume rétention (m}^3\text{)} = \text{ratio (m}^3\text{/ha imperméabilisé)} \times \text{surface imperméabilisée (ha)}$

Les dimensions (profondeur, longueur et largeur) du dispositif doivent être adaptées au contexte du projet (présence d'une nappe à faible profondeur, surface disponible, autres usages du dispositif...).

Pour le calcul de la surface imperméabilisée : Cf.5.2.2.b.

6.2 CONCEPTION DE L'OUVRAGE DE REGULATION

6.2.1 Principes de conception

L'ouvrage de régulation du débit de rejet doit permettre respecter le débit réglementaire pour la charge maximale dans l'ouvrage. Autrement dit, le débit de fuite autorisé ne doit être atteint qu'une fois que le dispositif de rétention est plein.

L'ouvrage régulation doit être conçu de façon à prévenir tout risque de dysfonctionnement. Pour cela, on veillera à ce qu'il :

- fonctionne gravitairement (pas de vidange par pompage) ;
- soit rustique et robuste ;
- soit facile à entretenir (y compris facile d'accès).

Par ailleurs, il est nécessaire qu'il soit conçu de façon à ce que tout dysfonctionnement soit facilement identifiable.

6.2.2 Equipements

Les ouvrages de régulation sont susceptibles de se boucher entièrement ou en partie et entraîner un dysfonctionnement du dispositif de gestion des eaux pluviales dans son ensemble.

Ce colmatage peut principalement provenir du dépôt d'embâcles et de sédiments (feuilles, sable, branchages, détritiques...) dans ou à l'entrée de l'ouvrage.

Ces sédiments et embâcles arrivent à l'ouvrage principalement par l'action :

- des eaux pluviales qui lessivent les sols ;
- de l'homme (origine anthropique) ;
- du vent.

Pour prévenir ces désordres, plusieurs mesures préventives et curatives peuvent être mises en place en fonction du dispositif retenu, telles que :

- mettre en place une crépine ou tout autre dispositif de protection ;
- ne pas descendre en dessous d'un diamètre de 5 cm pour l'ajutage ;
- assurer la régulation à travers un dispositif de filtration/drainage dans le fond de l'ouvrage (permet d'obtenir des débits de fuite faibles avec un contrôle du débit par capacité d'absorption du drain ou dispositif de contrôle à l'aval) ;
- effectuer un entretien régulier du dispositif.

6.2.3 Abaque de dimensionnement simplifié

Le tableau ci-dessous permet d'estimer le débit de régulation d'un dispositif de type ajutage en fonction du diamètre de conduite et de la charge à l'amont.

	Diamètre de l'ouvrage de fuite (mm)													
	32	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
Charge (m)	0,05	0,6 l/s	0,9 l/s	1,4 l/s	3,5 l/s	5,4 l/s	8,5 l/s	12,3 l/s	21,8 l/s	34,0 l/s	49,0 l/s	66,7 l/s	87,1 l/s	110,3 l/s
	0,1	0,8 l/s	1,2 l/s	1,9 l/s	4,9 l/s	7,7 l/s	12,0 l/s	17,3 l/s	30,8 l/s	48,1 l/s	69,3 l/s	94,3 l/s	123,2 l/s	155,9 l/s
	0,15	1,0 l/s	1,5 l/s	2,4 l/s	6,0 l/s	9,4 l/s	14,7 l/s	21,2 l/s	37,7 l/s	58,9 l/s	84,9 l/s	115,5 l/s	150,9 l/s	191,0 l/s
	0,2	1,1 l/s	1,7 l/s	2,7 l/s	7,0 l/s	10,9 l/s	17,0 l/s	24,5 l/s	43,6 l/s	68,1 l/s	98,0 l/s	133,4 l/s	174,2 l/s	220,5 l/s
	0,25	1,2 l/s	1,9 l/s	3,0 l/s	7,8 l/s	12,2 l/s	19,0 l/s	27,4 l/s	48,7 l/s	76,1 l/s	109,6 l/s	149,2 l/s	194,8 l/s	246,6 l/s
	0,3	1,4 l/s	2,1 l/s	3,3 l/s	8,5 l/s	13,3 l/s	20,8 l/s	30,0 l/s	53,4 l/s	83,4 l/s	120,0 l/s	163,4 l/s	213,4 l/s	270,1 l/s
	0,35	1,5 l/s	2,3 l/s	3,6 l/s	9,2 l/s	14,4 l/s	22,5 l/s	32,4 l/s	57,6 l/s	90,0 l/s	129,7 l/s	176,5 l/s	230,5 l/s	291,7 l/s
	0,4	1,6 l/s	2,5 l/s	3,9 l/s	9,9 l/s	15,4 l/s	24,1 l/s	34,7 l/s	61,6 l/s	96,3 l/s	138,6 l/s	188,7 l/s	246,4 l/s	311,9 l/s
	0,45	1,7 l/s	2,6 l/s	4,1 l/s	10,5 l/s	16,3 l/s	25,5 l/s	36,8 l/s	65,3 l/s	102,1 l/s	147,0 l/s	200,1 l/s	261,4 l/s	330,8 l/s
	0,5	1,8 l/s	2,8 l/s	4,3 l/s	11,0 l/s	17,2 l/s	26,9 l/s	38,7 l/s	68,9 l/s	107,6 l/s	155,0 l/s	210,9 l/s	275,5 l/s	348,7 l/s
	0,55	1,8 l/s	2,9 l/s	4,5 l/s	11,6 l/s	18,1 l/s	28,2 l/s	40,6 l/s	72,2 l/s	112,9 l/s	162,5 l/s	221,2 l/s	289,0 l/s	365,7 l/s
	0,6	1,9 l/s	3,0 l/s	4,7 l/s	12,1 l/s	18,9 l/s	29,5 l/s	42,4 l/s	75,5 l/s	117,9 l/s	169,8 l/s	231,1 l/s	301,8 l/s	382,0 l/s
	0,65	2,0 l/s	3,1 l/s	4,9 l/s	12,6 l/s	19,6 l/s	30,7 l/s	44,2 l/s	78,5 l/s	122,7 l/s	176,7 l/s	240,5 l/s	314,1 l/s	397,6 l/s
	0,7	2,1 l/s	3,3 l/s	5,1 l/s	13,0 l/s	20,4 l/s	31,8 l/s	45,8 l/s	81,5 l/s	127,3 l/s	183,4 l/s	249,6 l/s	326,0 l/s	412,6 l/s
	0,75	2,2 l/s	3,4 l/s	5,3 l/s	13,5 l/s	21,1 l/s	33,0 l/s	47,5 l/s	84,4 l/s	131,8 l/s	189,8 l/s	258,3 l/s	337,4 l/s	427,1 l/s
	0,8	2,2 l/s	3,5 l/s	5,4 l/s	13,9 l/s	21,8 l/s	34,0 l/s	49,0 l/s	87,1 l/s	136,1 l/s	196,0 l/s	266,8 l/s	348,5 l/s	441,1 l/s
	0,85	2,3 l/s	3,6 l/s	5,6 l/s	14,4 l/s	22,5 l/s	35,1 l/s	50,5 l/s	89,8 l/s	140,3 l/s	202,1 l/s	275,0 l/s	359,2 l/s	454,6 l/s
	0,9	2,4 l/s	3,7 l/s	5,8 l/s	14,8 l/s	23,1 l/s	36,1 l/s	52,0 l/s	92,4 l/s	144,4 l/s	207,9 l/s	283,0 l/s	369,6 l/s	467,8 l/s
	0,95	2,4 l/s	3,8 l/s	5,9 l/s	15,2 l/s	23,7 l/s	37,1 l/s	53,4 l/s	94,9 l/s	148,3 l/s	213,6 l/s	290,8 l/s	379,8 l/s	480,6 l/s
	1	2,5 l/s	3,9 l/s	6,1 l/s	15,6 l/s	24,4 l/s	38,1 l/s	54,8 l/s	97,4 l/s	152,2 l/s	219,2 l/s	298,3 l/s	389,6 l/s	493,1 l/s
	1,05	2,6 l/s	4,0 l/s	6,2 l/s	16,0 l/s	25,0 l/s	39,0 l/s	56,1 l/s	99,8 l/s	156,0 l/s	224,6 l/s	305,7 l/s	399,3 l/s	505,3 l/s
	1,1	2,6 l/s	4,1 l/s	6,4 l/s	16,3 l/s	25,5 l/s	39,9 l/s	57,5 l/s	102,2 l/s	159,6 l/s	229,9 l/s	312,9 l/s	408,7 l/s	517,2 l/s
	1,15	2,7 l/s	4,2 l/s	6,5 l/s	16,7 l/s	26,1 l/s	40,8 l/s	58,8 l/s	104,5 l/s	163,2 l/s	235,0 l/s	319,9 l/s	417,8 l/s	528,8 l/s
	1,2	2,7 l/s	4,3 l/s	6,7 l/s	17,1 l/s	26,7 l/s	41,7 l/s	60,0 l/s	106,7 l/s	166,7 l/s	240,1 l/s	326,8 l/s	426,8 l/s	540,2 l/s
	1,25	2,8 l/s	4,4 l/s	6,8 l/s	17,4 l/s	27,2 l/s	42,5 l/s	61,3 l/s	108,9 l/s	170,2 l/s	245,0 l/s	333,5 l/s	435,6 l/s	551,3 l/s
	1,3	2,8 l/s	4,4 l/s	6,9 l/s	17,8 l/s	27,8 l/s	43,4 l/s	62,5 l/s	111,1 l/s	173,5 l/s	249,9 l/s	340,1 l/s	444,3 l/s	562,3 l/s
	1,35	2,9 l/s	4,5 l/s	7,1 l/s	18,1 l/s	28,3 l/s	44,2 l/s	63,7 l/s	113,2 l/s	176,8 l/s	254,7 l/s	346,6 l/s	452,7 l/s	573,0 l/s
	1,4	3,0 l/s	4,6 l/s	7,2 l/s	18,4 l/s	28,8 l/s	45,0 l/s	64,8 l/s	115,3 l/s	180,1 l/s	259,3 l/s	353,0 l/s	461,0 l/s	583,5 l/s
	1,45	3,0 l/s	4,7 l/s	7,3 l/s	18,8 l/s	29,3 l/s	45,8 l/s	66,0 l/s	117,3 l/s	183,3 l/s	263,9 l/s	359,2 l/s	469,2 l/s	593,8 l/s
	1,5	3,1 l/s	4,8 l/s	7,5 l/s	19,1 l/s	29,8 l/s	46,6 l/s	67,1 l/s	119,3 l/s	186,4 l/s	268,4 l/s	365,4 l/s	477,2 l/s	604,0 l/s
	1,55	3,1 l/s	4,9 l/s	7,6 l/s	19,4 l/s	30,3 l/s	47,4 l/s	68,2 l/s	121,3 l/s	189,5 l/s	272,9 l/s	371,4 l/s	485,1 l/s	613,9 l/s
	1,6	3,2 l/s	4,9 l/s	7,7 l/s	19,7 l/s	30,8 l/s	48,1 l/s	69,3 l/s	123,2 l/s	192,5 l/s	277,2 l/s	377,3 l/s	492,9 l/s	623,8 l/s
	1,65	3,2 l/s	5,0 l/s	7,8 l/s	20,0 l/s	31,3 l/s	48,9 l/s	70,4 l/s	125,1 l/s	195,5 l/s	281,5 l/s	383,2 l/s	500,5 l/s	633,4 l/s
	1,7	3,3 l/s	5,1 l/s	7,9 l/s	20,3 l/s	31,8 l/s	49,6 l/s	71,4 l/s	127,0 l/s	198,4 l/s	285,8 l/s	389,0 l/s	508,0 l/s	643,0 l/s
	1,75	3,3 l/s	5,2 l/s	8,1 l/s	20,6 l/s	32,2 l/s	50,3 l/s	72,5 l/s	128,9 l/s	201,3 l/s	289,9 l/s	394,6 l/s	515,4 l/s	652,4 l/s
	1,8	3,3 l/s	5,2 l/s	8,2 l/s	20,9 l/s	32,7 l/s	51,0 l/s	73,5 l/s	130,7 l/s	204,2 l/s	294,0 l/s	400,2 l/s	522,7 l/s	661,6 l/s
	1,85	3,4 l/s	5,3 l/s	8,3 l/s	21,2 l/s	33,1 l/s	51,8 l/s	74,5 l/s	132,5 l/s	207,0 l/s	298,1 l/s	405,8 l/s	530,0 l/s	670,7 l/s
	1,9	3,4 l/s	5,4 l/s	8,4 l/s	21,5 l/s	33,6 l/s	52,4 l/s	75,5 l/s	134,3 l/s	209,8 l/s	302,1 l/s	411,2 l/s	537,1 l/s	679,7 l/s
	1,95	3,5 l/s	5,4 l/s	8,5 l/s	21,8 l/s	34,0 l/s	53,1 l/s	76,5 l/s	136,0 l/s	212,5 l/s	306,1 l/s	416,6 l/s	544,1 l/s	688,6 l/s
	2	3,5 l/s	5,5 l/s	8,6 l/s	22,0 l/s	34,4 l/s	53,8 l/s	77,5 l/s	137,8 l/s	215,2 l/s	310,0 l/s	421,9 l/s	551,0 l/s	697,4 l/s

Tableau 3 : abaque de dimensionnement d'un ouvrage de fuite à débit régulé (débit en fonction de la charge et du diamètre de conduite)