

5 NOTE DE GESTION DES EAUX
PLUVIALES DU DOSSIER LOI SUR
L'EAU

D.2.1

Les mails d'Orléans

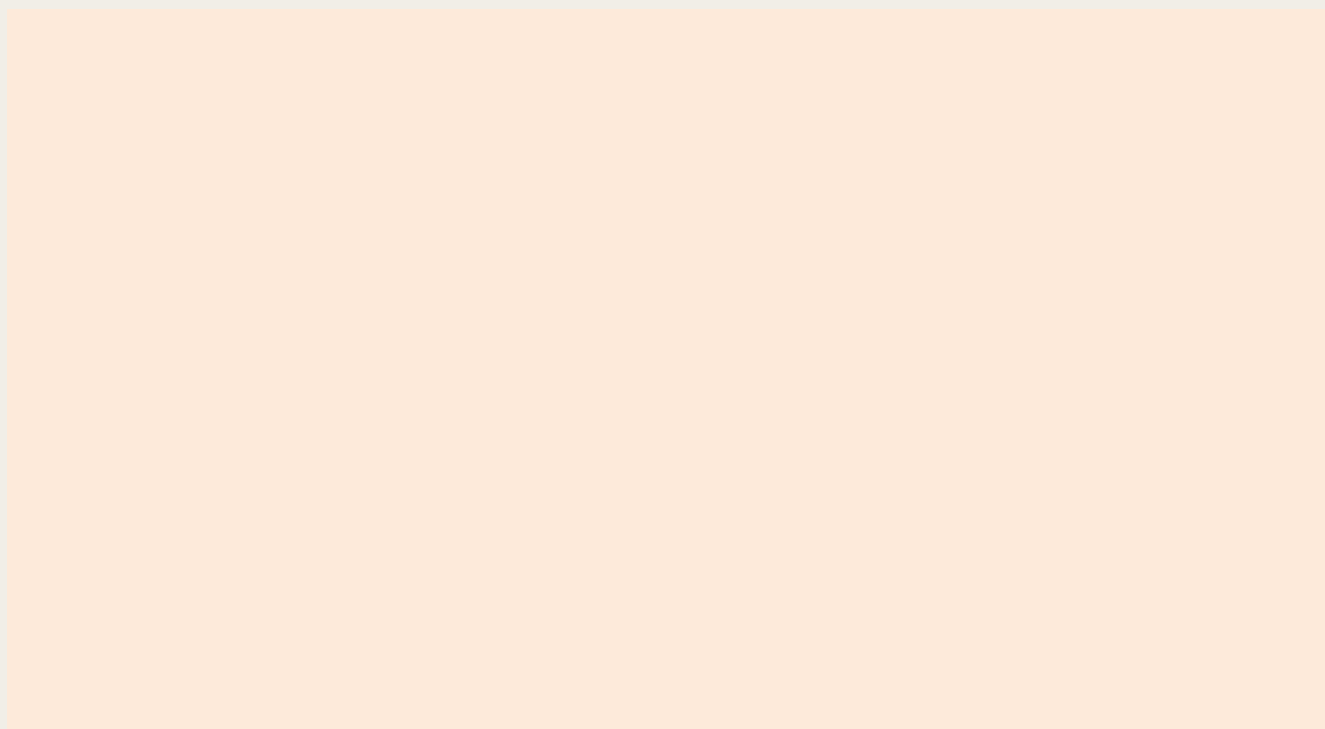
Maîtrise d'œuvre des espaces publics et équipements de stationnement pour la requalification des mails historiques d'Orléans

AVP : Aménagement des espaces publics des mails

Note de Gestion des Eaux Pluviales du Projet

Richez_Associés + Pena Paysages + Artelia + Transitec+ Intégral Design + Atelier Jeol + Indiggo + Phytoconseil + Capacité + Géolia + Eppy

16 juillet 2024



Orléans Métropole

Maîtrise d'oeuvre des espaces publics et équipements de stationnement pour la requalification des mails historiques d'Orléans

MARCHE PUBLIC DE MAITRISE D'ŒUVRE

AVP : Aménagement des espaces publics des mails

Note de Gestion des Eaux Pluviales du Projet

INDICE	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	CONTROLÉ(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
0	Première émission AVPv0	MBL (ART)	DNS (ART)	CDI (ART)	04/10/2023
A	Rendu AVPvf	MBL (ART)	DNS (ART)	CDI (ART)	17/11/2023
B	Màj pour rendu DLE	MBL	DNS (ART)	CDI (ART)	16/02/2024
C	Màj pour DLE vf	MBL	DNS (ART)	CDI (ART)	16/07/24

1. Objet de la note	4
2. Principe de conception	4
2.1. Normes et règlements	4
2.2. Principes de dimensionnement	5
2.3. Contraintes applicables au projet	7
2.4. Prédimensionnement	13
2.5. Phase Travaux	19
3. Dimensionnements des besoins par type de dispositifs	19
3.1. Structures réservoirs	19
3.2. Noues	21
3.3. La « trame brune »	21
3.4. Modelés de terrain	21
3.5. Tranchées drainantes	22
4. Bilan des gestions des pluies	22
4.1. Bilan des gestions de pluies trentennales	22
4.2. Bilan des gestions de pluies centennales	22
5. Synthèse bibliographique des dispositifs	24
5.1. Diminution de l'imperméabilisation	24
5.2. Stockage de la pluie, abattement et infiltration	25
6. Prochaines étapes	37
Annexes	37

1. Objet de la note

L'aménagement des espaces publics des mails historiques d'Orléans conduit à modifier l'implantation et le nivellement de la voirie, des trottoirs et de façon générale des aménagements des voies : boulevards, certaines rues adjacentes, des espaces paysagers, etc.

Ces aménagements entraînent une modification du système de collecte et de transport des eaux pluviales et des eaux usées dans un secteur très majoritairement unitaire dans cette section de la ville d'Orléans. Ces modifications peuvent aller d'une simple remise à la cote des émergences (avaloirs, regards, etc.) jusqu'à leur déplacement avec raccordement au réseau d'assainissement existant ou dévoté en passant par une déconnexion totale des eaux pluviales du réseau unitaire.

Orléans Métropole a élaboré un Zonage d'assainissement pluvial (en cours d'approbation en date d'octobre 2023) et qui vise à être mis en effet à la fin 2023. Ce zonage constitue le guide principal de gestion des eaux pluviales sur le projet des mails car il s'inscrit dans les autres normes et règlements nationaux/locaux, tout en étant plus ambitieux que ceux-ci (référentiels cités en 2.1 ci-dessous).

Le principe de gestion des eaux pluviales adopté et présenté dans ce fascicule est le suivant :

- Récupération, abattement et infiltration des eaux au plus proche de leur point de chute ;
- Récupération des reliquats d'eaux pluviales non gérées vers réseau unitaire existant via un système d'avaloirs/grilles.

2. Principe de conception

2.1. Normes et règlements

Les normes, règlements et documents techniques applicables au présent projet sont classés en deux catégories. Les documents cadres relevant de la réglementation nationale ou des règles de l'art, et les règlements locaux.

Au niveau national, les prescriptions relevées sont :

- Le Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) applicable aux marchés publics de travaux et en particulier les fascicules suivants :
 - Fascicule n°70 : Canalisations d'assainissement et ouvrages annexes,
 - Fascicule n°71 : Fournitures et pose de canalisations d'eau, accessoires et branchements ;
- Les documents techniques unifiés (DTU), notamment le DTU n°20.1 : Ouvrages de maçonnerie de petits éléments et les recommandations pour l'emploi de géo-synthétiques dans les systèmes de drainage et de filtration ;
- Les textes de l'Association Française de Normalisation suivants :
 - NF EN 598 : tuyaux, raccords, accessoires pour l'assainissement,
 - NF P16 : canalisations d'assainissement ;
- Les instructions techniques faisant l'objet des documents suivants :
 - Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations (Circulaire ministérielle n° INT 77.284 du 22 Juin 1977),
 - Loi sur l'Eau du 3 janvier 1992 (loi n° 92-3),
 - Le mémento technique de l'ASTEE de 2017.

Au niveau local, nous nous appuyerons sur les documents suivants :

- Règlement d'assainissement d'Orléans Métropole (approuvé en 2016) ;

- Zonage de gestion des eaux pluviales urbaines d'Orléans Métropole (Notice explicative rédigée en 2022 – en cours d'approbation avec un objectif de mise en effet à fin 2023) ;
- Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Loire-Bretagne (SDAGE de 2022-2027) ;
- Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Nappe de Beauce et de ses milieux aquatiques (SAGE de 2013) ;
- Plan de Prévention des Risques d'inondation PPRI du Val d'Orléans ;
- Plan Local d'Urbanisme Métropolitain (PLUM) de Orléans Métropole : fascicule « Etat initial de l'environnement » (n°1.2.0) et fascicule « justification des choix et évaluation environnementale » (n°1.3.0).

2.2. Principes de dimensionnement

« Tout projet doit garantir la maîtrise quantitative et qualitative des ruissellements en proposant une gestion intégrée à l'échelle de l'opération des eaux pluviales pour toutes les pluies jusqu'à la pluie de période de retour 30 ans.

Les types de solutions pouvant être mis en œuvre à la parcelle sont :

- Le maintien en pleine terre, autant que possible, des espaces. C'est la solution la moins impactante pour le cycle de l'eau et l'environnement,
- La mise en œuvre de revêtements végétalisés ou perméables, qui permettent d'éviter la production des ruissellements pour les pluies courantes (par exemple : terrasses et cours perméables, toitures végétalisées, parkings végétalisés ou perméables, privilégier l'utilisation de gravier, béton drainant, pavés béton/gazon, dalles alvéolées, pavés à joints engazonnés, etc...),
- Les aménagements simples de type espaces verts « en creux », noues, tranchées d'infiltration et « jardins de pluie », qui permettent de retenir temporairement et d'évacuer par infiltration et/ou évapotranspiration les écoulements issus des surfaces imperméables, sans consommer beaucoup d'espace. Les dispositifs à ciel ouvert seront privilégiés autant que possible,
- La réutilisation des eaux pluviales.

On privilégiera les solutions de faible profondeur permettant d'optimiser la filtration par les sols (de type espaces verts « en creux », noues, tranchées d'infiltration et « jardins de pluie »), en privilégiant autant que possible les dispositifs à ciel ouvert. Une solution est considérée à faible profondeur pour une profondeur de l'ordre de 30 à 70 cm. »

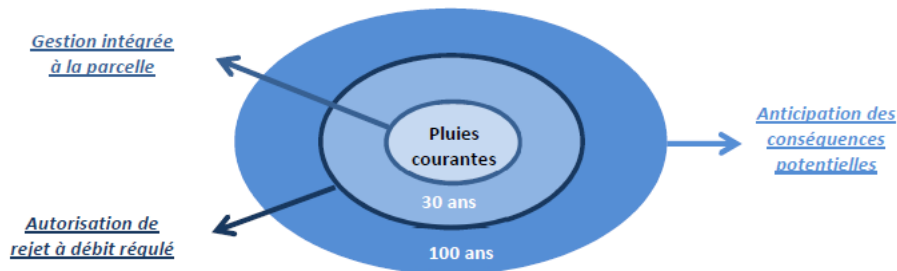
Extrait du Zonage pluvial Orléans Métropole

A la lecture du zonage pluvial d'Orléans métropole et à la suite des réunions de cadrage réglementaire effectuées avec les services de Orléans Métropole (les 14/06/2023 et 20/09/2023) et avec la DDT le 23/06/2023, il a été relevé les points suivants :

- Un **abattement des pluies courantes (20mm)** dans des ouvrages de faible profondeur (incluant les noues et tranchées Stockholm notamment) avec un temps de vidange de maximum 24h ;
- Un **zéro rejet pour des pluies trentennales** avec un temps de vidange des ouvrages de maximum 72h par infiltration. Si l'impossibilité d'infiltrer est justifiée (temps de vidange maximum dépassés, capacités d'infiltration des sols non propices, risques important de gonflement/retrait des argiles, risque de pollution de la nappe par transfert dans sol pollué, ...), un **rejet au réseau d'assainissement peut être réalisé s'il est régulé et de l'ordre de 1l/s/ha maximum, ou /et de 3l/s minimum** ;
- Une **analyse sur les volumes et circuits de débordement** et d'écoulements (recherche du parcours du moindre dommage) pour la gestion des pluies exceptionnelles (occurrence centennale), et la mise en place de précautions constructives pour limiter la vulnérabilité des biens et personnes ;

Les 3 niveaux de gestion des eaux pluviales sont issus du zonage pluvial d'Orléans métropole :

Niveau de gestion	Pluies concernées	Principaux enjeux	Principes généraux	Objectifs
Gestion des pluies courantes	Pluies fréquentes inférieures ou égales à 20 mm Période de retour maximale de l'ordre de quelques mois Constituent 90% du cumul annuel de précipitations	Préservation qualitative et quantitative des rejets	limiter les écoulements Maîtriser la pollution	Vers une ville plus perméable
Gestion des pluies moyennes à fortes	Pluies supérieures à 20 mm et inférieures ou égales à la pluie de période de retour 30 ans (48,3 mm en 2 heures)	Préservation des milieux récepteurs et protection contre les inondations	Maîtriser les écoulements	Vers une gestion mieux intégrée, efficace et pérenne
Gestion des pluies très fortes à exceptionnelles	Pluies supérieures à la pluie de période de retour 30 ans	Protection contre les inondations	Gérer les débordements et adapter l'aménagement du territoire pour limiter les risques pour les personnes et les biens	Vers une ville plus résiliente



Présentation des 3 niveaux de gestion des EP – Extrait du Zonage pluvial ORM

- La méthode de dimensionnement appliquée sera la **méthode des pluies**.
- Les **coefficients de Montana**, associés à la station Météo-France d'Orléans-Bricy et applicables au projet sont précisés dans le Zonage Pluvial ORM :

Période de retour	Durée de 6 min à 2h		Durée de 2h à 6h		Durée de 6h à 24h	
	A	b	A	B	a	b
5 ans	5,98	0,66	5,98	0,66	8,9479	0,741
10 ans	6,7379	0,645	6,7379	0,645	12,3071	0,764
20 ans	7,215	0,624	7,215	0,624	17,225	0,791
30 ans	7,4321	0,609	7,4321	0,609	21,4071	0,81
50 ans	7,6921	0,591	7,6921	0,591	27,95	0,833
100 ans	7,7779	0,56	7,7779	0,56	42,0329	0,871

Tableau 7 : Coefficients de Montana

Coefficient de Montana – Extrait du Zonage pluvial ORM

- De même, les **coefficients de ruissellement** à considérer pour le projet sont précisés dans le Zonage pluvial d'ORM :
 - Surfaces imperméables : 1 ;
 - Surfaces aménagées perméables et/ou végétalisées : 0,5 ;

- Espaces verts en plein terre : 0,3 ;
 - Surfaces déconnectées : 0.
- Les **solutions à privilégier** pour la gestion des pluies (dont les niveaux de gestion sont présentés ci-dessus) sont :
 - Un maximum de surfaces végétalisées et sinon perméables ;
 - La mise en place d'aménagements simples de type espaces verts de faibles profondeur (noues, tranchées d'infiltration, etc.).

2.3. Contraintes applicables au projet

Surface projet

On distingue 2 périmètres sur le projet des mails d'Orléans :

- Le périmètre « plan guide » des mails s'étendant sur une surface de 31ha ;
- Le périmètre « opérationnel » des mails s'étendant sur une surface de 18ha.

A ce stade, c'est sur ce dernier périmètre « opérationnel » que la gestion des eaux pluviales sera traitée dans le cadre du projet des mails. Ce périmètre sera également celui du dossier Loi sur l'Eau (DLE) à réaliser dans le cadre du projet des mails.

La surface du périmètre opérationnel bascule le dossier loi sur l'eau vers une procédure d'autorisation par limite du dépassement du seuil de 20 hectares de surface projet (sécurité vis-à-vis de la rubrique 2.1.5.0).

La particularité sur la gestion des eaux du dévoiement tramway Ligne A prévu sur Place d'Arc est à noter. En effet, le projet devra à minima respecter, dans le cadre de ce dévoiement, les prescriptions en matière de gestion des eaux de pluie appliquées lors de la réalisation du tramway Ligne A en 2000, sans avoir à appliquer les prescriptions du Zonage Pluvial ORM sur ce dévoiement tramway, afin de garder une homogénéité de traitement des eaux de pluie sur toute la ligne A du tramway existant (principes d'antériorité et de continuité). Identiquement, le traitement des eaux de pluie sur les interfaces tramway Ligne B (Halmagrand et Madeleine) conservera les principes en vigueur (raccordements aux réseaux d'assainissement) et seront donc à soustraire de la gestion pluviales des mails.

La gestion des eaux pluviales du dévoiement tramway Ligne A sur Place d'Arc consiste donc en un objet indépendant à considérer en parallèle du projet des mails. A ce jour, le DLE du tramway n'a pas été retrouvé. En l'absence de ce DLE, des documents de références sont recherchés afin de confirmer le cadre réglementaire appliqué lors de la création de la ligne. La MOE cherchera néanmoins autant que possible à intégrer la gestion des eaux pluviales du tramway dévoyé dans le projet global de gestion des eaux pluviales des mails, sans toutefois s'imposer un niveau de gestion équivalent (recherche d'un objectif sans imposition, notamment sur la problématique de l'abattement des petites pluies).

Conformément à un accord de la DDT (cf. réunion du 23/06/2023), le projet des mails ne prendra pas en compte les surfaces interceptées des radiales aux voies du projet dans le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux de pluie, dans le cas où les rejets de ces EP ne sont pas modifiés dans le cadre du projet. Ainsi, les eaux de ces radiales continueraient à être récupérées dans les avaloirs puis rejetées vers les réseaux existants, tel qu'à l'existant (le projet gère ses eaux et n'a pas vocation à gérer des eaux supplémentaires). Un travail d'identification des bâtiments raccordés en superficiel a été mené afin de maximiser les surfaces déconnectables.

Une cartographie des bassins interceptés, en annexe n°1 de la présente note, permet d'illustrer la situation ([D.2.1]_ANNEXE4_Plan surfaces déconnectées_ IND B).

Déconnexion des Eaux de Pluies du réseau assainissement ORM

La DDT encourage toutefois Orléans Métropole à étudier toute possibilité de déconnexion des réseaux de collecte d'eaux pluviales du réseau unitaire.

Aujourd'hui toutes les eaux pluviales sont redirigées vers les réseaux existants de type unitaire. Seules les pluviales s'abattant sur les espaces verts existants sont considérées comme gérées (infiltrées) in situ, et donc déconnectée des réseaux existants unitaires.

Demain, dans le cadre du projet, la majorité (estimation de 94% à ce stade du projet) sera déconnectée du réseau d'assainissement. Seule une petite partie des eaux sera à raccorder sur le réseau d'assainissement de la métropole, via la mise en place d'avaloirs, tel qu'indiqué dans les Plans de principe d'assainissement [D.2.2]. Ces avaloirs sont également une sécurité en cas d'évènement supérieur à la trentennale ou en cas de défaillance du dispositif (travaux, accident, etc.) en récupérant le trop-plein des ouvrages situés à leur amont. Les avaloirs seront remis

La MOE et ORM, du fait de la déconnection majeure des EP au réseau d'assainissement, souhaite que le projet n'ait pas à créer un réseau séparatif EP pour gérer ces EP résiduelles (demande initiale de la DDT). **ORM portera cette demande auprès de la DDT.** La création d'un tel réseau d'EP séparatif semblerait en effet surdimensionnée et très coûteuse aux vues du projet des mails pour un intérêt limité (raccordement d'un débit régulé ou d'une surverse).

Hauteur de nappe

Un suivi piézométrique a été réalisé entre été 2023 et printemps 2024 afin de confirmer et préciser les hauteurs de la nappe phréatique sur plusieurs points situés au droit du futur parking Jaurès. Les premiers résultats reçus fin mai 2024 indique une profondeur minimale de la nappe de 17m, ce qui est supérieur à l'hypothèse précise en AVPv1 de 15m minimal.

En attendant les résultats définitifs et exhaustifs des relevés piézomètres, le projet prendra pour hypothèse une **hauteur de nappe** de 15m de profondeur, information issue d'archives, hypothèse **compatible avec la mise en place de systèmes d'assainissement par infiltration.**

Qualité des sols

Le rapport géotechnique, rappelé en annexe de ce rendu, précise les typologies de sols.

Les sols seraient relativement homogènes, avec une consistance marneuse, de type remblais.

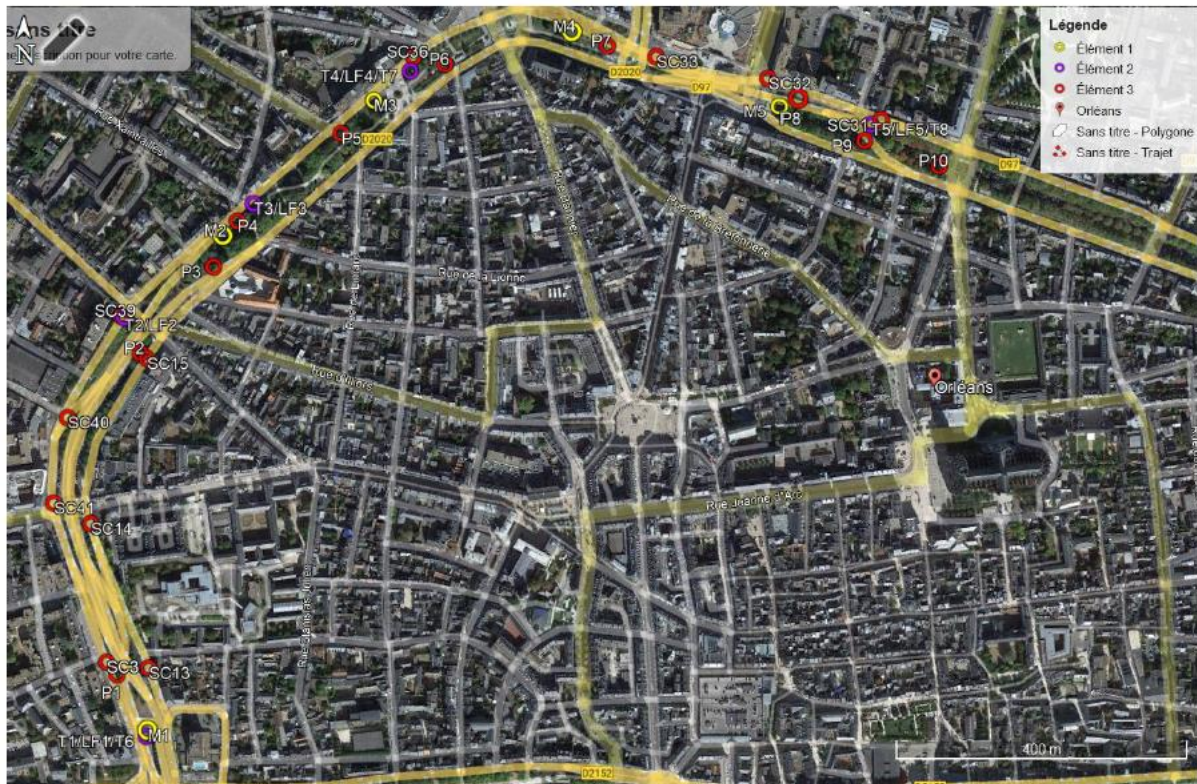
Certains sondages spécifient remblais, d'autres marnes caillouteuses, mais la différence entre ces deux types de sols est très ténue. Il est fort probable que les sols en place soient issus du remblaiement des anciens remparts d'Orléans détruits entre 1740 et 1848 pour laisser place aux mails et que ce remblaiement ait été effectué avec des alluvions de la Loire.

Perméabilités

Le Zonage Pluvial d'ORM indique que « La perméabilité du sol est une donnée indispensable pour assurer le bon dimensionnement des dispositifs d'infiltration. La réalisation de tests in situ des capacités d'infiltration est indispensable. La densité d'essais d'infiltration qu'il est nécessaire de réaliser pour garantir une gestion à la source des eaux pluviales sur l'ensemble du site est de 1 test pour 5 000m² de terrain à adapter en fonction de l'hétérogénéité du sol. La réalisation de ces tests de perméabilité est exigée pour tous projets d'aménagements à l'exception de la maison individuelle (hors opération d'ensemble) pour laquelle la réalisation d'un test est fortement conseillée. »

Une mission de géotechnique a été lancée par le projet des Mails sur le périmètre considéré en juin 2023. Le rapport géotechnique lié à cette campagne a été diffusé en août 2023 et est rappelé en annexe de ce rendu. Il rend compte des essais de perméabilité réalisés selon le plan d'implantation des sondages ci-dessous, selon 3 types d'essais, les essais PORCHET, les essais MATSUO et les essais NASBERG.

Un sondage est réalisé tous les 10 000m² dans le cadre de la campagne géotechnique réalisée. La MOA projet des Mails est d'accord pour conserver le plan de sondage validé à juin 2023 (1 sondage / 10 000m²) et ne pas répondre aux prescriptions du zonage pluvial sur ce point (1 sondage / 5 000m² demandé dans Zonage pluvial) du fait du caractère homogène des sols rencontrés.



Plan d'implantation des sondages perméabilité – Extrait du rapport géotechnique

L'ensemble des essais est réalisé après saturation.

Les essais MATSUO ont été réalisés de manière uniforme sur les espaces centraux des mails à des profondeurs de 0,5 à 1m, et indiquent des coefficients de perméabilités de l'ordre de 10^{-5} m/s. Il s'agit de tests représentatifs des perméabilités à la fois verticale et horizontale. Ce type d'essai se rapproche des conditions d'infiltration des noues et tranchées d'infiltration. Ils sont donc préconisés lorsque ce type d'ouvrage est envisagé.

Les essais PORCHET et NASBERG ont été réalisés de manière uniforme sur les voiries de chaque secteur. Les PORCHET ont été réalisés à faible profondeur (entre 0,2m et 1m) et indiquent des coefficients de perméabilités de l'ordre de 10^{-6} m/s. Il s'agit de tests représentatifs des perméabilités horizontales. Rencontrer un facteur 10 (1 log) entre les essais Matsuo et Porchet est courant et ne met pas en doute leur fiabilité. La perméabilité est également très sensible aux conditions météorologiques précédant l'évènement majeur (sol saturé).

Les NASBERG réalisés entre 2 et 3m de profondeur indiquent des coefficients de perméabilités de l'ordre de 10^{-8} m/s. Réalisés plus en profondeur, ils sont donc représentatifs de sols plus compactés et pouvant être différents ou anciens.

Ces deux types de tests sont réalisés lorsque la maîtrise foncière ne permet pas la réalisation d'essais Matsuo ou lorsque le nivellement projet est très différent du nivellement fini.

Nom du sondage	Lithologie	Profondeur de l'essai (m/TN)	Coefficient de perméabilité K (m/s)	Interprétation
P1	Limon sableux légèrement argileux marron cailloutis carbonatés	0,22 à 0,80 m	1,1E-05	Drainage moyen à bon
P2	Marne marron cailloutis	0,22 à 0,65 m	2,8E-06	Drainage moyen
P3	Marne marron cailloutis	0,22 à 0,70	5,5E-06	Drainage moyen
P4	Marne marron légèrement beige cailloutis	0,23 à 0,70 m	5,8E-06	Drainage moyen
P5	Marne marron cailloutis	0,22 à 0,65	6,2E-06	Drainage moyen
P6	Marne marron beige cailloutis	0,25 à 0,90 m	1,6E-06	Drainage moyen
P7	Remblai : Argile marron cailloutis	0,25 à 1,00 m	1,5E-06	Drainage moyen
P8	Remblai : Argile marron cailloutis	0,25 à 0,80 m	1,5E-06	Drainage moyen
P9	Marne marron cailloutis légèrement sableuse	0,20 à 0,80 m	2,7E-06	Drainage moyen
P10	Marne légèrement sableuse marron cailloutis	0,22 à 0,70 m	3,9E-06	Drainage moyen

Extrait tableau des essais PORCHET

Nom du sondage	Lithologie	Profondeur de l'essai (m/TN)	Coefficient de perméabilité K (m/s)	Interprétation
M1	Remblai : Sable limoneux marron cailloutis	0,50 à 1,00 m	4,8E-05	Bon drainage
M2	Remblai : Sable limoneux marron cailloutis	0,50 à 1,00 m	2,9E-05	Bon drainage
M3	Remblai : Sable limoneux marron cailloutis	0,60 à 1,00 m	2,9E-05	Bon drainage
M4	Remblai : Sable limoneux marron cailloutis	0,50 à 1,00 m	4,3E-05	Bon drainage
M5	Remblai : Sable limoneux marron cailloutis	0,50 à 1,00 m	5,1E-05	Bon drainage

Extrait tableau des essais MATSUO

Nom du sondage	Lithologie	Profondeur de l'essai (m/TN)	Coefficient de perméabilité K (m/s)	Interprétation
LF1/T1	Remblai : Argile limono-sableuse brun-gris-noir à graviers et débris divers	2,00 à 3,00 m	3,2E-08	Faible drainage
LF2/T2	Argile marneuse gris-verdâtre-blanc	2,00 à 3,00 m	1,1E-08	Faible drainage
LF3/T3	Remblai : Limon sablo-argileux gris-brun à graviers et débris divers	2,00 à 3,00 m	7,0E-08	Faible drainage
LF4/T4	Remblai : Argile légèrement sablo-marneuse gris-noir à graviers et débris divers	2,00 à 3,00 m	9,7E-08	Faible drainage
LF5/T5	Remblai : Argile marneuse légèrement sableuse gris-noir à graviers et débris divers	2,00 à 3,00 m	1,9E-08	Faible drainage

Extrait tableau des essais NASBERG

Les essais, par typologies, semblent homogènes, indiquant une composition de sols assez homogène. En profondeur, celui-ci est davantage argileux / limoneux (ce qui explique les coefficients mesurés avec les essais NASBERG).

Les essais de type MATSUO sont surtout utilisés pour calculer une perméabilité verticale et, en moindre mesure, horizontale, par leur géométrie (ratio surface de fond / surface de parois entre 0,5 et 1). Ils sont plus « ressemblants » aux ouvrages d'infiltration de type noue ou tranchée et donnent des résultats plus proches de la réalité.

Les essais PORCHET (et NASBERG) présentent eux un facteur souvent supérieur à 3 entre ces deux perméabilités. Lorsque le sol est fin à tendance argileuse, on peut avoir un effet de lissage des parois de la cavité de test, ce qui a pour conséquence de diminuer la perméabilité. Cet effet est moins visible sur les MATSUO étant donné leur mode de réalisation.

La MOE Mails avait considéré la perméabilité sur la **moyenne géométrique des essais PORCHET, soit $3,4.10^{-6}$ m/s**, pour les premiers dimensionnements, ce qui correspondait à un juste milieu entre les essais MATSUO / PORCHET / NASBERG et correspondait à un facteur de sécurité de 1 log.

En effet, la perméabilité issue des essais (réalisés en condition saturée) est toujours surévaluée vis-à-vis de la perméabilité réelle du terrain. Considérer une perméabilité de $3,4.10^{-6}$ m/s semble donc sécuritaire par rapport à des conditions réelles dans un sol non saturé, et surdimensionnant pour les ouvrages d'infiltration surfaciques tels que des noues ou des ouvrages de type Stockholm. Les calculs effectués avec la formule de Green & Ampt montrent une perméabilité réelle bien plus importante qu'un calcul simple effectué avec la loi de Darcy. Cette hypothèse de perméabilité est très prégnante car elle joue sur la faisabilité de certains ouvrages.

ORM propose, lors de la réunion du 20/09/2023, de réduire la marge de sécurité sur ce coefficient de perméabilité. Une proposition est faite de considérer la perméabilité sur la moyenne des essais MATSUO, et de prévoir un facteur 2 pour la marge de sécurité. Principe et coefficient de perméabilité à confirmer par l'ADOPTA et DDT lors de la réunion du 06/10/23.

L'ADOPTA propose, lors de la réunion du 06/10/2023, de considérer la perméabilité sur la moyenne des essais MATSUO, sans prévoir un facteur 2 pour la marge de sécurité. Cela revient à considérer **une perméabilité de 4.10^{-5} m/s. C'est ce coefficient qui est donc retenu dans les études hydrauliques du projet.**

Contraintes et risques d'infiltration

RETRAIT/GONFLEMENT DES ARGILES

Le projet est situé dans une zone d'aléas moyen à fort de retrait / gonflement des argiles

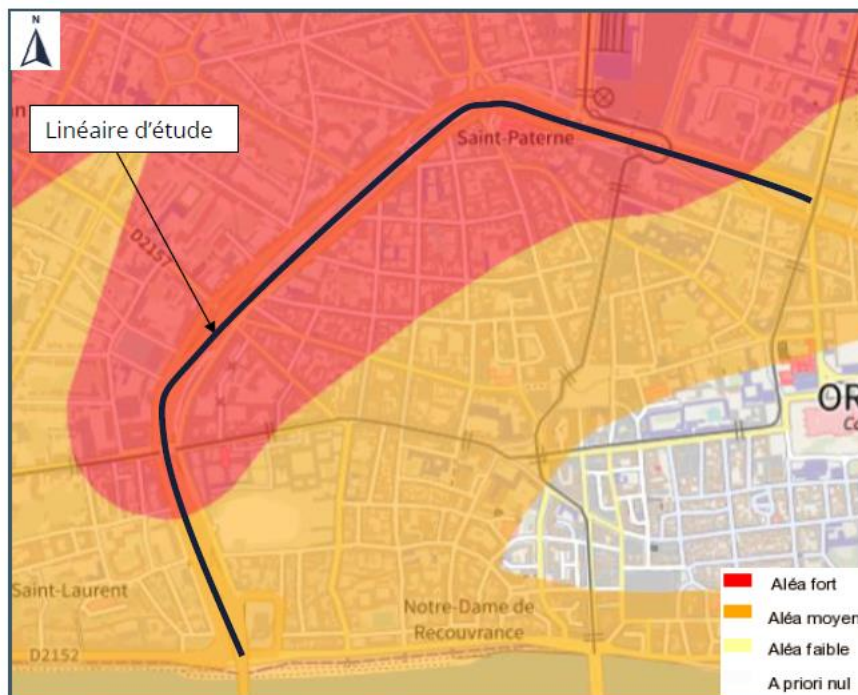


Figure 3 : Extrait de la carte d'exposition au retrait-gonflement des argiles (source infoterre.brgm.fr)

Extrait Carte du Rapport Géotechnique

ORM ASS, lors de la réunion du 20/09/23, indique que cela n'empêche pas l'infiltration des sols sur le projet. Des calculs de facteurs de charge sont réalisés et montrent selon les ouvrages des charges pouvant dépasser 10 (10m² de surface active sur 1m de surface d'infiltration). De tels ratios sont assez élevés et incitent à une vigilance par rapport au risque de faïençage de la chaussée.

La distance minimale entre le bâti et les ouvrages d'infiltrations (noues) conseillée par la MOE vis-à-vis des risques gonflement/retrait argile et de l'infiltration des eaux des ouvrages (notamment des tranchées d'infiltration) vers les caves de bâtiments est de 3m (cette distance est issue d'un retour d'expérience sur le T3 ouest parisien et s'est avérée sécuritaire dans son contexte). Cette distance minimale est à confirmer par ORM ASS/ ADOPTA (notamment vis-à-vis du cône de diffusion des eaux) lors de la réunion du 06/10/23.

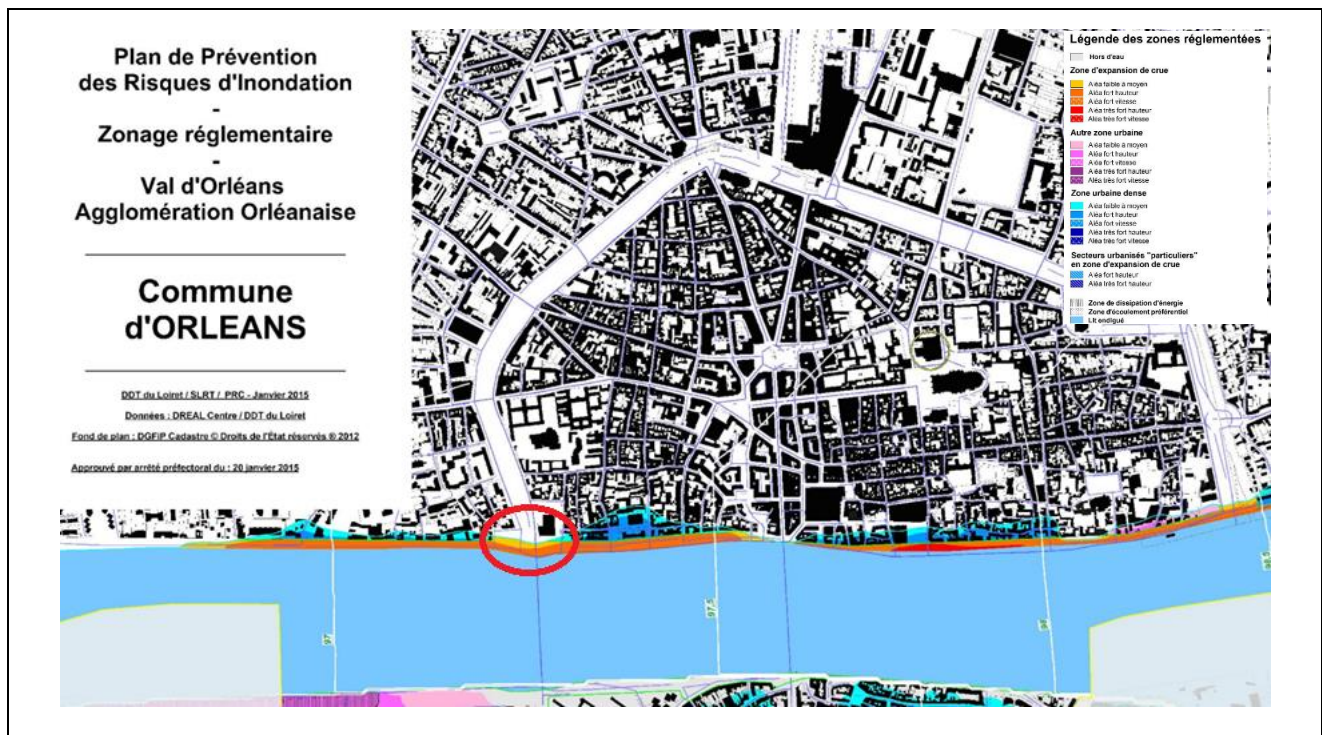
Remarque : lors du point du 20/09/23, ORM alerte sur une éventuelle contrainte d'infiltration liée à la proximité d'une carrière. Point à lever par la DDT et ORM lors des échanges de la semaine du 02/10/23.

ZONE HUMIDE

La MOA informe qu'aucune zone humide n'est considérée dans le périmètre du projet, à la suite de la réalisation des sondages pédologiques. Aucune trace d'hydromorphie n'a été relevée lors des sondages et aucune espèce végétale ou animale inféodée aux milieux aquatiques n'est observée à ce stade.

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES D'INONDATIONS (PPRI) – Val d'Orléans – Commune d'Orléans

Seule l'extrémité des mails, au croisement entre les Quais de la Loire et l'échangeur Joffre, est en risque Inondation.



Extrait carte du PPRI Val d'Orléans

La MOE réalisera une analyse précise des déblais-remblais sur cette zone à risque inondation afin de limiter les risques. Néanmoins au stade AVP du projet, très peu de modification de nivellement et d'usages sont prévues, donc à priori peu de sujets.

Risques pollution de la nappe

On distingue différents types de pollutions vis-à-vis de la nappe :

- Pollution routière ;
- Pollution des sols ;

Afin de se prémunir de risque de pollution des eaux par pollution routière, une géomembrane dépolluante sera mise en place dans la structure des chaussées réservoirs, tel que visible dans le carnet de coupes « [D.2.3] Coupes techniques assainissement »

Pour ce qui concerne les risques de pollution des sols, une analyse jointe en annexe « [D.2.1] _ANNEXE7_Note compléments analyse volet pollutions des sols et projet infiltration EP ».

Au regard de cette analyse, le maintien du projet de gestion des eaux de pluie par infiltration sur les mails est donc proposé, moyennant une reprise d'analyse dès obtention complète des résultats piézométriques (fin été 2024) et la mise en place de mesures de surveillance de la nappe (cf. Chapitre 16 du DLE) afin de vigiler les évolutions de celles-ci.

2.4. Prédimensionnement

Récupération des eaux de pluie de toiture récupérées par le projet

Pour donner suite à la réunion avec le service assainissement ORM et l'Adopta du 06/10/23, le projet des mails identifie les surfaces de toitures rejetant leurs eaux sur les voiries des mails, afin de les comptabiliser dans la gestion hydraulique du projet.

Ces surfaces sont identifiées sur le plan en annexe [D.2.1]_ANNEXE4_Plan surfaces déconnectées_IND B], et représentent environ 3 846².

Il s'agit de surfaces, hors projet opérationnel des mails, dont la gestion des eaux pluviales est intégrée au projet des mails.

A l'issu du rendu AVPv1, la MOA demande à la MOE d'étudier « la reprise des pieds de gouttières raccordés aux réseaux en les raccordant dans les structures drainantes au vu des capacités restantes, afin d'augmenter les surfaces dé raccordées sans travaux majeurs ». La MOE estime ci-dessous les volumes représentés par ces dé raccordements de gouttières (ou dauphins). Une estimation des travaux liées permettra par la suite à la MOA de décider la réalisation de ces travaux complémentaires.

	Surface	%
SURFACE TOTALE PROJET OPERATIONNEL	176 679m ²	100%
SURFACES hors projet dont gestion des eaux pluviales est intégrée au projet des mails	3 846 m ²	+2%
SURFACE TOTALE PROJET <i>yc surfaces toitures récupérées</i>	180 525m²	100%
SURFACES hors projet dont gestion des eaux pluviales pourrait être intégrée au projet des mails <i>(déraccordement des dauphins visibles depuis espace public)</i>	5 976 m ²	+3%

Bilan de déconnexion des eaux de pluie du réseau d'assainissement unitaire ORM

Sur l'aspect déconnexion des eaux, on estime ne pas pouvoir déconnecter l'intégralité des eaux.

Le plan [D.2.1_ANNEXE4_Plan des surfaces déconnectées_indB] en annexe permet d'identifier les surfaces non gérées en radiales, et connectées au réseau d'assainissement unitaire d'ORM.

Il est à noter qu'à ce stade des études, le carrefour Halmagrand, inclut dans le périmètre projet, est considéré comme non géré (raccordé au réseau unitaire ORM). Une déconnexion du carrefour Halmagrand, diminuerait la surface des eaux pluviales en radiales non gérées à 5 935m² (et donc raccordées au réseau ORM), ce qui ne représenterait plus que 3,6% de surface projet non gérée par infiltration in situ contre 6% dans le projet actuel.

Sur cette base, le bilan de déconnexion du projet serait alors :

	EXISTANT	PROJET	DIFFERENCE
SURFACE TOTALE	176 679 m ²	180 525 m ²	+3 846m ² <i>(toitures récupérées – hors dé raccordements dauphins)</i>
SURFACE VEGETALISEE	38 180 m ²	45 957 m ²	7 777 m ²
SURFACE IMPERMEABLE RACCORDEE AU RESEAU ORM	138 499 m ²	11 037 m ²	-127 462 m ²

SURFACE IMPERMEABLE GERE	0 m ²	123 533 m ²	123 533 m ²
SURFACE DECONNECTEE	38 180 m ²	169 489 m ²	131 309 m ² soit +344%
TAUX DE GESTION (surface)	22%	94%	+72%
VOLUME GERE	7 359 m ³	83 432 m ³	76 073 m ³ Soit x10
VOLUME NON-GERE	88 986 m ³	9 603 m ³	-79 383 m ³ soit /9
TAUX DE GESTION (volume)	8%	90%	82%

**A noter : On considérera qu'à l'existant, les surfaces déconnectées du réseau d'assainissement ORM sont les surfaces végétalisées existantes.*

Le plan [D.2.1_ANNEXE4_Plan des surfaces déconnectées] en annexe représente les surfaces déconnectées à l'existant et celles déconnectées dans le cadre du projet des mails.

Compte tenu de l'aspect unitaire du réseau, il est attendu en bénéfice immédiat pour la collectivité une baisse drastique des volumes d'eaux claires parasites météoriques de l'ordre de 80000m³ annuels, soit un coût de traitement moindre, et une diminution de la fréquence des déversements en Loire (amélioration de la conformité du système d'assainissement).

Pour les habitants de la ville d'Orléans, cette gestion des eaux de pluies par la végétalisation aura également un effet bénéfique sur l'îlot de chaleur urbain.

Découpage en surfaces unitaires

La MOE Mails a découpé le périmètre projet opérationnel en 7 grands secteurs hydrauliques pour permettre le dimensionnement des ouvrages de gestion des EP :

- H1 : Quais de Loire (entre Quais de la Loire et carrefours Rue du Canon / Quais St-Laurent) ;
- H2 : Sud pont Madeleine (entre carrefours rue du Canon / Quais St-Laurent et Rue Madeleine) ;
- H3 : du Nord Pont Madeleine aux Ponts St Jean ;
- H4 : Boulevard Roche Platte (Ponts St Jean à Place Gambetta) ;
- H5 : Place Gambetta à Avenue de Paris ;
- H6 : Place Arc (Avenue de Paris à ren Rue Albert Premier) ;
- H7 : PEM / Rue Albert Premier à Halmagrand ;

Ces secteurs font entre 130m et 630m de longueur et une surface moyenne de 2,5 hectares.

Principes par types de sous-secteurs

Chaque grand secteur est sous-découpé en plusieurs sous-secteurs, dont principalement :

- Partie voirie ouest (ou nord) ;
- Partie mail central ;
- Partie voirie est (ou sud).

Chaque **sous-secteur** représente un **bassin versant**. Ces bassins versants sont identifiés par couleur dans le plan [D.2.2_Plans principes d'assainissement].

Dimensionnement des ouvrages

Les études de dimensionnement prennent en compte :

- Une infiltration des eaux de pluie avec **un coefficient de perméabilité de $4.10^{-5}m/s$** , hypothèse validée lors de la réunion du 06/10/2023 avec ORM et l'Adopta.
- Des **pertes en capacité de stockage et d'infiltration du aux pentes et à la présence de réseaux** (*synthèse des conflits réseaux existants – projet en cours pour confirmer ces éléments – synthèse reçue le 14.11.23*).

Une première phase d'étude présentait les principes de gestion des eaux de pluies suivants (cf. rendu AVPvO) :

- Les mails centraux / promenade gèrent leurs eaux à 100% déconnecté du réseau et via la mise en place de légers modelés de terrain (hauteur d'eau inférieure à 0,15m en moyenne) ;
- Les voiries et trottoirs sont gérés par noues plantées avec système de tranchées drainantes type Stockholm (déconnection totale sauf au niveau des pertes en radiales/points bas perdus où les eaux sont récupérées par avaloirs et réseaux assainissement classique). Les noues ont des sections allant entre 0,33m² et 0,50m² selon les secteurs. Les tranchées drainantes type Stockholm ont des profondeurs allant entre 0,20m et 0,40m selon les secteurs ;

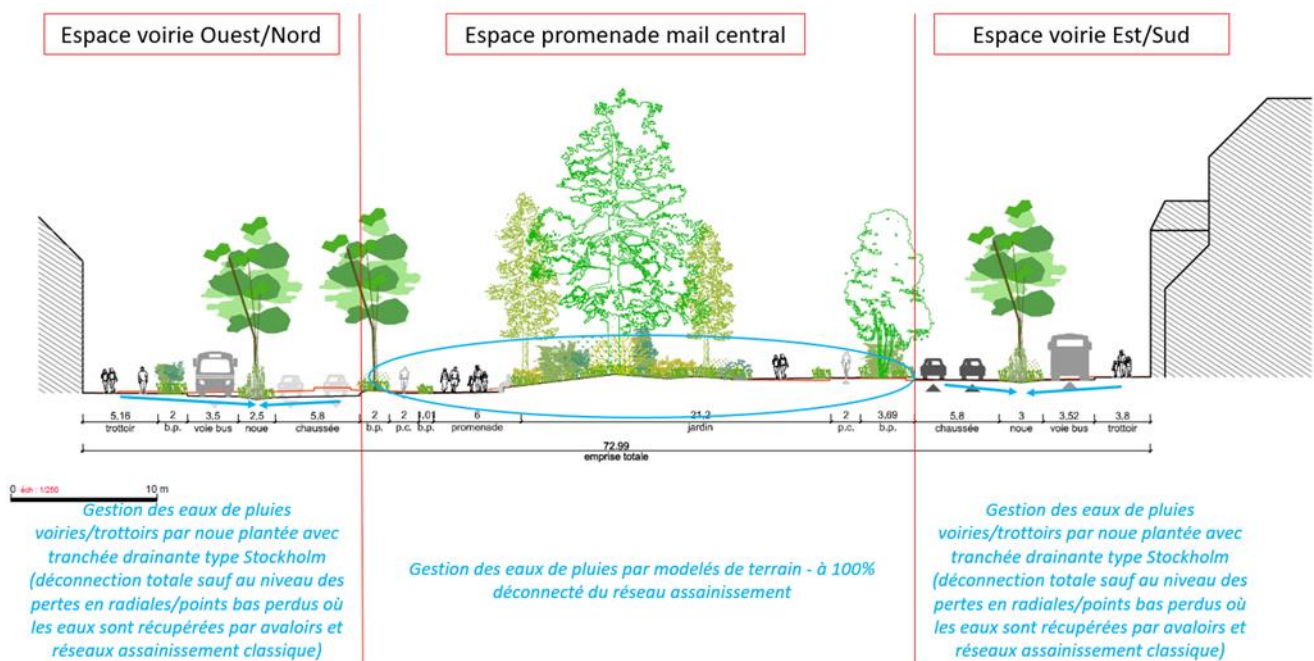


Schéma indiquant le principe général de gestion des eaux de pluie par section de voirie type – Extrait coupe études préliminaires des mails (Coupes rappelées en annexe)

Cependant, de nombreux secteurs demandent des analyses plus poussées et la mise en place d'autres systèmes de gestion de part de leur complexité à gérer leurs eaux (nivellement ne pentant pas vers les noues, impossibilité de créer des noues car arbres conservés et peu/pas d'autres ESV ...etc.). C'est le cas des secteurs suivants :

- H1 nord-ouest (Quais St Laurent / rue de l'échelle) ;
- H2 Est (entre Rue de la Croix de Bois et pont Madeleine),
- H5 Centre (entre Place Gambetta et Avenue de Paris)
- H5 nord-est (avenue de Paris est)
- H6 nord-ouest (Avenue de Paris ouest)
- H6 nord (Place d'Arc)
- H6 nord-est (Albert Premier)
- H7 Nord-Ouest (PEM)
- H7 Centre-Est (ouest carrefour Halmagrand).

La réalisation de systèmes de stockage localisés (tranchée drainante sous place, etc.) n'est pas satisfaisante sur ces secteurs, car elle implique un facteur de charge élevé (supérieur à 10).

À la suite de la réunion réalisée avec le service assainissement d'ORM et avec l'Adopta du 06/10/2023, la gestion de ces secteurs complexes est évoquée. L'Adopta évoque le recours aux chaussées réservoirs. Les structures réservoirs sont par la suite étudiées, dans le cas d'usages chaussée, et dans le cas d'usages place (piéton – cycles – circulations VL ponctuelles). Il en ressort les analyses suivantes :

➤ Pour les Chaussées :

TYPE CHAUSSEE <i>Pour hypothèse trafic T1</i>	RESERVOIR revêtement perméable	RESERVOIR revêtement imperméable	CLASSIQUE
Résistance aux efforts de girations (risques arrachements)			
Gestion des eaux	++	++	
Coûts	Rvt : BBDr O/10 classe 1 + 30% matériaux structure (GB / GNT)	Rvt : BBME O/10 classe 3 + 30% matériaux structure (GB / GNT) + avaloirs	Rvt : BBME O/10 classe 3 + structure classique + avaloirs
Facilité de mise en œuvre	Structure simple sans émergences	Avaloirs à ajouter	Avaloirs à raccorder au réseau
Risque aléas retrait-gonflement argiles	Infiltration diffuse	Infiltration diffuse	Pas d'infiltration
Risque colmatage	Pas d'émergences à entretenir – simple entretien de type balayage/décolmatage classique à prévoir	Risque de colmatage des avaloirs avec proximité arbres (feuilles etc.) – entretien supplémentaire	Risque de colmatage des avaloirs avec proximité arbres (feuilles etc.) – entretien supplémentaire
Confort de conduite	Moins de bruits / moins de projections eau / moins de reflets		
Entretien	Entretien classique régulier : balayage / lavage	Entretien classique régulier : balayage / lavage	Entretien classique régulier: balayage / lavage
CONCLUSION	= bien pour Chaussées en section courante (hors zones de girations carrefours)	= bien pour Chaussées en carrefours	Non car pas de gestion des eaux de pluie

➤ Pour les places piétonnes/cycles (avec circulations ponctuelles VL/PL) :

Pour le cas des places, les revêtements choisis dans le cadre de la conception architecturale ne sont pas perméables. Il est donc proposé de prévoir des structures de place drainantes afin de rediriger et infiltrer les eaux de pluies en profondeur dans les structures de chaussée, collectées en surface via des avaloirs sur les places concernées. Cela permet une infiltration des eaux de pluies diffuse.

TYPE STRUCTURE PLACE	RESERVOIR revêtement imperméable	CLASSIQUE
Gestion des eaux	+	

Coûts	+ 30% matériaux structure (GB / GNT)	
Entretien	Entretien classique régulier : balayage / lavage	Entretien classique régulier : balayage / lavage
CONCLUSION	= bien pour places	Non car pas de gestion des eaux de pluie

Il est proposé d'étendre le principe des chaussées réservoir à l'ensemble des mails afin :

- D'unifier les types de structures de chaussées, et ainsi faciliter la mise en œuvre lors des travaux ;
- D'augmenter les surfaces de diffusion des eaux (facteur de charge), et réduire par-là les risques de retraits-gonflement des argiles (enjeu sur le secteur).

Cela signifie que :

- En section courante : toutes les chaussées seront avec enrobé perméable (BBDr 0/10 classe 1) et structures drainante/poreuses ;
- En carrefour : toutes les chaussées seront avec enrobé imperméable (BBME 0/10 classe 3) et structures drainante/poreuses ; Des avaloirs seront positionnés pour récupérer des surfaces allant jusqu'à 1000m² maximum, et redirigeant les eaux de pluies vers les structures drainantes en profondeur car au-delà de 1000m² :
 - Risques de ruissellement important (et donc aquaplaning) ;
 - Complexité de gestion du nivellement des surfaces si grandes et complexes de carrefour pour renvoyer vers structures poreuses.

Le plan [D.2.2_Plans principes d'assainissement] indique les différents types de chaussées, entre carrefours et section courante.

Le fait d'étendre le principe des chaussées réservoir à l'ensemble des mails augmente les capacités de stockage et d'infiltration des mails, permettant d'atteindre des objectifs de la gestion de la pluie trentennale, objectif de gestion issu du zonage pluvial ORM.

Pour résumer, 6 dispositifs de gestion des eaux pluviales à la trentennale seraient mis en place sur le projet des mails :

- Chaussée réservoir avec enrobé perméable ;
- Chaussée réservoir avec enrobé imperméable ;
- Place/trottoir réservoir avec revêtement imperméable ;
- Modelé de terrain ;
- Noue ;
- Tranchée réservoir (uniquement 1 cas sur le projet AVPv2);

Ces principes sont tous représentés, par bassin versant, dans le plan « [D2.2] Plan principes d'assainissement », et également explicités via les coupes « [D2.3] Coupes principes d'assainissement ».

Il est également proposé la mise en place d'avaloirs raccordés au réseau d'assainissement existant, dans chacun des points bas des bassins versants du projet, afin de rediriger les eaux vers le réseaux unitaire ORM en cas d'évènement pluviaux supérieur à la trentennale (mesure de sécurisation vis-à-vis d'évènements extrêmes).

On notera le cas particuliers des espaces verts situés sur le parking projet avenue Jaurès (à cheval sur H2 Centre et H3 Centre) sur lesquels l'infiltration n'est pas envisageable du fait de la faible couverture végétale (1m) du parking. Il est ainsi proposé de rediriger les eaux de pluie tombant sur ces secteurs (H2 Centre-Nord et H3 centre) vers les bassins versant adjacents comprenant eux des structures

réservoirs/infiltrantes. Les eaux de pluies des toitures des édicules du parking seront également redirigées vers les structures réservoirs du projet.

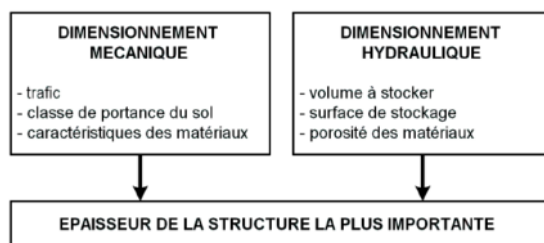
2.5. Phase Travaux

Le phasage des travaux devra intégrer une dépose des réseaux d'eaux pluviales à déposer à l'avancement de la réalisation des structures chaussées / trottoirs/ places réservoirs, afin de maintenir une gestion des EP pendant les travaux.

3. Dimensionnements des besoins par type de dispositifs

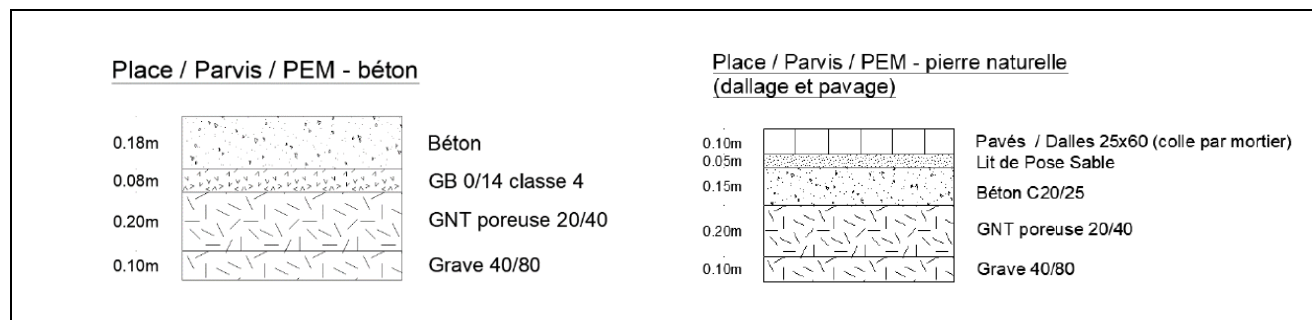
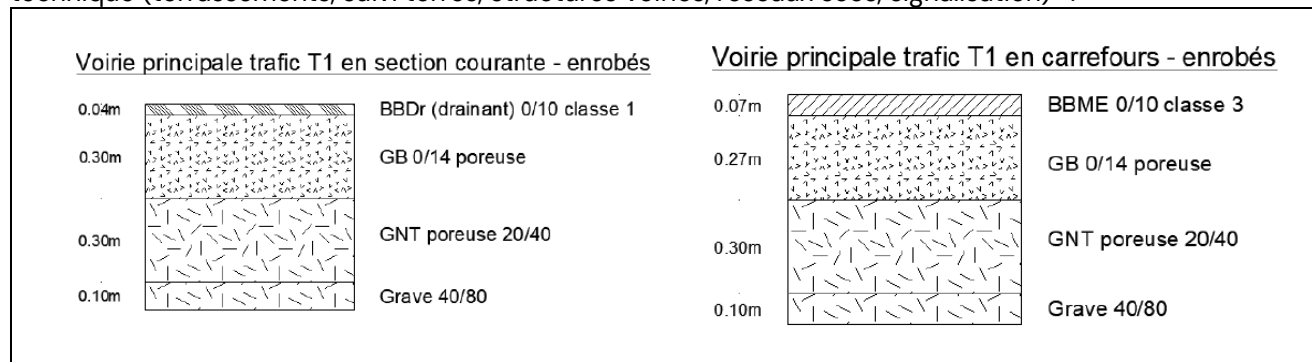
3.1. Structures réservoirs

Le dimensionnement des structures réservoir suit le principe suivant :



Besoins en dimensionnement mécanique du projet :

Ci-dessous les extraits de dimensionnement des structures chaussées et place issues de la « D.1.1_Note technique (terrassements, suivi terres, structures voiries, réseaux secs, signalisation) ».



En reprenant les épaisseurs et les matériaux de structures mécaniques ci-dessus, nous considérons une capacité de stockage par couche de structure sur une unité de 1m² suivantes :

Pour les chaussées structures réservoirs en section courante (revêtement perméable) :

STRUCTURE RESERVOIR	CHAUSSEE	INDICE DE VIDE PAR STRUCTURE	CAPACITE D'INFILTRATION / m ²
0.04 m BBDr		15 % vides efficaces	6 l/m ² = 0,006 m ³ /m ²
0.30 m GB poreuse 0/14		12% vides efficaces	36 l/m ² = 0,036 m ³ /m ²
0.30 m GNT poreuse 20/40		20% vides efficaces	60 l/m ² = 0,06 m ³ /m ²
0.10 m Grave 40/80		35% vides efficaces	35 l/m ² = 0,035 m ³ /m ²

Pour les chaussées structures réservoirs en carrefours (revêtement imperméable) :

STRUCTURE RESERVOIR	CHAUSSEE	INDICE DE VIDE PAR STRUCTURE	CAPACITE D'INFILTRATION / m ²
0,07m BBME 0/10		0 % vides efficaces	0 >> avaloirs
0,27m GB poreuse 0/14		12% vides efficaces	36 l/m ² = 0,036 m ³ /m ²
0.30 m GNT poreuse 20/40		20% vides efficaces	60 l/m ² = 0,06 m ³ /m ²
0.10 m Grave 40/80		35% vides efficaces	35 l/m ² = 0,035 m ³ /m ²

Pour les places structures réservoirs revêtement imperméable :

STRUCTURE PLACE RESERVOIR	INDICE DE VIDE PAR STRUCTURE	CAPACITE D'INFILTRATION / m ²
Revêtement (béton / pavés/ dalles)	0 % vides efficaces	0 >> avaloirs
0.20 m GNT poreuse 20/40	20% vides efficaces	40 l/m ² = 0,04 m ³ /m ²
0.10 m Grave 40/80	35% vides efficaces	35 l/m ² = 0,035 m ³ /m ²

Toutes ces structures possèdent une vitesse de percolation minimale de 1.10^{-2} m/s, qui est bien supérieure à la capacité d'infiltration du sol égale à 4.10^{-5} m/s. Ce n'est donc pas la structure réservoir qui va dimensionner notre besoin en volume de stockage avant infiltration mais bien le sol en place.

On calcule les capacités de stockage des structures réservoir proposées dans le projet afin de les comparer aux besoins hydrauliques projet.

Les chaussées réservoir, qu'elles soient avec enrobé drainant ou non, sont constituées de :

- Minimum 0,27m de GB poreuse 0/14 à 12% d'indice de vide, ce qui représente 0,03m stocké (avant infiltration du sol) par m² ;
- 0,30m de GNT poreuse 20/40 à 20% d'indice de vide, ce qui représente 0,06m stocké (avant infiltration du sol) par m² ;
- 0,10m de grave 40/80 à 35% d'indice de vide, ce qui représente 0,03m stocké (avant infiltration du sol) par m².

Au total, chaque m² de chaussée réservoir projet peut stocker 0,12m de hauteur d'eau avant infiltration par le sol.

Nous comparons cette capacité avec les besoins hydrauliques calculé et reporté dans la feuille de calcul joint « [D.2.1] _ANNEXE5_Dimensionnement des dispositifs par bassins versants_indB ». Ces besoins en stockage hydraulique sont tous compris entre 0m/m², et 0,12m/m² pour une gestion de la pluie trentennale. Dans la plupart des cas, les besoins hydrauliques approchent les 0m/m², ce qui représente une marge pour une gestion de pluie de pluie forte intensité. Cette marge permet d'absorber les pertes en pente et pertes annexes (présence réseaux existants par exemple).

Les places à structures réservoirs et revêtement imperméables sont constituées de :

- 0,20m de GNT poreuse 20/40 à 20% d'indice de vide, ce qui représente 0,04m stocké (avant infiltration du sol) par m² ;
- 0,10m de grave 40/80 à 35% d'indice de vide, ce qui représente 0,03m stocké (avant infiltration du sol) par m².

Au total, chaque m² de places à structure réservoir projet peut stocker 0,07m de hauteur d'eau brute avant infiltration par le sol.

Effets des pentes en long et batardeaux

Ces volumes de stockage doivent être mis en relation avec les pentes en long de chaque bassin versant. Les effets de pentes réduisent les volumes de stockage effectifs des ouvrages de stockage. Afin de maintenir les volumes de stockage nécessaires, des batardeaux seront mis en place sur les bassins versants. L'inter distance des batardeaux dépend des besoins en stockage du bassin versant et des pentes en long du bassin versant, et est explicité dans la colonne M du « [D.2.1]_ANNEXE5_Dimensionnement des dispositifs par bassins versants_indB ».

Le principe de mise en place des batardeaux est présenté dans « [D2.3] Coupes techniques assainissement_B ».

Nous comparons cette capacité avec les besoins hydrauliques calculés et reportés dans la feuille de calcul joint « [D.2.1]_ANNEXE5_Dimensionnement des dispositifs par bassins versants ». Ces besoins en stockage hydraulique sont tous compris entre $0\text{m}^3/\text{m}^2$, et $0,02\text{m}^3/\text{m}^2$ pour une gestion de la pluie trentennale, ce qui représente également une marge pour une gestion de pluie de pluie forte intensité. Cette marge permet d'absorber les pertes en pente et pertes annexes (présence réseaux existants par exemple).

Dans le cas de notre projet, c'est donc le dimensionnement mécanique qui constitue le besoin en épaisseur de structure le plus important des chaussées et des places à structure réservoir.

3.2. Noues

Les noues du projet permettent de gérer (stocker et infiltrer) :

- Les eaux de ruissellement des trottoirs adjacents ;
- Les eaux de ruissellement des structures (chaussées ou place-trottoirs) réservoirs en cas de fortes de pluies ;

Dimensionnement des noues :

- Entre 2,5 mètres et 3 mètres de large dans la plupart des cas (cf. plan des aménagements) ;
- 0,5m de profondeur maximale (pour éviter la mise en place de protections antichute) ;
- Talutage de 2 pour 1 ;
- Revanche de 0,1 m de hauteur ;
- Facteur de perte lié aux pentes ;

Les noues seront plantées et seront réalisées dans un support de type terre-végétale.

3.3. La « trame brune »

Dans les études AVPvO, il était prévu de mettre en place des tranchées réservoirs afin d'assurer une continuité hydraulique entre les différentes noues du projet, malgré les fractionnements liés aux entrées charretières. C'est ce qu'on appelle « la trame brune ».

Elles auraient été constituées d'un matériau poreux indice de vide 40%, et située à -34cm du TN, sur la même largeur que les noues du projet, c'est-à-dire 3m de large.

Cependant, suivant le principe d'application des chaussées réservoirs à l'ensemble des mails, les entrées charretières seraient elles aussi des structures réservoirs (de type section courante – revêtement perméable). La continuité hydraulique entre les différentes noues du projet se ferait via la couche de GNT poreuse 20/40 de la structure entrée charretière / des chaussées réservoirs. **Le principe de trame brune serait donc maintenu via les structures réservoirs (chaussée/places), sans qu'un ouvrage particulier « trame brune » ne soit mis en place.**

3.4. Modelés de terrain

Les modelés de terrains permettent aux espaces centraux des mails de gérer leurs eaux de pluies intégralement, lorsque les pentes le permettent, en créant des espaces verts inondables.

3.5. Tranchées drainantes

Dans le cas du bassin versant H2 Centre-Sud, il est préconisé de mettre en place une tranchée drainante en fond de noue, afin d'éviter le ruissellement sur les espaces de promenades piétonnes et cycles.

Cette tranchée de faible profondeur (entre 0,80m de profondeur et 1m de large) permet d'intercepter les eaux avant de les infiltrer. La tranchée peut être en grave 20/40 ou en mélange terre-pierre (indice de vide 40%) pour favoriser le développement racinaire.

4. Bilan des gestions des pluies

4.1. Bilan des gestions de pluies trentennales

Tel que demandé dans le cadre du zonage pluvial, le projet permet la gestion des pluies trentennales, en considérant les hypothèses de dimensionnement précédentes, et notamment un coefficient de perméabilité de 4.10-5m/s. La carte en annexe « [D.2.1]_ANNEXE9a_Cartographie des BV gérant pluies trentennales et centennales avec un coefficient de perméabilité de 4.10-5m/s » présente les BV gérant des pluie trentennales et centennales pour des coefficients de perméabilité de 4.10-5m/s.

Néanmoins, une évolution du coefficient de perméabilité est attendu dans le temps, du fait des effets du colmatage, surtout dans le cas des chaussées et trottoir/place réservoir. Une hypothèse de la réduction dans le temps du coefficient de perméabilité à 4.10-6m/s implique des besoins en stockage supplémentaires. Certains BV, dimensionnés pour une perméabilité de 10.5m/s seraient alors en mesure de gérer une pluie trentennale, mais d'autres non (cf. colonne AF et AG de l'annexe 5). Un travail d'optimisation du dimensionnement des bassins versant est réalisé afin de regarder les possibilités de gestion des pluies trentennales dans le cas d'une réduction de la perméabilité à 4.10-6m/s, et est présenté dans l'annexe 5 (colonnes AH à AK) et dans l'annexe « [D.2.1]_ANNEXE9B_Cartographie des BV gérant pluies trentennales avec un coefficient de perméabilité de 4.10-6m/s ».

4.2. Bilan des gestions de pluies centennales

Nous noterons que la pluie trentennale est de 85,5mm en 24h (=objectif de gestion imposé dans le zonage pluvial et considéré dans la présente étude), et que la pluie centennale est de 107,4mm en 24h, soit un peu plus de 25% de besoin en stockage supplémentaire.

Les besoins en volumes à gérer pour les centennales sont identifiés par bassins versants dans le tableau de dimensionnement en annexe « [D.2.1]_ANNEXE5_Dimensionnement des dispositifs par bassins versants_indB » (colonnes Y à AA).

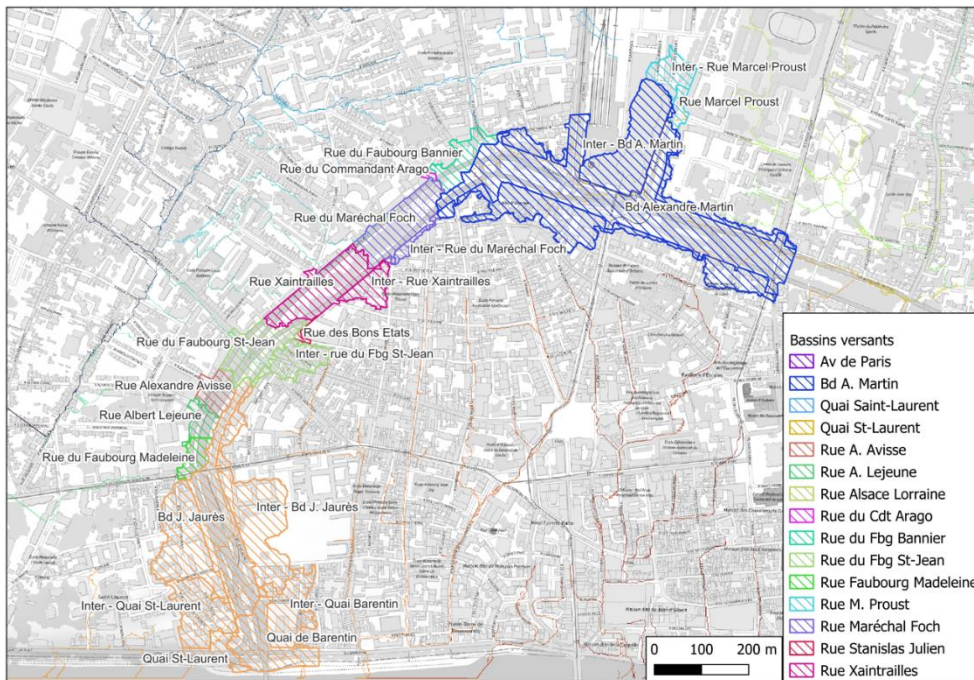
Hormis les bassins versant situés entre le pont Madeleine et les Quais St Laurent, le projet des mails pourrait être en mesure de gérer les pluies centennales en considérant un coefficient de perméabilité de 4.10-5m/s. Les bassins versants situés entre le pont Madeleine et les Quais St Laurent (« H2 Sud Ouest, H2 Centre Nord, H3 centre, H2 Est , H1 Nord-Ouest_1 ») ne seraient pas en mesure de gérer les pluies centennales dans le dimensionnement actuel, notamment du fait des fortes pentes qu'ils contiennent, ou des reports de ruissellement de bassins amont en pouvant pas infiltrer (cas des bassins versants sur parking projet). Les surplus de pluies arrivant sur eux iraient se déverser sur les bassins Versant en aval du projet, qui eux seraient en mesure de gérer ces surplus de pluie centennale (pluies centennales gérées à l'échelle du projet). La carte en annexe « [D.2.1]_ANNEXE9a_Cartographie des BV gérant pluies trentennales et centennales avec un coefficient de perméabilité de 4.10-5m/s » et les colonnes AB à AD de l'annexe 5 présentent ces éléments.

A noter : les reports des bassins versants vers les bassins versant aval sont à confirmer / préciser via la réalisation des plans de nivellement PRO (stade AVP restant non suffisamment détaillé).

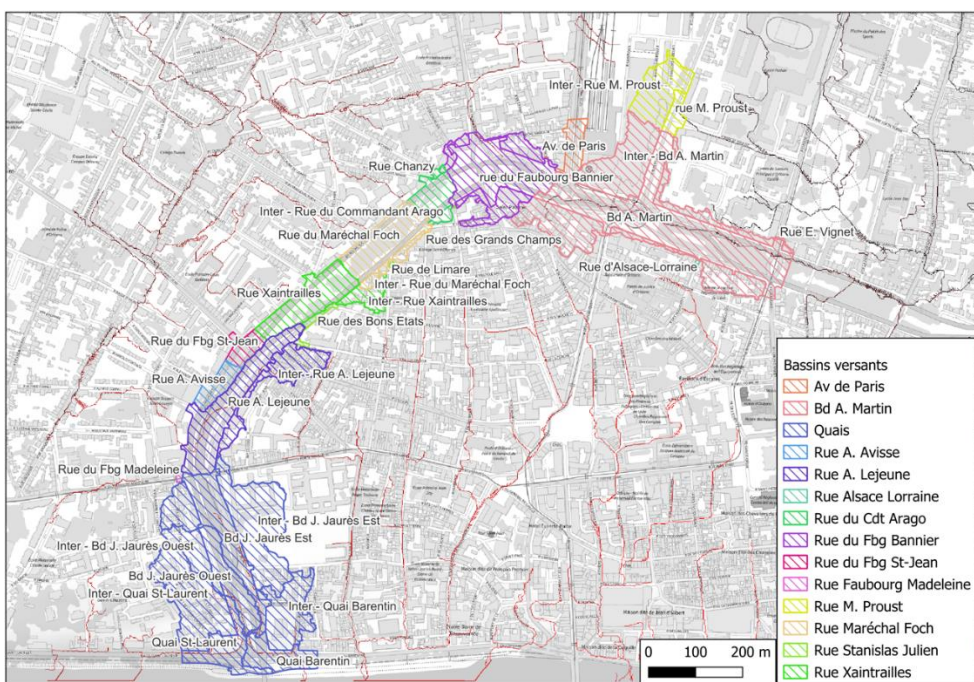
Néanmoins, dans le cas d'une réduction dans le temps du coefficient de perméabilité à 4.10-6m/s (effets du colmatage par exemple), les pluies centennales ne seraient plus autant gérées, et les trentennales difficilement malgré des éventuelles optimisations de dimensionnement (cf. carte « [D.2.1]_ANNEXE9B_Cartographie des BV gérant pluies trentennales avec un coefficient de perméabilité de 4.10-6m/s », et colonnes AF à AK dans annexe n°5).

Une analyse comparative réalisée sur la base des annexes n°10 (10a, 10b et 10c) entre situation actuelle (basée sur Topo actuelle) et situation projetée (basée sur nivellement AVP) permet d'identifier si les BV sont modifiés, et identifier ainsi les risques en cas de pluie exceptionnelle.

[D.2.1]_ANNEXE10b_Carte des bassins versants interceptés sur périmètre projet_état actuel :



[D.2.1]_ANNEXE10C_Carte des bassins versants interceptés sur périmètre projet_état projeté :



Là où les BV sont de surface similaires ou inférieure à l'existant, on peut considérer que le projet apportera donc moins de pluies de ruissellement (car surface égale ou inférieure) et ne viendra pas négativement impacter la gestion de la pluie centennale, et donc qu'aucun risque supplémentaire ne sera apporté en cas de centennale sur les établissements à risques de ces BV.

C'est le cas des bassins versants des rues suivantes :

- Avenue de Paris ;
- Rue Fbg Bannier ;
- Rue Avisse ;
- Rue Xaintraillles ;

- Rue Lejeune ;
- Rue Maréchal Foch ;
- Rue Arago ;
- Rue Proust ;

Sur les BV récupérant davantage de surfaces qu'à l'existant, il faut rappeler que le projet des mails prévoit une désimperméabilisation globale des chaussées et augmente les surfaces végétalisées. Il prévoit donc une forte diminution des risques de ruissellement lors des pluies exceptionnelles si celles-ci s'avéraient supérieure à ce qui pourrait être géré par les bassins du projet.

C'est le cas des bassins versant suivants :

- Quais de Loire (d'autant moins de risques que déversement dans le fleuve) ;
- Bvd Martin ;
- Faubourg Madeleine ;
- Faubourg St Jean ;

5. Synthèse bibliographique des dispositifs

Nous distinguons deux types de dispositifs :

- Limitant l'imperméabilisation et donc limitant les volumes à stocker et réalisant un abatement partiel ou intégral des pluies courantes 20mm ;
- Stockant et infiltrant des pluies trentennale (intégrant un abatement des pluies courantes 20mm).

Compte tenu du double objectif stockage/infiltration et abatement, la gestion par des espaces végétalisés est privilégiée.

5.1. Diminution de l'imperméabilisation

Il s'agit de dispositifs tels que les pavés à joints enherbés, des dalles engazonnées ou des pavés poreux généralement mis en œuvre au droit des stationnements ou des espaces piétons. La réalisation de bande plantée sur les trottoirs et la réalisation de la Plateforme tramway en revêtement végétalisé permet également une diminution de l'imperméabilisation.





Différents dispositifs d'infiltration superficielle : pavés à joints engazonnés, pavés poreux, dalles béton-gazon (source : Eurométropole de Lille et Observatoire Auvergne-Rhône-Alpes)

Ils présentent les avantages suivants :

- Bonne intégration paysagère ;
- Pas d'emprise foncière dédiée ;
- Conception simple.

Les inconvénients sont les suivants :

- Risque de colmatage ;
- Entretien fréquent.
- Efficacité moindre au droit des espaces stationnés par des véhicules.

Ces dispositifs peuvent être associés avec des structures réservoirs.

5.2. Stockage de la pluie, abattement et infiltration

Noues drainantes

Les noues paysagères d'infiltration jouent un double rôle en assurant la collecte et la gestion des eaux pluviales à la source. Il s'agit de fossés plus larges et présentant une pente faible.



Exemple de noue d'infiltration (source : Eurométropole de Lille et Observatoire Auvergne-Rhône-Alpes)

Elles présentent les avantages suivants :

- Bonne intégration paysagère ;
- Faible coût et technicité simple ;
- Entretien simple ;
- Dépollution des eaux pluviales par filtration et décantation ;
- Désimperméabilisation ;
- Collecte des eaux de ruissellement.

Les inconvénients sont les suivants :

- Emprise foncière ;
- Entretien régulier.

Les noues peuvent être plantées ce qui améliore l'infiltration et diminue l'entretien (ramassage des déchets).

La variante technique de Portland est également envisageable. Il s'agit de traiter les eaux pluviales via des espaces verts en creux de petite taille similaires à des noues.

*Remarque : dans le cadre du projet des mails, des **noues plantées sont envisagées.***

Tranchées drainantes d'infiltration

Les tranchées d'infiltration permettent à la fois le stockage et l'infiltration des eaux pluviales. Ces tranchées peuvent être matérialisées par des fossés remplis de matériau poreux (alimentation par ruissellement), ou par des ouvrages enterrés (alimentation par canalisations/avaloirs). En fonction de ce type, l'emprise foncière peut être intéressante.



Exemple de tranchée d'infiltration avec alimentation superficielle (source : Eurométropole de Lille) et tranchée drainante sous Place de stationnements et noue (« Trame brune » - Rue Emile Decorps, 69100 Villeurbanne – source : Observatoire Auvergne-Rhône-Alpes)

Elles présentent les avantages suivants :

- Bonne intégration paysagère ;
- Faible emprise foncière ;
- Entretien et mise en œuvre simple ;
- Coût peu élevé ;
- Désimperméabilisation

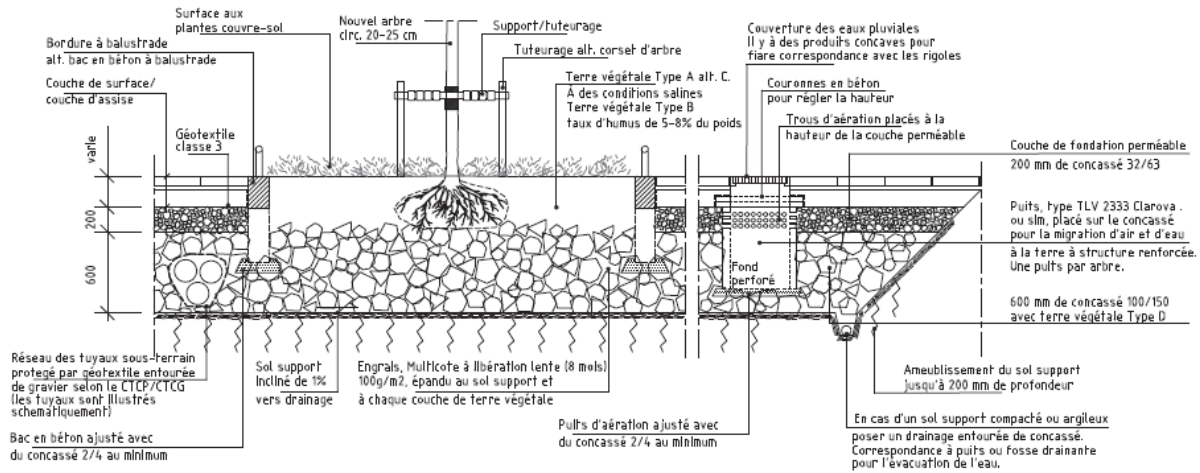
Les inconvénients sont les suivants :

- Faible capacité de stockage car matériau de remplissage (indice vides 40%) ;
- Forte dépendance à la perméabilité sur le temps de vidange ;
- Risque de pollution accidentelle ;
- Entretien régulier (ramassage des déchets si alimentation superficielle, entretien des décanteurs si injection, etc.).

Ces dispositifs sont préférentiellement mis en œuvre au droit d'espaces verts ou de noues végétalisées afin de permettre une infiltration directe.

Ces dispositifs présentent les variantes suivantes :

- Arbres de pluie (fosses d'arbres avec orientation du ruissellement) ;
- Technique de Stockholm (mélange terre-pierre et végétalisation en surface).
- Les tranchées d'infiltration peuvent être interposées entre des fosses d'arbres.



SECTION

NOUVELLE PLANTATION - ARBRE EN SURFACE MINÉRALE, AVEC PLANTES COUVRE-SOL
Section type
ÉCHELLE 1:20 (A2), 1:40 (A4)

REMARQUE

Toutes mesures en mm si rien d'autre n'est indiqué



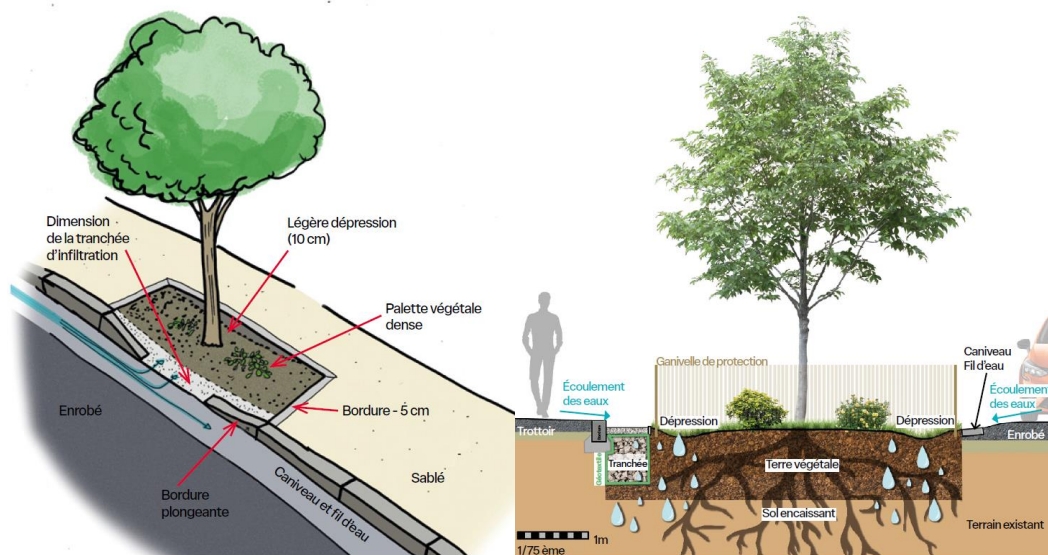
Exemple de tranchées type Stockholm plantées – sources « La plantation d'arbres dans le milieu urbain de Stockholm – manuel d'usage, Ville de Stockholm » et Observatoire Auvergne-Rhône-Alpes (rue Colombine notamment)

Remarques :

- Ces **systèmes de drainages (tranchée technique Stockholm)** peuvent être couplés avec ceux des **noes plantées** afin d'optimiser les capacités de stockage-abattement et infiltration de celles-ci. C'est un procédé que la MOE privilégiera sur la plupart des voiries.
- Dans le cadre de mise en place d'une succession de noes (alignement sur un secteur avec interruptions pour entrées charretières par exemple), les tranchées drainantes peuvent être continues de noe en noe (continuités dans la structure des entrées charretières par exemple). C'est ce qu'on appelle « **la trame brune** », principe qui sera appliqué dans le projet des mails afin d'optimiser les volumes de stockage et infiltration des eaux de pluie.

Jardins de pluie (arbres existants)

Il s'agit d'un dispositif mis en place dans le cadre de gestion d'eaux de pluie dans un espaces vert comprenant des arbres existants. Le principe est de réaliser des noes /poches de stockage le long de l'alignement d'arbres ou entre les arbres (quand les inter distances le permettent), avec des systèmes de tranchées drainantes sous ces espaces de stockage/infiltration, tout en conservant les arbres existants.





Schémas et exemple Rue Vauban à Lyon d'arbres de pluie avec tranchée drainante latérale (sources : Livret Arbres de Pluie Métropole Lyonnaise)

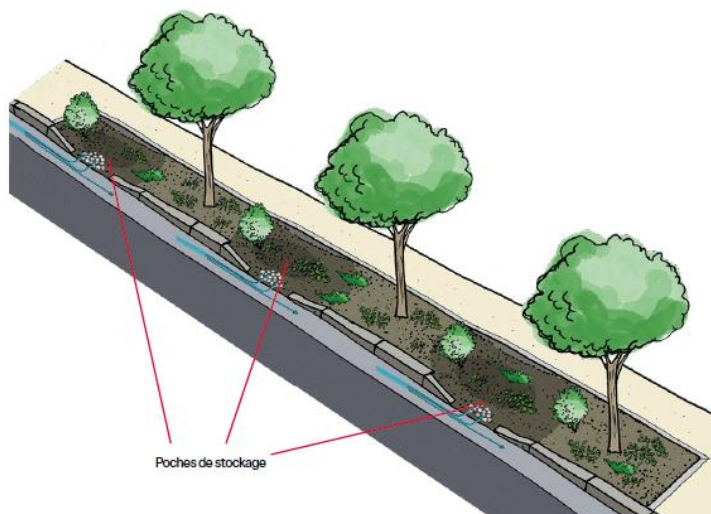


Schéma et Exemple Bvd du Docteur Coblod à Venissieux (sources : Livret Arbres de Pluie Métropole Lyonnaise)

Ils présentent les avantages suivants :

- Bonne intégration paysagère ;
- Faible technicité ;
- Entretien simple ;
- Coût peu élevé ;
- Dépollution des eaux pluviales par filtration et décantation ;
- Collecte des eaux de ruissellement ;
- Intégration des arbres existants dans un processus / système de stockage-infiltration.

Les inconvénients sont les suivants :

- Dépendance à la perméabilité ;

- Précaution de mise en œuvre pour conservation des arbres existants.

Remarques : ce type d'installation sera mis en place ponctuellement, sous la forme « jardin de pluie avec alignement d'arbres » sur certaines voiries des mails (H2 Est notamment).

Espaces Publics Inondables ou Modelés de terrain

Les espaces publics inondables sont des bassins de rétention des eaux pluviales pouvant jouer un rôle d'agrément par temps sec.



Exemples d'espaces verts inondables

Ils présentent les avantages suivants :

- Bonne intégration paysagère ;
- Faible technicité ;
- Entretien et mise en œuvre simple ;
- Coût peu élevé ;
- Multiplicité des usages.

Les inconvénients sont les suivants :

- Dépendance à la perméabilité ;
- Emprise foncière.

Remarques : ce type d'installation est particulièrement bien adaptée aux espaces centraux des mails, espaces verts extensifs.

Structure réservoir d'infiltration

Une structure réservoir d'infiltration est un ouvrage qui stocke les eaux pluviales dans un matériau poreux, un matériau plastique à coefficient de vide élevé ou un matériau naturel (gravillons). Les eaux pluviales stockées sont ensuite infiltrées dans le sol. Elles peuvent être infiltrées à travers un revêtement poreux, ou alimentées par des canalisations.

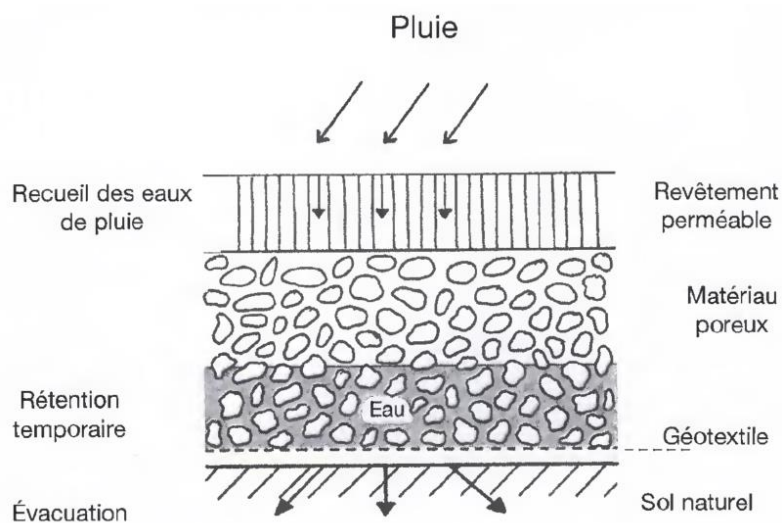


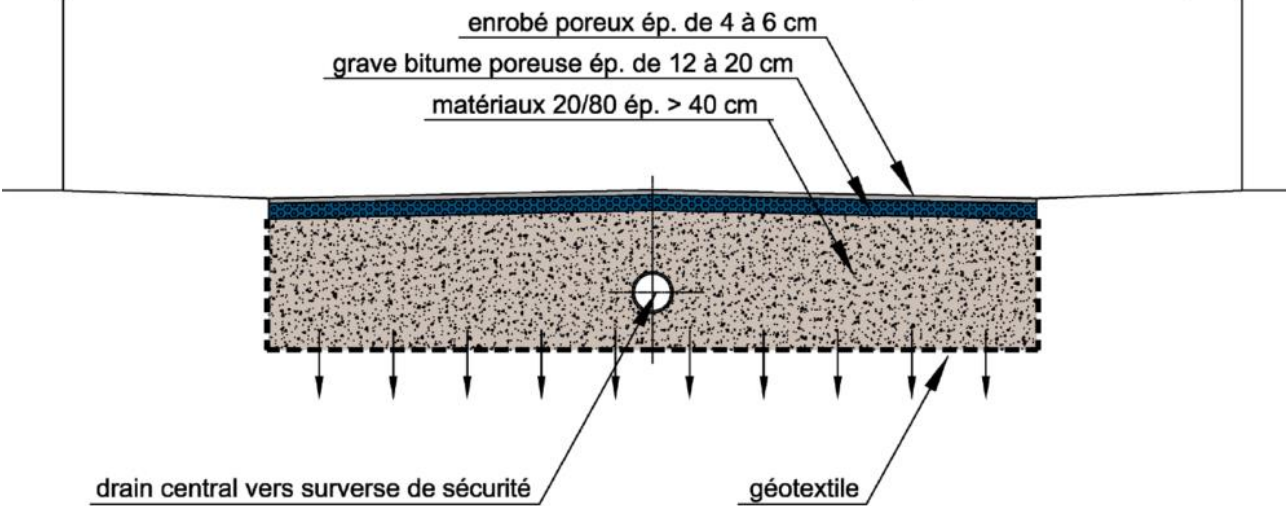
Schéma simplifié de structure-réservoir et fonctions assurées – Guide CERTU sur les Chaussées Poreuses Urbaine



Exemple de chaussée structure réservoir étanche avec injection localisée (source : Eurométropole de Lille) et chaussée structure réservoir infiltrante (rue de la Poudrette – source : Observatoire Auvergne-Rhône-Alpes)

STRUCTURE CHAUSSEE RESERVOIR AVEC REVETEMENT PERMEABLE

avec infiltration

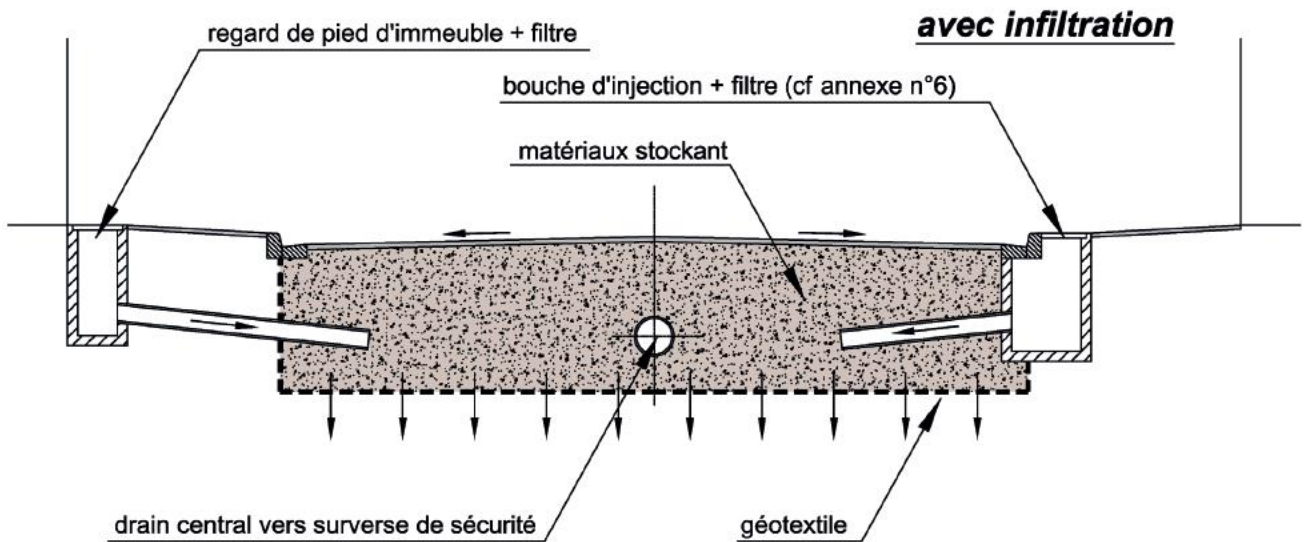


Exemple de chaussée à structure réservoir avec enrobé drainant (perméable) et évacuation par infiltration (Source : CETE Nord – Picardie)

	structure	Injection répartie	Injection localisée
évacuation répartie	<ul style="list-style-type: none"> enrobés matériaux stockant géotextile 	<p>PLUIE</p> <p>SOL</p>	<p>PLUIE</p> <p>SOL</p>
évacuation localisée	<ul style="list-style-type: none"> enrobés matériaux stockant géomembrane 	<p>PLUIE</p> <p>SOL</p>	<p>PLUIE</p> <p>SOL</p>
évacuation répartie et localisée	<ul style="list-style-type: none"> enrobés matériaux stockant géotextile 	<p>PLUIE</p> <p>SOL</p>	<p>PLUIE</p> <p>SOL</p>

Principes de fonctionnement de différentes chaussées à structure réservoir (Source : CETE Nord - Picardie)

STRUCTURE CHAUSSEE RESERVOIR AVEC REVETEMENT IMPERMEABLE



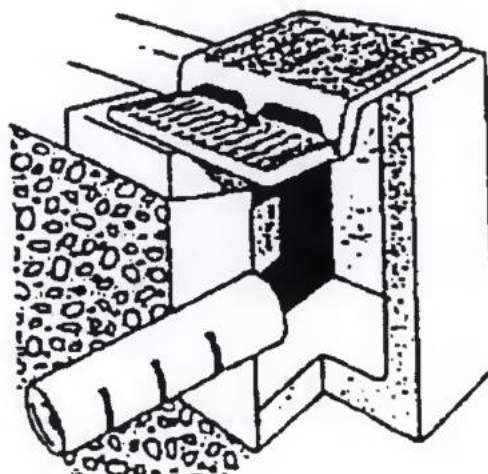
Exemple de chaussée à structure réservoir avec enrobé dense (étanche) et évacuation par infiltration (Source : CETE Nord – Picardie)

	structure	Injection répartie	Injection localisée
évacuation répartie	enrobés matériaux stockant géotextile	PLUIE SOL	PLUIE SOL
évacuation localisée	enrobés matériaux stockant géomembrane	PLUIE SOL	PLUIE SOL
évacuation répartie et localisée	enrobés matériaux stockant géotextile	PLUIE SOL	PLUIE SOL

Principes de fonctionnement de différentes chaussées à structure réservoir
(Source : CETE Nord - Picardie)

L'injection localisée dans une chaussée réservoir se fait principalement par l'intermédiaire d'avaloirs ou grilles-avaloirs, raccordés à la structure drainante (ou « réseau de diffusion ») via des drains :

Figure 7 :
Bouche d'égout raccordée à
un réseau de diffusion



Extrait avaloir et drain – Guide CERTU sur les Chaussées Poreuses Urbaine

Les injections peuvent également se faire de manière plus répartie via la mise en place d'un caniveau ouvert, ou via des espaces verts existants (grille de récupération), tel que visible sur les exemples ci-dessous :



Exemple de grille avec caniveau ouvert récupérant



Exemple de grille redirigeant les eaux vers les espaces verts

Les structures réservoir à enrobés perméables nécessitent un entretien régulier de prévenance du colmatage afin de préserver les propriétés infiltrantes, par le passage régulier de machine à décolmater (jets pression) et balayage, comme cela peut être réalisé sur des chaussées classiques.

Les structures réservoir à enrobés imperméables nécessitent un entretien classique du revêtement et une action supplémentaire de décolmater des avaloirs et drains (action spécifique).

Le tableau ci-dessous rappelle les avantages et les inconvénients des différents types de structures réservoirs :

TYPES	INTÉRÊTS	PRÉCAUTIONS
Structure réservoir seule	<ul style="list-style-type: none"> • Ecrêtement des débits, réduction du risque d'inondation et des chocs de pollution • Peut être alimentée directement par la surface drainante (matériau perméable) • Gain d'emprise foncière (possibilités d'espaces verts, de parking, d'aires de jeu, de promenade...) • Intégration paysagère • Insensibilité au gel • Mise en œuvre relativement facile • Décantation préalable à l'injection et donc dépollution des effluents 	<ul style="list-style-type: none"> • Ouvrages d'injection à surveiller et à entretenir de manière plus attentive que pour de simples bouches d'égout (risques de colmatage) • Apport d'eaux claires à la station d'épuration en cas de rejet en unitaire • Réduction des possibilités d'installation des réseaux divers
Avec enrobés drainants	<ul style="list-style-type: none"> • Suppression des projections d'eau • Diminution des bruits de trafic routier. Amélioration prépondérante pour des vitesses supérieures à 70 km/h • Confort de conduite (moins de reflets, marquage au sol plus visible) • Blocage de la pollution en surface 	<ul style="list-style-type: none"> • La formation de verglas est plus précoce sur l'enrobé drainant • Ne peut être utilisé dans les zones giratoires (arrachements) • Ouvertures puis remises en état délicates. Un des avantages de l'injection localisée réside dans la facilité de réfectionner le revêtement qui est relativement courant • Gestion des boues de curage
Avec infiltration sur place	<ul style="list-style-type: none"> • Recharge de la nappe • Economie d'un réseau à l'aval ou dimensionnement moins important de celui-ci • Nul besoin d'exutoire en surface 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de pollution de la nappe : <ul style="list-style-type: none"> • faible pour les pollutions diffuses • élevé pour les pollutions accidentelles • Pollution accidentelle difficile à combattre (pire si enrobés drainants) • Affaiblissement des propriétés mécaniques du sol

Intérêts et précautions d'une chaussée à structure réservoir
(Source : CETE Nord - Picardie)

Pour résumer, elles présentent les avantages suivants :

- Infiltration des eaux diffuse dans le cas d'infiltration sur place ;
- Bonne intégration paysagère ;
- Emprise foncière faible ;
- Facilité de mise en œuvre ;
- Simplicité d'entretien ;
- Suppression des projections d'eau dans le cas d'un enrobé drainant ;
- Confort de conduite dans le cas d'un enrobé drainant ;
- Dépollution efficace.

Les inconvénients sont les suivants :

- Risques d'arrachements dans les zones de fortes girations dans le cas d'enrobés drainants → le projet mettra en place un enrobé non drainant au droit des zones de girations pour éviter ces risques (carrefours) ;
- Risque de colmatage → proposition de la MOE de minimiser les injections localisées (avaloirs) ;
- Coût élevé → à relativiser du fait de l'économie d'avaloirs dans le cas d'enrobés drainants ;
- Risque de pollution → si infiltration sur place (cas dans notre projet) ;

Remarque : L'utilisation de ce type d'ouvrage est évoquée avec ORM qui accepte l'infiltration sur ces structures (malgré risques pollutions) et met la condition de ne pas installer de bouches à filtre (pour entretien), notamment sur les secteurs sur les lesquels la gestion des eaux de pluie sans rejet est compliquée.

6. Prochaines étapes

- Validation des hypothèses et principes de gestion des EP présentés dans le cadre de l'AVPvf par ORM, en amont du démarrage PRO ;
- Sous-découpage des études selon nouveau phasage études/travaux de ORM (Temps 1 et temps 2) ;
- Réalisation des études de niveau PRO sur les temps 1 et 2 du projet (et notamment précisions des études d'assainissement vis-à-vis du nivellement PRO).

Ces études d'assainissement servent de base au dossier Loi sur l'Eau du projet des mails, qui est intégré au dossier environnemental unique.

Le projet de gestion des eaux des mails se veut ambitieux avec une déconnection presque complète du réseau d'assainissement et l'utilisation de méthode et matériaux innovant (enrobé et structures drainants). Des pistes d'obtention de subventions vis-à-vis de ces défis peuvent être étudiées afin d'aider à la mise en place de tels dispositifs, dispositifs qui pourraient avoir un cout supérieur à des dispositifs dits plus « classiques ».

Annexes

- [D.2.1]_ANNEXE1_Notice explicative Zonage Pluvial ORM
- [D.2.1]_ANNEXE2_Diagnostic géotechnique RD2020 Orléans Final avec annexes
- [D.2.1]_ANNEXE3_Cartographie des bassins versants interceptés
- [D.2.1]_ANNEXE4_Plan des surfaces déconnectées_B
- [D.2.1]_ANNEXE5_Dimensionnement des dispositifs par bassins versants_B
- [D.2.1]_ANNEXE6_Traitement données piézométriques parking
- [D.2.1]_ANNEXE7_Note compléments analyse volet pollutions des sols et projet infiltration EP
- [D.2.1]_ANNEXE9a_Cartographie des BV gérant pluies trentennales et centennales avec un coefficient de perméabilité de 4.10-5m/s.
- [D.2.1]_ANNEXE9b_Cartographie des BV gérant pluies trentennales avec un coefficient de perméabilité de 4.10-6m/s.
- [D.2.1]_ANNEXE10a_Tableau des bassins versants interceptés sur périmètre projet
- [D.2.1]_ANNEXE10b_Carte des bassins versants interceptés sur périmètre projet_état actuel
- [D.2.1]_ANNEXE10c_Carte des bassins versants interceptés sur périmètre projet_état projeté

Ainsi que les livrables suivants :

- [D2.2] Plans principes d'assainissement_B
- [D.2.3] Coupes technique Assainissement_B

Richez_Associés

2 rue de la Roquette
75011 Paris

+33 (0)1 43 38 22 55

mail@richezassocies.com

www.richezassocies.com