

Grand Paris Aménagement SPLA-IN ZAC du Parc aux Lièvres - Evry Courcouronnes

DCE - Phase 2a

Note de synthèse – Gestion des eaux pluviales

Indice B – janvier 2025

Avant-propos

La présente note concerne la gestion des eaux pluviales de la première phase des futurs espaces publics du quartier Parc aux Lièvres à Evry-Courcouronnes.

Le périmètre d'étude du présent PRO comprend :

- Le boulevard Maréchal Leclerc
- La rue Claude Debussy
- La rue Pasteur
- La rue Frédéric Chopin
- Le boulevard Delattre de Tassigny
- Les allées I, J, G et L
- La moitié de l'allée K
- Le parvis de l'église

La présente note complète les pièces graphiques du dossier PRO Phase 2a.

I. Rappel des principes de gestion des eaux pluviales

Les principes de gestion des eaux pluviales développés dans le cadre du présent PRO s'appuient sur ceux développés lors de l'AVP de Novembre 2020 :

- **Les eaux pluviales sont collectées de façon diffuse**, par ruissellement de surface, sans avaloirs ;
- Les **pluies courantes** (jusqu'à une hauteur de 10mm) sont gérées dans des **fosses d'arbres ou des noues** qui assurent leur déconnexion du réseau, par évapotranspiration et infiltration diffuse ;
- Les **pluies fortes jusqu'à l'occurrence vicennale** sont retenues dans des fosses d'arbres drainantes ou des noues. La totalité des eaux sont infiltrées, le projet prévoyant « **zéro rejet** » au réseau d'eau pluviale pour les pluies fortes ;
- Les **pluies exceptionnelles au-delà de l'occurrence vicennale** sont retenues dans les marges prises dans les ouvrages des pluies fortes, et débordent sur l'espace public.
- Les **lots privés** seront, s'ils mutent, gérés de manière conforme au PLU et resteront connectés au réseau existant. Il n'est prévu aucun raccordement des lots privés dans les ouvrages publics, qui ne sont pas dimensionnés pour infiltrer un volume supplémentaire.

En quelques chiffres, la gestion des eaux pluviales de la phase 2a c'est :

- 800 m³ de pluie retenue en structure drainante
- 1 500 m³ de volume de rétention
- 100 % des pluies courantes infiltrées à ciel ouvert*
- 100 % des pluies 20 ans infiltrées*
- 500 mL de réseaux comblés, et près de 50 grilles avaloirs retirés

* Sauf le bassin versant sud du boulevard du Maréchal de Lattre, représentant 400m² (2% de la surface du projet environ), non géré et raccordé au réseau

2. Note de calcul des volumes de rétention

Comme indiqué en introduction, les dispositifs de gestion des eaux pluviales sont dimensionnés pour différents types d'événements pluvieux :

- Les **pluies courantes**, d'une hauteur de 10 mm ou moins ;
- Les **pluies fortes jusqu'à l'occurrence vicennale**, dont la rétention est imposée par la réglementation ;
- Les **pluies exceptionnelles supérieures à l'occurrence vicennale**, qui sont gérées sur les espaces publics. Lorsque la topographie le permet, les eaux ruissellent à ciel ouvert jusqu'à un exutoire.

2.1. Définition des bassins versants

Les délimitations des bassins versants sont indiquées sur les plans de gestion des eaux pluviales.

Le périmètre de l'opération est divisé en bassins versants, qui chacun, sauf exceptions détaillées ci-après, assurent le stockage et l'infiltration de leurs propres eaux qui ruissellent. Ces bassins versants sont nommées à partir du nom de la rue ou de l'allée, et d'un numéro.

- ML : boulevard Maréchal Leclerc
- CD : rue Claude Debussy
- PA : rue Pasteur
- FC : rue Frédéric Chopin
- TA : boulevard Delattre de Tassigny
- AI : allée I
- AJ : allée J
- AF : allée F
- AK : allée K
- Le parvis de l'église

De manière à mieux dimensionner les ouvrages, notamment les noues, certains bassins versants ont été divisés en sous-bassins versant, au nom duquel a été adjoint une lettre minuscule (MLIa, MLIb, ...).

Les bassins versants « non gérés » sont ceux la gestion des eaux n'est pas prévue. Ils sont nommés ng XX (pour « non géré XX »). La raison de la non gestion des eaux pluviales peut être que l'existant est conservé sans modification, que les ouvrages seront réalisés dans une phase ultérieure, ou qu'il n'est pas possible de récupérer les eaux à cause

du nivellement (cas du sud du boulevard du Maréchal de Latte de Tassigny). Les bassins versants non gérés sont compris dans l'emprise du projet.

Les bassins versants interceptés sont nommé « i1 XX », « i2 XX »... XX étant le nom du bassin versant qui récupère les eaux du bassin versant intercepté. Ainsi, les bassins versants « standard » sont tous compris dans l'emprise du projet, et les bassins versants interceptés sont hors emprise projet (et donc non modifiés).

Les surfaces de bassins versants interceptés sont des surfaces non modifiées, mais déconnectées du réseau. En effet, les surfaces sont prises en compte dans les dimensionnements des ouvrages du bassin versant exutoire.

2.2. Hypothèses de dimensionnement pour les pluies courantes

Les volumes à déconnecter pour les pluies courantes sont calculés pour chaque bassin versant de la façon suivante :

$$\begin{aligned}\text{Volume } V (m^3) &= \text{Surface active } S_a (m^2) \times \text{Hauteur de précipitations } H (mm) \div 1000 \\ &= \text{Surface } S (m^2) \times \text{Coefficient de ruissellement (s.u.)} \times \text{Hauteur de précipitations } H (mm) \div 1000\end{aligned}$$

La hauteur de précipitations H est prise égale à 10 mm, en accord avec les préconisations de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.

Le coefficient de ruissellement de chaque bassin versant est calculé à partir des coefficients de ruissellement unitaires suivants, dont certains sont proposés par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie :

- Revêtements imperméables (enrobés, pavage joint) : 0,80
- Revêtements semi-perméable (pavés à joints engazonnés) : 0,50
- Espaces végétalisés en pleine terre : 0,00

2.3. Hypothèses de dimensionnement pour les pluies fortes

Les volumes à stocker pour les pluies supérieures à 10 mm sont calculés par la **méthode des pluies**, qui admet que :

- Le débit de fuite du dispositif de rétention à dimensionner est constant pendant toute la durée de l'événement pluvieux ;
- Le transfert de la pluie vers le dispositif de rétention est instantané ;
- L'événement pluvieux qui conduit au dimensionnement du dispositif est indépendant de tout autre événement pluvieux.

Les coefficients de Montana de la station Météo-France de **Orly**, située à environ 15 km de la ZAC, sont utilisés pour ces dimensionnements. Des coefficients correspondant à des durées de pluie de 6 à 60 minutes, de 1 à 6 heures et de 6 à 96 heures sont utilisés. Pour cette méthode, les capacités de stockage sont déterminées en fonction du débit de fuite et de la surface active du bassin versant. Le débit de fuite considéré est uniquement le débit d'infiltration dans le sol.

La surface active de chaque bassin versant est calculée à partir des coefficients de ruissellement unitaires suivants, **préconisés par la ville d'Evry Courcouronnes en septembre 2024**, et plus contraignants que les coefficients de l'agence de l'eau précédemment utilisés :

- Revêtements imperméables (enrobés, pavage joint) : 0,95 (au lieu de 0.90)
- Revêtements semi-perméable (pavés à joints engazonnés) : 0,75 (au lieu de 0.70)
- Espaces végétalisés en pleine terre : 0,30 (au lieu de 0.20)
- Surfaces mises en eau pendant la pluie : 1,00

2.4. Capacité du sol à l'infiltration

Les secteurs Frédéric Chopin, Parvis de l'Eglise, Allée J et Allée K présentent une perméabilité assez mauvaise, et les temps de vidange sont importants, supérieurs à 48h comme prévu au DLE. Nous préconisons la méthodologie suivante :

- En phase préparatoire, effectuer 3 sondages Matsuo aux profondeurs correspondantes, pour confirmer ou infirmer les hypothèses
- Si mauvaise perméabilité, augmenter le volume de rétention de manière que les ouvrages soient capables d'accueillir une autre pluie vicennale 48h après la précédente.
- Si l'augmentation du volume est impossible, prévoir un raccordement au réseau en surverse, et informer les services de la police de l'eau de cette spécificité.

3. Typologie d'ouvrages de rétention et d'infiltration

La rétention et l'infiltration des eaux pluviales sont assurés à ciel ouvert et/ou dans des structures drainantes enterrées.

Les dispositifs sont les suivants :

- Les « fosses drainantes », ou « fosses d'arbres décaissées », sont des espaces verts décaissés qui collectent les eaux pluviales. Elles sont équipées d'un dispositif relié à une structure drainante pour le stockage, l'infiltration et l'irrigation des arbres. Elles sont en série ou indépendantes, et on peut distinguer les dispositions suivantes :
 - Structure drainante à rétention amont (les plus communes)
 - Structure drainante à rétention aval
 - Structure drainante à alimentation double
- Les espaces verts sans structures drainantes, qui n'ont pour rôle que d'infiltrer les pluies courantes.
- Les noues paysagères / prairie de pluie : dispositif linéaire, à ciel ouvert, dont les berges latérales sont talutées
- Les noues urbaines : dispositif linéaire, à ciel ouvert, dont les côtés sont maçonnés
- Les noues urbaines à étage, ou « noue drainante » : une noue urbaine qui surplombe une structure drainante (dans l'allée J uniquement)

L'ensemble des ouvrages possède une marge, prévue pour tamponner un excédent d'eau dû à une augmentation de la pluviométrie ou une baisse de la perméabilité :

- 5cm pour les ouvrages à ciel ouvert de type noue,
- 3cm pour les fosses drainantes (en surface),
- 10cm pour les structures drainantes en billes d'argile.

3.1. Noues et prairies de pluie

Maréchal Leclerc, allée I, allée J, Frédéric Chopin et place de l'église

Les noues paysagères sont des espaces plantés légèrement décaissés et plantés (hauteur variable entre 15 et 50cm de profondeur). La pente des berges latérales est de maximum 3L/2H. Qu'elle que soit la profondeur de la noue/

Les prairies de pluies sont des noues paysagères plus larges, dans des jardins décaissés et inondables (Maréchal Leclerc, allée F)

Les noues urbaines sont bordées par des murets de soutènement, sans vue sur la voirie pour laisser s'écouler l'eau. La hauteur totale de la noue n'excède pas 35cm.

Sur l'allée J, l'eau surverse dans une grille qui alimente une structure drainante en bille d'argile placée sous la terre végétale (noue urbaine à étage). L'eau monte en charge dans la noue à ciel ouvert tout en s'infiltrant dans la terre végétale et la structure drainante. Si le débit est plus important que celui d'infiltration, il vient charger la structure drainante via la grille.

Les noues sont ponctuées de murets de bief, qui retiennent l'eau en amont et optimisent la surface d'infiltration. Les murets de bief n'ont pas d'ajutage, et l'eau ne surverse que par-dessus. Cette surverse est privilégiée en un point (entaille).

Ces murets sont réalisés en acier Corten, fixées sur une longrine béton (sous le niveau de terre). Ces plaques d'acier Corten ont une entaille verticale et pliées de part et d'autre manière à créer un petit seuil de débordement, dont le point bas est situé au niveau du trait de scie. La position du trait et la largeur du seuil sont variables d'un muret de bief

à l'autre. Les murets sont faits en usine mais différents les uns des autres. Voir planche de détail dans le carnet hydraulique.

3.2. Structures drainantes sous stationnement (ou trottoir) pour alimentation de fosses d'arbres

Ce système a été dimensionné pour permettre le stockage et l'infiltration des eaux tout en constituant une réserve d'eau pour le système racinaire des arbres. Il permet de gérer l'eau ponctuellement, sur des petits bassins versants, tout en réduisant l'ouvrage à la surface d'une fosse d'arbre dans l'aménagement du quartier.

Lors des événements pluviaux, l'eau remplit les massifs au pied des arbres et monte sur 7cm (décaissé de 10cm sous la zone d'engouffrement, dont 3cm de marge). Les pluies courantes s'infiltreront dans la terre végétale. La perméabilité est améliorée par la mise en place d'une colonne de bille d'argile.

Lorsque les pluies sont plus importantes, l'eau déborde alors dans un premier regard à grille 40x40, qui fait office de décantation. Il est haut de 35cm environ. Il est placé près d'un deuxième regard 40x40, surmonté d'un tampon fonte. Une découpe rectangulaire dans les côtés des regards permet à l'eau de passer de l'un à l'autre. Une grille verticale, plus fine que celle du tampon grille, permet d'éviter le passage des déchets flottants. Le deuxième regard descend jusqu'à 30cm sous le fond de la fosse d'arbre. La fosse d'arbre est profonde de 1,50m, et le regard de 1,90m. Il est scellé en bas, mais non entièrement bétonné, de manière à évacuer l'eau au fond.

Ce deuxième regard est relié à un drain bas, qui file de la fosse d'arbre vers la structure drainante. C'est un drain routier de diamètre 100mm.

La structure drainante est composée de billes d'argile, dont la caractéristique est de garantir une résistance structurelle pour la chaussée et de disposer d'un vide de 50% de son volume. Les billes d'argiles sont rondes, de calibre 8/16. Les billes d'argiles sont enveloppées dans une chaussette de géotextile. Le haut de la structure drainante est plat. Le fond de la structure drainante est en pente vers la fosse d'arbre.

La hauteur indiquée dans le dimensionnement est la hauteur moyenne mesurée au milieu de la fosse. La structure drainante présente une sur-profondeur près de la fosse d'arbre, pour faciliter l'écoulement dans le substrat. La pente pour rattraper le niveau bas de la structure est de 3H/2V.

Au-dessus de la structure en bille d'argile, un remplissage en grave non traitée 40/80 est prévu pour rattraper le nivellement de la structure de stationnement ou de trottoir, qui mesure elle-même 40cm. Ce matériau permet d'avoir un matériau drainant à moindre coût que les billes d'argile pour les volumes non utiles dans le dimensionnement. De même, le fond de la fosse d'arbre est constitué de 30cm de GNT 40/80 sous la terre végétale. Le drain est mis en place dans ces 30cm de GNT.

Les fosses d'arbres peuvent fonctionner de manière indépendante (le volume disponible dans la structure drainante permet l'infiltration de la totalité exclusive des eaux du bassin versant intercepté), soit en série. Dans ce deuxième cas, les profondeurs ont été uniformisées de manière que le volume manquant en amont soit disponible en aval. Sont prévus alors deux mesures :

- L'étanchéité de la moitié du pourtour de la noue, sur toute la hauteur de la fosse (1,50 m). Le complexe d'étanchéité est composé d'une membrane EPDM doublé en sandwich par un géotextile.
- Un drain haut, d'une longueur de 3m, placé à hauteur du débordement, depuis le second regard vers le dessus de la structure drainante aval. Ce dispositif sert de surverse.

Les structures drainantes sont généralement placées en amont de la fosse, de manière à ce que la pente de la structure verse vers la fosse d'arbre.

Dans certain cas, la structure drainante est placée à l'aval, ce qui implique une contre-pente de structure drainante, de manière à ce qu'elle se vidange vers la fosse d'arbres.

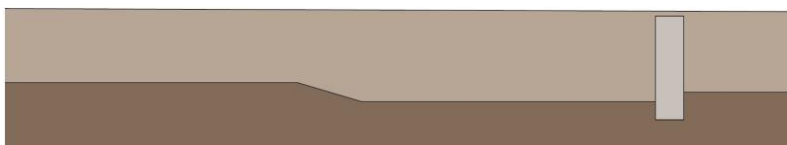
Dans d'autres cas, la structure drainante est alimentée par 2 fosses d'arbres, de manière à réduire le débit d'entrée dans chacune des fosses. La pente suit alors la fosse la plus en aval, dont l'arbre sera plus régulièrement irrigué que celui en amont.

Les structures drainantes sous les places alimentent les arbres. Le fond de la structure est au même niveau partout.

Les structures drainantes sont entourées d'une chaussette géotextile.

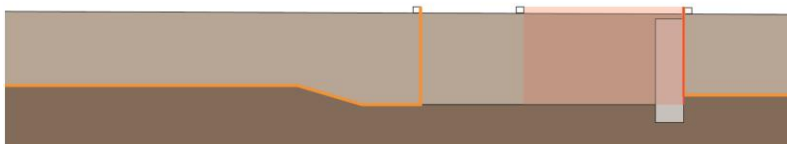
Les fosses d'arbres, pour la partie non protégée par une étanchéité, sont entourées de pare racine.

Le terrassement, l'étanchéité, le pare racine, la GNT 40/08, les brilles d'argile sont prévus au lot 1 en fourniture et pose. Pour des raisons pratiques, pour les fosses drainantes, la mise en œuvre de la terre végétale est également prévue au lot 1, selon la méthodologie schématisée en page suivante. La terre végétale sera fournie par le lot 3.



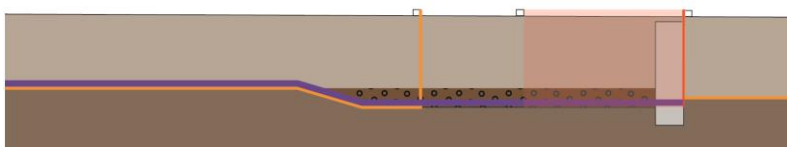
ETAPE 1

- Terrassements en pleine masse
- Mise en place du regard 40x40



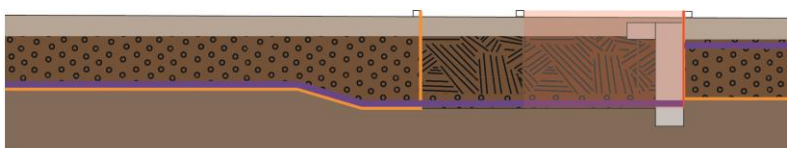
ETAPE 2

- Mise en place des géotextile
- Accroches temporaires en surface



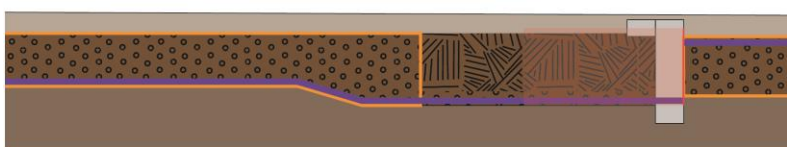
ETAPE 3

- Mise en place du drain bas
- Mise en place de la couche drainante en fond de fosse d'arbre



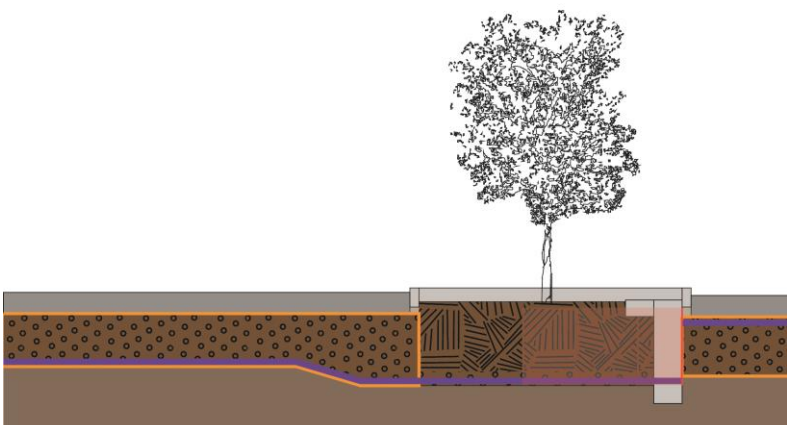
ETAPE 4

- Mise en place de la terre végétale et des billes d'argile par couche successive de 30/40cm
- Mise en place du drain haut
- Mise en place du regard grille 40x40
- Création du dispositif de surverse entre les regards



ETAPE 5

- Recouvrement de la structure drainante par le géotextile
- Découpe de la membrane d'étanchéité



ETAPE 6

- Mise en place des bordures
- Plantation des arbres
- Mise à niveau de la terre végétale
- Création de la structure voirie et trottoirs

4. Typologie des dispositifs de collecte

Les eaux de pluie sont uniquement collectées à ciel ouvert, par ruissellement surfacique :

- Bordure abaissée, d'une largeur de 50cm, permettant l'alimentation directe au pied de l'arbre (1 ou 2 abaissés par fosse drainante),
- Caniveau à grille : permettant d'acheminer l'eau en traversant un trottoir
- Gargouille plein ciel :
- Grilles avaloir en bas du boulevard Delattre de Tassigny
- Regards grilles

Les eaux s'écoulent dans les ouvrages de rétention par des abaissements ponctuels de bordures vers les fosses d'arbres. Une fois les pluies courantes infiltrées au pied des arbres, les eaux de pluies fortes s'engouffrent dans la structure drainante, à travers un regard avaloir.

4.1. Bordure abaissée

Les bordures abaissées qui permettent d'alimenter les fosses d'arbres le sont sur une largeur de 50cm.

Cependant, pour toutes surface active supérieur à 500 m², il est prévu d'agrandir les abaissements, notamment sur les fosses suivantes :

- ML9
- MLI I
- CDI
- CD3
- PA I
- PA 2
- PA 3
- PA7
- PA8
- PAI I
- FC3

4.2. Caniveaux à grille

La liaison hydraulique entre le fil d'eau de la voirie et la prairie AF2 est assurée par un caniveau à grille. Ces dispositifs permettent d'assurer les liaisons à faible profondeur (entre 10 et 20 cm), sous trottoir. Une large belle largeur (30cm) permet d'intercepter le fil d'eau directement. Une hauteur d'engouffrement de 14 cm minimum sera à prévoir.

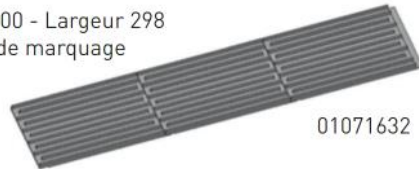
Les caniveaux sont de types ULMA U250, avec grille fonte nervurée, résistance C250, fixation par boulon. Pour adapter le fil d'eau aux aménagements, l'entreprise effectuera un ragréage béton au fond du caniveau, pour éviter les zones mortes et les encrassements.

La fiche technique des caniveaux à grille proposés est donnée en annexe.

4.3. Gargouille plein ciel

Lorsque l'eau doit surverser d'une noue à une autre, l'eau s'écoule dans une gargouille Plein Ciel de chez Dechaumont, de largeur 30cm (ou 2 plein ciel de 15cm cote à cote)

Longueur 500 - Largeur 298
 Possibilité de marquage



01071632



Pau (64) - 01065018 et 01071012

4.4. Grille avaloir

Le projet prévoit la mise en place d'un seul raccordement au réseau sans rétention, dans une grille-avaloir de type Selecta 500, équipées de panier grille, au raccordement sur le boulevard des Coquibus.

4.5. Regard grille

Le projet prévoit deux raccordements au réseau, après rétention, en surverse de la pluie 20 ans :

Raccordements des BV

5. Particularité de la gestion des eaux pluviales par secteur

5.1. Boulevard Maréchal Leclerc

Le boulevard est en toit. Les trottoirs versent vers les noues latérales, et la voirie vers les fosses d'arbres latérales. Elle présente un point bas général, au niveau du croisement avec l'allée F. Elle a deux points bas relatifs : au niveau de la noue paysagère MLI (qui se raccorde au réseau), et au niveau de l'allée J. Dans ces deux zones, en cas de pluie exceptionnelle, la chaussée sera ponctuellement inondée et les eaux excédentaires surverseront vers l'allée F, et la prairie de pluie située dans le square. Cette prairie de pluie est inondable, et également raccordée en surverse au réseau au-delà d'une certaine cote.

- ≈ La noue MLI récupère une partie du trottoir, mais surtout une grande partie du parking pagode (PP13). Son dernier bief récupère également ce qui surverse de l'allée I. A son point bas, la noue a une surverse vers le réseau.
- ≈ Cette noue captera à terme une partie du giratoire et de sa piste cyclable. La noue est surdimensionnée dans ce sens. Il conviendra tout de même de bien cadrer le bassin versant intercepté.

5.2. Rue Claude Debussy

La rue, dont la chaussée est en toit, a une pente générale qui verse vers l'Est. Lors des pluies exceptionnelles, l'eau de la partie Nord s'écoule vers le regard avaloir existant (qui sera repris en phase 3), et celle de la partie Sud s'écoule vers le point bas de la rue Pasteur (square allée F).

- ≈ Les structures drainantes CD1 et CD3 ont la particularité d'être chacune alimentées par deux fosses d'arbres.

5.3. Rue Pasteur et allée F

La rue Pasteur présente un point bas unique, au niveau du square (bassin versant AF2). Lors des pluies exceptionnelles, elle intercepte les eaux de l'allée K, de la rue Debussy et de l'allée F. Les eaux dévalent alors la rue pour être tamponnées dans la prairie de pluie AF2, qui surverse vers le réseau.

Une grille spécifique est prévue dans le bassin AF2 pour épouser la forme des gradins en sortie du caniveau qui amène les eaux de la chaussée Pasteur vers le bassin.

- ≈ Les structures drainantes PA15 et PA14 ont la particularité avoir une rétention aval.
- ≈ Les structures drainantes PA13, PA1 et PA3 ont la particularité d'être chacune alimentées par deux fosses d'arbres.
- ≈ Les allées E et G sont en toit, et des rigoles plantées assurent la conduite de l'eau vers la rue Pasteur.
- ≈ La noue AFI surverse (après rétention 20 ans) dans une rigole qui traverse l'espace de jeux pour enfant et se rejette dans la prairie plantée.

5.4. Rue Frédéric Chopin et place de l'église

La voirie, en toit, verse vers l'Est. Lors des pluies exceptionnelles, l'eau de la partie Nord s'écoule vers le boulevard Maréchal Leclerc, et la partie Sud + le parvis de l'église, après avoir été tamponnées par les noues PE1 et PE2 débordent et traversent la chaussée vers le boulevard Maréchal Leclerc au pied du plateau du carrefour.

- ≈ Les structures drainante FC3 et FC11 ont la particularité d'être alimentées par deux fosses d'arbres
- ≈ Des réseaux sous la place de l'église nécessitent quelques sondages pour déterminer la faisabilité de retrait des conduites EP
- ≈ La déconnection des toitures EP de l'église pourrait être envisagée pour permettre l'irrigation de zones plantées.
- ≈ Les structures FC9, FC10 sont en rétention aval

5.5. Boulevard de Lattre de Tassigny et allée K

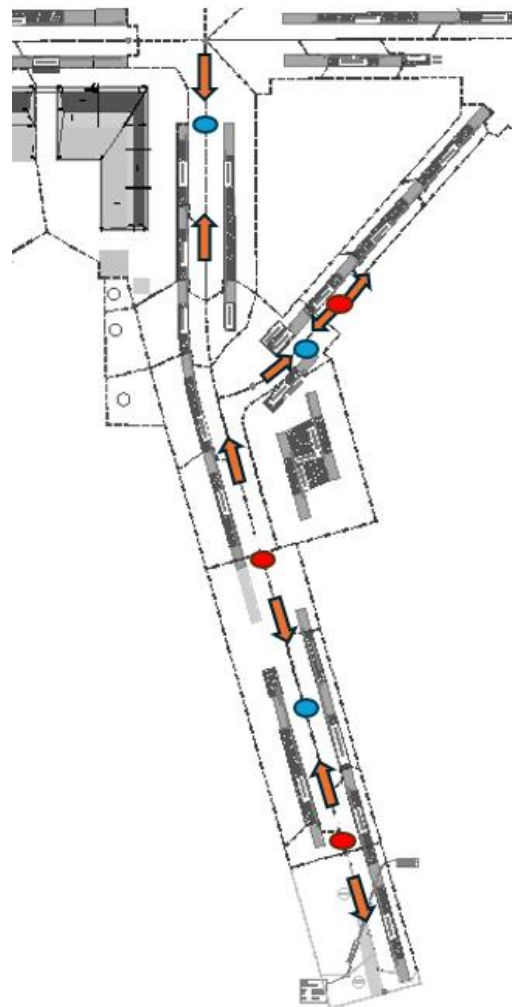
La voirie, en toit, présente deux points hauts intermédiaires.

Entre le plateau du croisement avec la rue Chopin, et le croisement avec l'allée K l'eau s'écoule vers le nord. En cas de pluies exceptionnelles, les eaux de voirie débordent vers les noues devant le parvis de l'église.

Un point bas intermédiaire a été créé pour les besoins du nivellement au niveau des BV TA11/TA6. En cas de pluies exceptionnelles, l'eau sera dans une cuvette.

Un deuxième point haut est situé non loin de la limite de projet. Au sud, l'eau s'écoule vers le giratoire. Un avaloir est implanté non loin de la limite de projet pour récupérer une partie des eaux de ruissèlement.

Dans l'allée K, un point bas intermédiaire a également dû être créé pour des raisons de nivellement. Il est situé entre les fosses drainantes TA13 et TA12. En cas de pluies exceptionnelles, l'eau sera dans une cuvette, et inondera ponctuellement la chaussée, avant de déborder vers la rue Pasteur, puis vers la prairie de pluie square Pasteur / allée F.



- ≈ La pluie de la placette est gérée dans une structure drainante commune à tous les arbres.
- ≈ Le bassin versant « ng1 TA » est raccordé directement au réseau, car le projet ne permet pas d'infiltration à ciel ouvert à cet endroit. Le bassin versant « ng2 TA » ruissèle directement vers l'aval.

(ci-contre : schéma des PH (rouge) et PB (bleu))

5.6. Allées I et J

- ≈ Le nivellement de l'allée I bascule vers le bas pour conduire les eaux vers la noue AI3, qui verse vers la noue MLI.
- ≈ Les noues de l'allée J sont contraintes par la faible perméabilité du site et nécessitent une structure drainante sous leur terre végétale.

6. Etude des cas de pluies exceptionnelles

Les pluies exceptionnelles sont les pluies au-delà des pluies fortes (> 20 ans). Les volumes générés par les aménagements ont été calculés et présentés en annexe.

Sur la phase 2, le projet prévoit trois raccordements au réseau, dont un sans rétention amont :

- ≈ Raccordement boulevard Maréchal Leclerc
- ≈ Raccordement rue Pasteur
- ≈ Raccordement boulevard Delattre de Tassigny

Le projet présente des points bas intermédiaires, qui captent les pluies autour des dispositifs de rétention. L'eau monte de quelques centimètres sur l'espace public. Alors la pluie s'infiltre sur place vers les dispositifs de rétention. En cas de pluie encore supérieure, elles continuent et l'eau passe au-dessus des bordures et du « toit » de la voirie pour s'écouler vers l'aval et rejoindre un des raccordements au réseau.

La rue Frédéric Chopin intercepte les surverses des bassins versants suivants (voir PRO1b) :

- ≈ Rue Georges Sand : BV GSY : pluie 50 ans = 46 m³ / pluie 100 ans = 70 m³
- ≈ Rue Frédéric Chopin FCI / FC2 : pluie 50 ans = 1,9 m³ / pluie 100 ans = 6,2 m³

Des antennes de collecte publiques sont déposées et comblées. Mais le projet prévoit de conserver les collecteurs principaux pour assurer les écoulements depuis l'amont et les parcelles privées. Ces collecteurs peuvent être une opportunité de raccordement en cas de désordre trop important sur l'espace public.

7. Phasage des travaux

En annexe à la présente notice, une présentation synthétise les travaux de gestion d'eaux pluviales à réaliser dans le cadre de chaque phase de travaux, à l'état actuel de connaissance du phasage.

Un tableau à la fin de ce document indique quels bassins versants sont compris dans chaque zone de l'estimation.

8. Annexes

- a. Annexe 1 : Tableau des surfaces*
- b. Annexe 2 : Tableau des Pluies courantes*
- c. Annexe 3 : Tableau des Pluies fortes (20 ans)*
- d. Annexe 4 : Tableau des Pluies exceptionnelles (50 / 100 ans)*
- e. Annexe 5 : Fiche techniques caniveaux à grille*
- f. Annexe 6 : Fiche technique billes d'argile*

Bassin versant	Surfaces interceptées (hors périmètre de projet)					Surfaces de projet non gérées	Surface de projet dont les pluies sont gérées	Surfaces de bassins versants gérés, dont BV intercepté - (hors "non géré")					Coef PC	Coef PF	Sondage Matsuo	Perméabilité mesurée
	Surface totale interceptée	Voirie / imperméabilisé	EV sans infiltration	pavés non jointé	espace vert avec Infiltration	Surface de projet dont les pluies sont renvoyées directement au réseau	Surface totale de projet (surface yc non géré, mais pas les intercepté)	Surface totale	Voiries YC intercepté	Espaces verts sans infiltration YC intercepté	Pavés non jointés YC intercepté	Espace vert avec Infiltration YC intercepté				m/s
	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²				
BD DU MARECHAL LECLERC						687	687	0		361						
Marechal leclerc	ng1 ML						913	913	177	674	0	62	0,16	0,47	M4	1,80E-05
	ML1a														M1	3,90E-06
	PP13 a	360	303		47	10									M1	3,90E-06
	PP13 b	666	312	74	260	20									M1	3,90E-06
	PP13 c	492	170	50	251	21									M1	3,90E-06
	PP13 d	507	258	181	0	68									M1	3,90E-06
	i1 ML1B	469		469												
	ML1b						975	3 469	1 477	1 139	558	295	0,42	0,71	M4	1,80E-05
	i1 ML1C	549		549												
	ML1c						1 115	1 664	118	1 323	0	223	0,06	0,44	M4	1,80E-05
	ML2 + ML3						315	315	200	20	75	20	0,63	0,86	M4	1,80E-05
	ML4						95	95	60	0	20	15	0,61	0,92	M4	1,80E-05
	ML5						75	75	60	0	0	15	0,64	0,96	M4	1,80E-05
	ML6						190	190	120	0	55	15	0,65	0,90	M4	1,80E-05
	ML7 + ML8						560	560	218	282	40	20	0,35	0,61	M4	1,80E-05
	ML9						575	575	277	228	55	15	0,43	0,67	M4	1,80E-05
	ML10						224	224	136	73	0	16	0,48	0,74	M4	1,80E-05
	ML11a						264	264	137	95	22	10	0,46	0,70	M4	1,80E-05
	ML11b						337	337	160	140	22	15	0,41	0,67	M4	1,80E-05
	ML12						157	157	147	0	0	10	0,75	0,95	M4	1,80E-05
	ML13						168	168	158	0	0	10	0,75	0,95	M8	1,30E-05
	ML14						60	60	50	0	0	10	0,67	0,96	M8	1,30E-05
	ML15						275	275	224	0	35	16	0,72	0,93	M8	1,30E-05
	ML16						138	138	120	0	0	18	0,70	0,96	M8	1,30E-05
	ML17						139	139	126	0	0	13	0,73	0,95	M8	1,30E-05
	ML18						137	137	124	0	0	13	0,72	0,95	M8	1,30E-05
	ML19						147	147	131	0	0	16	0,71	0,96	M8	1,30E-05
	ML20a						413	413	345	0	0	69	0,67	0,96	M8	1,30E-05
	ML20b						270	270	214	0	0	56	0,63	0,96	M8	1,30E-05
	ML21						182	182	108	0	0	74	0,47	0,97	M8	1,30E-05
	ML22						140	140	50	0	30	60	0,39	0,93	M8	1,30E-05
	ML23						157	157	106	0	30	21	0,64	0,92	FM4	8,92E-06
	ML24						70	70	56	0	0	14	0,64	0,96	FM4	8,92E-06
	ML25						100	100	66	0	20	14	0,63	0,92	FM4	8,92E-06
	ML26						272	272	247	15	0	10	0,73	0,92	FM4	8,92E-06
	ML27						132	132	92	0	30	10	0,67	0,91	FM4	8,92E-06
	ML28						140	140	121	0	0	19	0,69	0,96	FM4	8,92E-06
	ML29						240	240	161	0	40	40	0,62	0,92	FM4	8,92E-06
	ML30						320	320	260	0	0	60	0,65	0,96	FM4	8,92E-06
	ML31						250	250	191	0	0	59	0,61	0,96	FM4	8,92E-06
	ML32						140	140	83	0	0	57	0,47	0,97	FM4	8,92E-06
	ML33						150	150	87	0	0	63	0,46	0,97	FM4	8,92E-06

		Surfaces interceptées (hors périmètre de projet)					Surfaces de projet non gérées	Surface de projet dont les pluies sont gérées	Surfaces de bassins versants gérés, dont BV intercepté - (hors "non géré")				
Bassin versant		Surface totale interceptée	Voirie / imperméabilisé	EV sans infiltration	pavés non jointé	espace vert avec Infiltration	Surface de projet dont les pluies sont renvoyées directement au réseau	Surface totale de projet (surface yc non géré, mais pas les intercepté)	Surface totale	Voiries YC intercepté	Espaces verts sans infiltration YC intercepté	Pavés non jointés YC intercepté	Espace vert avec Infiltration YC intercepté
		m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²
RUE CLAUDE DEBUSSY													
RUE CLAUDE DEBUSSY	CD 1							521	521	355	111	33	22
	CD 2							220	220	130	48	32	9
	CD3							540	540	338	101	68	34
	ng1 CD						18	18	0		18	0	0
RUE PASTEUR													
RUE PASTEUR	i1 PA1	74	74										
	PA 1							346	420	344	15	43	18
	PA 2							565	565	487	0	66	12
	i1 PA3	63	63										
	PA 3							335	398	324	0	54	20
	PA 4							128	128	96	0	22	10
	PA 5							111	111	93	0	10	8
	PA 6							107	107	75	0	22	10
	PA 7							510	510	425	0	79	6
	PA 8							250	250	216	0	24	10
	PA 9							156	156	113	0	33	10
	PA 10							153	153	110	0	33	10
	PA 11							812	812	747	0	45	20
	PA 12							174	174	163	0	0	11
	PA 13							403	403	325	0	44	33
	PA 14							124	124	92	0	22	10
	PA 15							163	163	144	0	0	19
Allée K													
Allée K	AK3							83	83	52	0	20	11
	AK4							130	130	84	0	35	11
	AK5							135	135	89	0	35	11
Allée I													
Allée I	AI 1							480	480	190	181		109
	ng AI1						159	159	0		14		
	AI 2							210	210	110	69		31
	AI 3							380	380	342	30		8
	AI 4							108	108	71	31		6
	AI 5							407	407	219	175		14
Allée J													
Allée J	AJ 1							241	241	99	74		68
	ng1 AJ						21	21	0				
	AJ 2							192	192	94	68		30
	AJ 3							353	353	172	112		69
	AJ 4							404	438	282	64	17	75
	i1 AJ4		34										

Coef PC	Coef PF	Sondage Matsuo	Perméabilité mesurée
			m/s
0,58	0,80	M8	1,30E-05
0,55	0,78	M8	1,30E-05
0,56	0,81	M8	1,30E-05
0,71	0,91	M12	2,30E-05
0,75	0,93	M12	2,30E-05
0,72	0,93	M12	2,30E-05
0,69	0,92	M12	2,30E-05
0,72	0,94	FM2	2,44E-05
0,66	0,91	FM2	2,44E-05
0,74	0,92	FM2	2,44E-05
0,74	0,93	FM2	2,44E-05
0,69	0,91	FM2	2,44E-05
0,68	0,91	FM2	2,44E-05
0,76	0,94	FM2	2,44E-05
0,75	0,95	M14	1,40E-05
0,70	0,93	M14	1,40E-05
0,68	0,92	M14	1,40E-05
0,71	0,96	M14	1,40E-05
0,62	0,91	M14	1,40E-05
0,65	0,90	M14	1,40E-05
0,66	0,90	M14	1,40E-05
0,32	0,72	M10	3,90E-06
0,42	0,74	M10	3,90E-06
0,72	0,90	M8	1,30E-05
0,53	0,77	M8	1,30E-05
0,43	0,67	M8	1,30E-05
0,33	0,76	M11	7,40E-07
0,39	0,73	M11	7,40E-07
0,39	0,75	M11	7,40E-07
0,53	0,86	M11	7,40E-07

		Surfaces interceptées (hors périmètre de projet)					Surfaces de projet non gérées	Surface de projet dont les pluies sont gérées	Surfaces de bassins versants gérés, dont BV intercepté - (hors "non géré")								
Bassin versant		Surface totale interceptée	Voirie / imperméabilisé	EV sans infiltration	pavés non jointé	espace vert avec Infiltration	Surface de projet dont les pluies sont renvoyées directement au réseau	Surface totale de projet (surface yc non géré, mais pas les intercepté)	Surface totale	Voiries YC intercepté	Espaces verts sans infiltration YC intercepté	Pavés non jointés YC intercepté	Espace vert avec Infiltration YC intercepté	Coef PC	Coef PF	Sondage Matsuo	Perméabilité mesurée
		m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²				m/s
Allée F																	
Allée F	AF1							461	461	246	118	20	77	0,45	0,78	FM1	2,26E-05
	AF2							1 512	1 512	947	329	145	91	0,55	0,79	FM1	2,26E-05
RUE FREDERIC CHOPIN																	
RUE FREDERIC CHOPIN	FC3							372	748	671	22	34	21	0,74	0,92	M13	2,30E-05
	i1 FC3	376	331	11	34												
	FC4							175	175	136	0	32	7	0,71	0,92	M13	2,30E-05
	FC5							200	200	155	0	38	7	0,72	0,91	M13	2,30E-05
	FC6							145	145	130	0	0	15	0,72	0,96	M13	2,30E-05
	FC7							305	305	204	0	60	41	0,63	0,92	M13	2,30E-05
	FC9							75	75	56	0	0	19	0,60	0,96	M13	2,30E-05
	FC10							110	110	70	0	30	10	0,65	0,90	M13	2,30E-05
	FC11							161	161	110	0	30	21	0,64	0,92	M13	2,30E-05
	FC12							988	988	596	142	141	109	0,55	0,83	M13	2,30E-05
	FC13							353	353	216	22	75	40	0,60	0,87	M13	2,30E-05
	FC14							237	237	228	0	0	10	0,77	0,95	M15	1,30E-06
	FC15							120	120	90	0	0	30	0,60	0,96	M15	1,30E-06
PARVIS EGLISE																	
Parvis Eglise	PE 1							704	806	404	343	0	59	0,40	0,68	M15	1,30E-06
	i1 PE1	62	12	50													
	i2 PE1	40		40													
	PE 2							1 169	1 203	706	386	0	111	0,47	0,75	M15	1,30E-06
	i1 PE2	34	0	34								0	0				

Bassin versant	Surfaces interceptées (hors périmètre de projet)					Surfaces de projet non gérées	Surface de projet dont les pluies sont gérées	Surfaces de bassins versants gérés, dont BV intercepté - (hors "non géré")				
	Surface totale interceptée	Voirie / imperméabilisé	EV sans infiltration	pavés non jointé	espace vert avec Infiltration	Surface de projet dont les pluies sont renvoyées directement au réseau	Surface totale de projet (surface yc non géré, mais pas les intercepté)	Surface totale	Voiries YC intercepté	Espaces verts sans infiltration YC intercepté	Pavés non jointés YC intercepté	Espace vert avec Infiltration YC intercepté
	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²
BOULEVARD DU MARECHAL DE LATTRE DE TASSIGNY												
TASSIGNY	TA 1						234	234	207	0	21	6
	TA 2						85	85	54	0	21	10
	TA 3						189	289	179	100	0	10
	i1 TA3	100		100								
	TA 4						238	349	198	111	30	10
	i1 TA4	111		111								
	TA 5						246	246	201	6	30	9
	TA 6 + TA7						725	725	633	4	64	24
	TA 8						198	198	140	0	38	20
	TA 9						109	109	76	0	23	10
	TA 10						227	227	169	0	44	14
	TA 11						131	131	122	0	0	9
	TA 12						208	208	198	0	0	10
	TA 13						233	233	222	0	0	11
	TA 14						103	103	93	0	0	10
	TA 15						455	455	387	0	54	14
	TA 16						660	660	614	0	0	46
	ng1 TA					267	267	0		17		
	ng2 TA					97	97	0		17		
TOTAL						1 249	30 953	33 639	21 247	7 076	2 698	3 043

Coef PC	Coef PF	Sondage Matsuo	Perméabilité mesurée
			m/s
0,75	0,93	M15	1,30E-06
0,63	0,91	M15	1,30E-06
0,50	0,73	M17	5,00E-06
0,50	0,73	M17	5,00E-06
0,71	0,91	M17	5,00E-06
0,74	0,93	M17	5,00E-06
0,66	0,92	M17	5,00E-06
0,66	0,91	M17	5,00E-06
0,69	0,91	M17	5,00E-06
0,75	0,95	M17	5,00E-06
0,76	0,95	M15	1,30E-06
0,76	0,95	M15	1,30E-06
0,72	0,95	M15	1,30E-06
0,74	0,93	M15	1,30E-06
0,74	0,95	M17	5,00E-06
0,55	0,34		

Bassin versant

PLUIE COURANTE			DIMENSIONS DES OUVRAGES					INFILTRATION					
Surface active	Coefficient de ruissellement	Volume à stocker	Dispositif	Hauteur de stockage en surface	Surface d'infiltration	Volume de rétention en surface	Substrat	Vitesse d'infiltration	Volume infiltré pendant la pluie	Volume restant à stocker	Volume surversant	Part de la pluie gérée en surface	Temps d'infiltration
m²	/	m³		m	m²	m3		m/s	m3	m3	m3		h

BD DU MARECHAL LECLERC

Maréchal Leclerc	ng1 ML														
	ML1a	142	0,16	1,4	Noue paysagère	0,30	62	34,42	Terre seule	1,00E-06	0,89	0,52	0,0	100%	6
	PP13 a														
	PP13 b														
	PP13 c														
	PP13 d														
	i1 ML1B														
	ML1b	1 461	0,42	14,6	Noue paysagère	0,30	149	84,42	Terre seule	1,00E-06	2,15	12,45	0,0	100%	27
	i1 ML1C														
	ML1c	95	0,06	0,9	Noue paysagère	0,30	319	166,22	Terre seule	1,00E-06	0,95	0,00	0,0	100%	1
	ML2 + ML3	198	0,63	2,0	Arbre	0,05	20	1,00	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,98	0,00	0,0	100%	1
	ML4	58	0,61	0,6	Arbre	0,05	15	0,75	Terre seule	1,00E-06	0,22	0,36	0,0	100%	11
	ML5	48	0,64	0,5	Arbre	0,05	15	0,75	Terre seule	1,00E-06	0,22	0,26	0,0	100%	9
	ML6	124	0,65	1,2	Arbre	0,05	15	0,75	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,24	0,00	0,0	100%	1
	ML7 + ML8	194	0,35	1,9	Arbre	0,05	20	1,00	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,94	0,00	0,0	100%	1
	ML9	249	0,43	2,5	Arbre	0,05	15	0,75	Terre + bille 5%	2,60E-05	2,49	0,00	0,0	100%	2
	ML10	108	0,48	1,1	Arbre	0,05	16	0,78	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,08	0,00	0,0	100%	1
	ML11a	120	0,46	1,2	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,20	0,00	0,0	100%	1
	ML11b	139	0,41	1,4	Arbre	0,05	15	0,75	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,39	0,00	0,0	100%	1
	ML12	118	0,75	1,2	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,18	0,00	0,0	100%	1
	ML13	126	0,75	1,3	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,26	0,00	0,0	100%	1
	ML14	40	0,67	0,4	Arbre	0,05	10	0,50	Terre seule	1,00E-06	0,14	0,26	0,0	100%	11
	ML15	197	0,72	2,0	Arbre	0,05	16	0,80	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,97	0,00	0,0	100%	1
	ML16	96	0,70	1,0	Arbre	0,05	18	0,90	Terre seule	1,00E-06	0,26	0,70	0,0	100%	15
	ML17	101	0,73	1,0	Arbre	0,05	13	0,65	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,01	0,00	0,0	100%	1
	ML18	99	0,72	1,0	Arbre	0,05	13	0,65	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,99	0,00	0,0	100%	1
	ML19	105	0,71	1,0	Arbre	0,05	16	0,80	Terre seule	1,00E-06	0,23	0,82	0,0	98%	18
	ML20a	276	0,67	2,8	Noue urbaine	0,20	69	13,70	Terre seule	1,00E-06	0,99	1,77	0,0	100%	11
	ML20b	171	0,63	1,7	Noue urbaine	0,20	56	11,20	Terre seule	1,00E-06	0,81	0,91	0,0	100%	8
	ML21	86	0,47	0,9	Noue urbaine	0,10	74	7,40	Terre seule	1,00E-06	0,86	0,00	0,0	100%	3
	ML22	55	0,39	0,6	Noue urbaine	0,10	60	6,00	Terre seule	1,00E-06	0,55	0,00	0,0	100%	3
	ML23	100	0,64	1,0	Arbre	0,05	21	1,05	Terre seule	1,00E-06	0,30	0,70	0,0	100%	13
	ML24	45	0,64	0,4	Arbre	0,05	14	0,70	Terre seule	1,00E-06	0,20	0,25	0,0	100%	9
	ML25	63	0,63	0,6	Arbre	0,05	14	0,70	Terre seule	1,00E-06	0,20	0,43	0,0	100%	12
	ML26	198	0,73	2,0	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,98	0,00	0,0	100%	2
	ML27	89	0,67	0,9	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,89	0,00	0,0	100%	1
	ML28	97	0,69	1,0	Arbre	0,05	19	0,95	Terre seule	1,00E-06	0,27	0,69	0,0	100%	14
	ML29	148	0,62	1,5	Arbre	0,05	40	1,98	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,48	0,00	0,0	100%	0
	ML30	208	0,65	2,1	Noue urbaine	0,25	60	15,00	Terre seule	1,00E-06	0,86	1,22	0,0	100%	10
	ML31	153	0,61	1,5	Noue urbaine	0,25	59	14,75	Terre seule	1,00E-06	0,85	0,68	0,0	100%	7
	ML32	66	0,47	0,7	Noue urbaine	0,15	57	8,55	Terre seule	1,00E-06	0,66	0,00	0,0	100%	3
	ML33	70	0,46	0,7	Noue urbaine	0,15	63	9,45	Terre seule	1,00E-06	0,70	0,00	0,0	100%	3

Bassin versant			PLUIE COURANTE			DIMENSIONS DES OUVRAGES					INFILTRATION							
			Surface active	Coefficient de ruissellement	Volume à stocker	Dispositif	Hauteur de stockage en surface	Surface d'infiltration	Volume de rétention en surface	Substrat	Vitesse d'infiltration	Volume infiltré prenant la pluie	Volume restant à stocker	Volume surversant	Part de la pluie gérée en surface	Temps d'infiltration		
			m²	/	m³		m	m²	m3		m/s	m3	m3	m3		h		
RUE CLAUDE DEBUSSY			CD 1	301	0,58	3,0	Arbre	0,05	22	1,10	Terre + bille 5%	2,60E-05	3,01	0,00	0,0	100%	1	
RUE CLAUDE DEBUSSY			CD 2	120	0,55	1,2	Arbre	0,05	9	0,47	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,20	0,00	0,0	100%	1	
			CD3	304	0,56	3,0	Arbre	0,05	34	1,68	Terre + bille 5%	2,60E-05	3,04	0,00	0,0	100%	1	
ng1 CD																		
RUE PASTEUR			i1 PA1															
RUE PASTEUR			PA 1	297	0,71	3,0	Arbre	0,05	18	0,88	Terre + bille 5%	2,60E-05	2,97	0,00	0,0	100%	2	
			PA 2	423	0,75	4,2	Arbre	0,05	12	0,58	Terre + bille 5%	2,60E-05	4,23	0,00	0,0	100%	4	
			i1 PA3															
			PA 3	286	0,72	2,9	Arbre	0,05	20	1,00	Terre + bille 5%	2,60E-05	2,86	0,00	0,0	100%	2	
			PA 4	88	0,69	0,9	Arbre	0,05	10	0,51	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,88	0,00	0,0	100%	1	
			PA 5	80	0,72	0,8	Arbre	0,05	8	0,39	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,80	0,00	0,0	100%	1	
			PA 6	71	0,66	0,7	Arbre	0,05	10	0,51	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,71	0,00	0,0	100%	1	
			PA 7	380	0,74	3,8	Arbre	0,05	6	0,30	Terre + bille 5%	2,60E-05	2,24	1,55	1,3	67%	7	
			PA 8	185	0,74	1,8	Arbre	0,05	10	0,51	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,85	0,00	0,0	100%	2	
			PA 9	107	0,69	1,1	Arbre	0,05	10	0,51	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,07	0,00	0,0	100%	1	
			PA 10	105	0,68	1,0	Arbre	0,05	10	0,51	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,05	0,00	0,0	100%	1	
			PA 11	620	0,76	6,2	Arbre	0,05	20	1,00	Terre + bille 5%	2,60E-05	6,20	0,00	0,0	100%	3	
			PA 12	131	0,75	1,3	Arbre	0,05	11	0,53	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,31	0,00	0,0	100%	1	
			PA 13	282	0,70	2,8	Arbre	0,05	33	1,67	Terre + bille 5%	2,60E-05	2,82	0,00	0,0	100%	1	
			PA 14	85	0,68	0,8	Arbre	0,05	10	0,51	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,85	0,00	0,0	100%	1	
PA 15	115	0,71	1,1	Arbre	0,05	19	0,97	Terre seule	1,00E-06	0,28	0,87	0,0	100%	17				
Allée K			AK3	52	0,62	0,5	Arbre	0,05	11	0,55	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,52	0,00	0,0	100%	1	
Allée K			AK4	85	0,65	0,8	Arbre	0,05	11	0,55	Terre seule	1,00E-06	0,16	0,69	0,1	84%	21	
			AK5	89	0,66	0,9	Arbre	0,05	11	0,55	Terre seule	1,00E-06	0,16	0,73	0,2	80%	22	
Allée I			AI 1	152	0,32	1,5	Noue paysagère	0,20	109	21,80	Terre seule	1,00E-06	1,52	0,00	0,0	100%	4	
Allée I			ng AI1															
			AI 2	88	0,42	0,9	Noue paysagère	0,20	31	6,20	Terre seule	1,00E-06	0,45	0,43	0,0	100%	8	
			AI 3	274	0,72	2,7	Noue paysagère	0,20	8	1,60	Terre + bille 5%	2,60E-05	2,74	0,00	0,0	100%	4	
			AI 4	57	0,53	0,6	Noue paysagère	0,20	6	1,20	Terre seule	1,00E-06	0,09	0,48	0,0	100%	26	
			AI 5	175	0,43	1,8	Noue paysagère	0,30	14	4,05	Terre seule	1,00E-06	0,19	1,56	0,0	100%	36	
Allée J			AJ 1	79	0,33	0,8	Noue urbaine	0,30	68	20,40	Terre seule	1,00E-06	0,79	0,00	0,0	100%	3	
Allée J			ng1 AJ															
			AJ 2	75	0,39	0,8	Noue urbaine à étage	0,30	30	9,00	Terre seule	1,00E-06	0,43	0,32	0,0	100%	7	
			AJ 3	138	0,39	1,4	Noue urbaine à étage	0,30	69	20,70	Terre seule	1,00E-06	0,99	0,38	0,0	100%	6	
			AJ 4	234	0,53	2,3	Noue urbaine à étage	0,30	75	22,50	Terre seule	1,00E-06	1,08	1,26	0,0	100%	9	
			i1 AJ4															

[illegible]

Bassin versant

PLUIE COURANTE			DIMENSIONS DES OUVRAGES					INFILTRATION					
Surface active	Coefficient de ruissellement	Volume à stocker	Dispositif	Hauteur de stockage en surface	Surface d'infiltration	Volume de rétention en surface	Substrat	Vitesse d'infiltration	Volume infiltré pendant la pluie	Volume restant à stocker	Volume surversant	Part de la pluie gérée en surface	Temps d'infiltration
m²	/	m³		m	m²	m3		m/s	m3	m3	m3		h
ATTRE DE TASSIGNY													
176	0,75	1,8	Arbre	0,05	6	0,30	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,76	0,00	0,0	100%	3
54	0,63	0,5	Arbre	0,05	10	0,50	Terre seule	1,00E-06	0,14	0,39	0,0	100%	15
143	0,50	1,4	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,43	0,00	0,0	100%	2
173	0,50	1,7	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,73	0,00	0,0	100%	2
176	0,71	1,8	Arbre	0,05	9	0,45	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,76	0,00	0,0	100%	2
539	0,74	5,4	Arbre	0,05	24	1,19	Terre + bille 5%	2,60E-05	5,39	0,00	0,0	100%	2
131	0,66	1,3	Arbre	0,05	20	1,00	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,31	0,00	0,0	100%	1
72	0,66	0,7	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,72	0,00	0,0	100%	1
157	0,69	1,6	Arbre	0,05	14	0,69	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,57	0,00	0,0	100%	1
98	0,75	1,0	Arbre	0,05	9	0,45	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,98	0,00	0,0	100%	1
158	0,76	1,6	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,58	0,00	0,0	100%	2
178	0,76	1,8	Arbre	0,05	11	0,55	Terre + bille 5%	2,60E-05	1,78	0,00	0,0	100%	2
74	0,72	0,7	Arbre	0,05	10	0,50	Terre + bille 5%	2,60E-05	0,74	0,00	0,0	100%	1
337	0,74	3,4	Arbre	0,05	14	0,68	Terre + bille 5%	2,60E-05	3,37	0,00	0,0	100%	3
491	0,74	4,9	Arbre	0,05	46	2,29	Terre + bille 5%	2,60E-05	4,91	0,00	0,0	100%	1
					0								
					0								
18 609	0,55	186			3 024	712						99%	

BOULEVARD DU MARECHAL DE LATTRE DE TASSIGNY

Bassin versant

10

erc

432	0.47	0.56	15	1 h a 6 h	344.6					62		0.30	0.35	34	62	34	20	7	ML1a > ML1b > ML1c
2 458	0.71	1.44	97	1 h a 6 h	395.7					160		0.30	0.35	84	160	84	-13	19	PP13 abcd > ML1b > ML1c
732	0.44	2.01	19	6 h a 96 h	261.8					222.80		0.30	0.35	166	223	166	147	3	
272	0.86	0.39	9	1 h a 6 h	338.8	43	0.54	0.50	9			0.05	0	43	9	-1	7		ML2 > ML3 > ML4 > ML5 > ML6
67	0.92	0.20	2	6 h a 96 h	273.7	22	0.50	0.50	4			0.05	0	22	4	2	3		ML2 > ML3 > ML4 > ML5 > ML6
72	0.86	0.10	2	1 h a 6 h	340.8	11	0.50	0.50	2			0.05	0	11	2	0	7		ML2 > ML3 > ML4 > ML5 > ML6
170	0.90	0.49	4	6 h a 96 h	259.3	54	0.50	0.50	11			0.05	0	54	11	6	3		ML2 > ML3 > ML4 > ML5 > ML6
342	0.61	0.20	14	1 h a 6 h	396.4	22	0.68	0.90	9			0.05	0	22	9	-5	19		ML7 > ML8 > ML9 > ML10 > ML11
388	0.67	0.49	13	1 h a 6 h	346.4	54	0.78	0.90	22			0.05	0	54	22	8	8		ML7 > ML8 > ML9 > ML10 > ML11
166	0.74	0.10	7	1 h a 6 h	394.5	11	0.50	0.90	4			0.05	0	11	4	-2	18		ML7 > ML8 > ML9 > ML10 > ML11
185	0.70	0.20	7	1 h a 6 h	356.0	22	0.50	0.90	9			0.05	0	22	9	2	9		ML7 > ML8 > ML9 > ML10 > ML11
226	0.67	0.20	8	1 h a 6 h	368.6	22	0.50	0.90	9			0.05	0	22	9	0	12		ML7 > ML8 > ML9 > ML10 > ML11
150	0.95	0.09	6	1 h a 6 h	393.9	10	0.59	0.60	3			0.05	0	10	3	-3	18		ML12 > ML13 > ML14 > ML15
160	0.95	0.33	4	6 h a 96 h	280.0	51	0.50	0.60	13			0.05	0	51	13	8	4		ML12 > ML13 > ML14 > ML15
58	0.96	0.07	2	1 h a 6 h	346.8	11	0.50	0.60	3			0.05	0	11	3	1	8		ML12 > ML13 > ML14 > ML15
255	0.93	0.28	9	1 h a 6 h	354.6	43	0.51	0.60	11			0.05	0	43	11	2	9		ML12 > ML13 > ML14 > ML15
132	0.96	0.07	5	1 h a 6 h	401.2	11	0.50	0.60	3			0.05	0	11	3	-3	21		ML16 > ML17 > ML18 > ML19
133	0.95	0.21	4	1 h a 6 h	333.1	32	0.50	0.60	8			0.05	0	32	8	4	6		ML16 > ML17 > ML18 > ML19
131	0.95	0.17	5	1 h a 6 h	344.5	26	0.50	0.60	7			0.05	0	26	7	2	7		ML16 > ML17 > ML18 > ML19
140	0.96	0.21	5	1 h a 6 h	334.6	33	> 0.50	0.60	8			0.05	0	33	8	4	6		ML16 > ML17 > ML18 > ML19
396	0.96	0.45	14	1 h a 6 h	353.0					69		0.20	0.25	12	69	12	-2	9	ML20a > ML20b
259	0.96	0.36	9	1 h a 6 h	339.5					56		0.20	0.25	10	56	10	1	7	ML20a > ML20b
177	0.97	0.48	5	6 h a 96 h	262.2					74		0.10	0.15	6	74	6	1	3	Independent
130	0.93	0.39	3	6 h a 96 h	256.2					60		0.10	0.15	5	60	5	1	2	Independent
144	0.92	0.14	5	1 h a 6 h	361.0	32	0.50	0.80	11			0.05	0	32	11	6	10		ML26 > ML25 > ML24 > ML23
67	0.96	0.05	3	1 h a 6 h	380.7	11	0.50	0.80	4			0.05	0	11	4	1	14		ML26 > ML25 > ML24 > ML23
92	0.92	0.10	3	1 h a 6 h	356.1	22	0.50	0.80	8			0.05	0	22	8	4	9		ML26 > ML25 > ML24 > ML23
249	0.92	0.09	11	1 h a 6 h	431.3	20	0.50	0.80	7			0.05	0	20	7	-4	33		ML26 > ML25 > ML24 > ML23
120	0.91	0.14	4	1 h a 6 h	349.5	32	0.50	0.50	6			0.05	0	32	6	2	8		ML29 > ML28 > ML27
134	0.96	0.09	5	1 h a 6 h	383.6	21	0.50	0.50	4			0.05	0	21	4	-1	15		ML29 > ML28 > ML27
222	0.92	0.18	8	1 h a 6 h	372.8	41	0.50	0.50	8			0.05	0	41	8	0	13		ML29 > ML28 > ML27
307	0.96	0.27	11	1 h a 6 h	369.1					60		0.25	0.30	11	60	11	-1	12	Independent
240	0.96	0.26	9	1 h a 6 h	354.7					59		0.25	0.30	10	59	10	2	9	Independent
136	0.97	0.25	4	6 h a 96 h	286.8					57		0.15	0.20	4	57	4	0	4	Independent
146	0.97	0.28	4	6 h a 96 h	284.7					63		0.15	0.20	4	63	4	0	4	Independent
0.																			

Bassin versant		PLUIE 20 ANS					STOCKAGE ENTERRE				NOUE OU FOSSE D'ARBRE DECAISSEE					TOTAL					
		Surface active	Coefficient de ruissellement	Débit d'infiltration	Volume à stocker retenu	Durée de pluie	Volume spécifique	Surface infiltration souterraine	Largeur abaissement bordure	Hauteur moyenne de la tranchée drainante, avec marge	Volume rétention (capacité de l'ouvrage)	Surface noue	Surface berges noue	Hauteur d'eau max	Profondeur avec marge	Volume rétention	Surface d'infiltration totale	Volume de rétention total	Volume supplémentaire ou débordement	Temps de vidange	Commentaires
m²	/	L/s	m³		m³/ha actif	m²	m		m³	m²	m	m		m³	m²	m³	m3	h	m³		
RUE CLAUDE DEBUSSY																					
CD 1		417	0.80	0.21	17	1 h à 6 h	405.3	33	0.83	0.80	11			0.05	0	33	11	-5	22	CD1 > CD2	
CD 2		172	0.78	0.25	6	1 h à 6 h	338.1	38	0.50	0.80	13			0.05	0	38	13	7	7	CD1 > CD2	
CD3		435	0.81	0.46	16	1 h à 6 h	357.6	70	0.87	0.60	18			0.05	0	70	18	2	10	Indépendant	
ng1 CD		0																		Non géré	
RUE PASTEUR																					
i1 PA 1		382	0.91	0.49	13	1 h à 6 h	344.3	43	0.76	0.80	15			0.05	0	43	15	2	7	Indépendant	
PA 1		524	0.93	0.53	19	1 h à 6 h	359.7	46	1.05	1.00	21			0.05	0	46	21	2	10	Indépendant	
i1 PA3		368	0.93	0.62	11	6 h à 96 h	294.0	54	0.74	0.50	11			0.05	0	54	11	0	5	PA3 > PA4	
PA 3		118	0.92	0.25	3	6 h à 96 h	277.6	22	0.50	0.50	4			0.05	0	22	4	1	4	PA3 > PA4	
PA 4		104	0.94	0.29	3	6 h à 96 h	260.2	24	0.50	0.70	7			0.05	0	24	7	4	3	PA8 > PA7 > PA6 > PA5	
PA 5		97	0.91	0.27	3	6 h à 96 h	261.5	22	0.50	0.70	7			0.05	0	22	7	4	3	PA8 > PA7 > PA6 > PA5	
PA 6		469	0.92	0.57	16	1 h à 6 h	347.9	47	0.94	0.70	14			0.05	0	47	14	-2	8	PA8 > PA7 > PA6 > PA5	
PA 7		233	0.93	0.28	8	1 h à 6 h	348.8	23	0.50	0.70	7			0.05	0	23	7	-1	8	PA8 > PA7 > PA6 > PA5	
PA 8		142	0.91	0.40	4	6 h à 96 h	260.1	33	0.50	1.00	15			0.05	0	33	15	11	3	PA11 > PA10 > PA9	
PA 9		140	0.91	0.40	4	6 h à 96 h	259.0	33	0.50	1.00	15			0.05	0	33	15	11	3	PA11 > PA10 > PA9	
PA 10		763	0.94	0.40	31	1 h à 6 h	403.5	33	1.53	1.00	15			0.05	0	33	15	-16	21	PA11 > PA10 > PA9	
PA 11		166	0.95	0.21	6	1 h à 6 h	347.1	29	0.50	0.80	10			0.05	0	29	10	5	8	PA13 > PA12	
PA 12		375	0.93	0.31	14	1 h à 6 h	373.0	44	0.75	0.80	15			0.05	0	44	15	1	13	PA13 > PA12	
PA 13		114	0.92	0.09	4	1 h à 6 h	378.4	12	0.50	0.80	4			0.05	0	12	4	0	14	PA15 > PA14	
PA 14		156	0.96	0.16	6	1 h à 6 h	360.5	22	0.50	0.80	8			0.05	0	22	8	2	10	PA15 > PA14	
PA 15		0																			
Allée K																					
AK3		75	0.91	0.25	2	6 h à 96 h	251.4	35	0.50	0.40	5			0.05	0	35	5	3	2	Indépendant	
AK4		117	0.90	0.25	3	6 h à 96 h	279.2	35	0.50	0.40	5			0.05	0	35	5	2	4	Indépendant	
AK5		122	0.90	0.25	3	6 h à 96 h	281.9	35	0.50	0.40	5			0.05	0	35	5	2	4	Indépendant	
Allée I																					
AI 1		344	0.72	0.21	13	1 h à 6 h	392.0					109	0.00	0.20	0.25	14	109	14	1	18	Indépendant
ng AI1																				Non géré	
AI 2		156	0.74	0.06	7	1 h à 6 h	425.5				31	0.00	0.20	0.25	7	31	7	0	31	Indépendant	
AI 3		342	0.90	0.05	18	6 h à 96 h	522.8				8	0.00	0.20	0.25	1	8	1	-17	95	A13 > AI4 > AI5 > ML1c	
AI 4		83	0.77	0.04	3	1 h à 6 h	411.1				6	0.00	0.20	0.25	1	6	1	-2	24	A13 > AI4 > AI5 > ML1c	
AI 5		274	0.67	0.09	12	6 h à 96 h	437.4				14	0.00	0.30	0.35	22	14	22	10	38	A13 > AI4 > AI5 > ML1c	
Allée J																					
AJ 1		184	0.78	0.03	10	6 h à 96 h	536.4		0.00		0	68	0.00	0.30	0.35	10	68	10	0	109	Indépendant
ng1 AJ																				Non géré	
AJ 2		140	0.73	0.02	7	6 h à 96 h	517.3	30	0.30		5	30	0.00	0.30	0.35	6	60	10	3	90	Indépendant
AJ 3		266	0.75	0.05	13	6 h à 96 h	494.5	69	0.30		10	69	0.00	0.30	0.35	13	138	23	10	72	Indépendant
AJ 4		374	0.86	0.06	20	6 h à 96 h	526.0	75	0.30		11	75	0.00	0.30	0.35	13	150	24	4	99	Indépendant
i1 AJ4																					
0																					

[illegible]

Bassin versant

BOULEVARD DU MARECHAL DE LATT

TASSIGNY

PLUIE 20 ANS						STOCKAGE ENTERRE				NOUE OU FOSSE D'ARBRE DECAISSEE					TOTAL				
Surface active	Coefficient de ruissellement	Débit d'infiltration	Volume à stocker retenu	Durée de pluie	Volume spécifique	Surface infiltration souterraine	Largeur abaissement bordure	Hauteur moyenne de la tranchée drainante, avec marge	Volume rétention (capacité de l'ouvrage)	Surface noue	Surface berges noue	Hauteur d'eau max	Profondeur avec marge	Volume rétention	Surface d'infiltration totale	Volume de rétention total	Volume supplémentaire ou débordement	Temps de vidange	Commentaires
m²	/	L/s	m³		m³/ha actif	m²	m		m³	m²	m	m		m³	m²	m³	m3	h	m²
0																			
218	0.93	0.02	13	6 h à 96 h	588.6	29	0.50	0.90	12				0.05	0	29	12	-1	193	Indépendant
77	0.91	0.01	4	6 h à 96 h	498.5	22	0.50	0.90	9				0.05	0	22	9	5	75	Indépendant
210	0.73	0.05	10	6 h à 96 h	464.1	21	0.50	0.90	8				0.05	0	21	8	-1	52	Indépendant
0																			
254	0.73	0.08	11	6 h à 96 h	439.1	32	0.51	0.90	13				0.05	0	32	13	2	39	Indépendant
0																			
224	0.91	0.08	10	6 h à 96 h	429.6	31	0.50	0.90	12				0.05	0	31	12	3	35	Indépendant
675	0.93	0.16	32	6 h à 96 h	471.9	63	1.35	1.10	32				0.05	0	63	32	0	96	TA7>TA6
182	0.92	0.08	8	1 h à 6 h	418.2	31	0.50	0.60	8				0.05	0	31	8	0	27	Indépendant
99	0.91	0.08	4	1 h à 6 h	376.4	31	0.50	0.40	5				0.05	0	31	5	1	13	Indépendant
208	0.91	0.06	9	6 h à 96 h	462.9	23	0.50	0.80	8				0.05	0	23	8	-1	45	TA10>TA11
125	0.95	0.05	5	1 h à 6 h	419.4	21	0.50	0.80	7				0.05	0	21	7	2	28	TA10>TA11
198	0.95	0.02	12	6 h à 96 h	605.9	25	0.50	1.20	14				0.05	0	25	14	2	205	Indépendant
222	0.95	0.02	14	6 h à 96 h	616.8	26	0.50	1.20	14				0.05	0	26	14	1	225	Indépendant
98	0.95	0.01	6	6 h à 96 h	610.9	12	0.50	1.20	7				0.05	0	12	7	1	214	TA14>TA15
422	0.93	0.03	26	6 h à 96 h	615.2	50	0.84	1.20	28				0.05	0	50	28	2	222	TA14>TA15
629	0.95	0.26	27	1 h à 6 h	421.3	103	1.26	0.80	36				0.05	0	103	36	10	29	Indépendant
0	0.00						0.50												Non géré
0																			Non géré
TOTAL	27 247	0.81	1 086			2 369			747					632		1 379			

Bassin versant	BV intercepté		Déborde vers		PLUIE 50 ANS						PLUIE 100 ANS					
	m3	m3			Volume à stocker	Volume spécifique	Surplus 20 ans	Débordement ouvrage	Volume récupéré en point bas	Temps de vidange débordement	Volume à stocker	Volume spécifique	Surplus 20 ans	Débordement ouvrage	Volume récupéré en point bas	Temps de vidange débordement
					m³	m³/ha actif	m3	m3	m3	h	m³	m³/ha actif	m3	m3	m3	h
Marchal leclerc	ng1 ML	Aucun		ML1 b	19	435,2	3,9	0,0	0,0		22	512,9	7,3	0,0	0,0	
	ML1a															
	PP13 a															
	PP13 b															
	PP13 c															
	PP13 d															
	i1 ML1B															
	ML1b	PP	ML 1c		121	492,8	23,9	36,7	65,2	13	142	575,9	44,3	57,2	94,6	18
	i1 ML1C															
	ML1c	ML1c / A5		INFILTRATION + RESEAU	24	329,9	5,0	0,0	28,5	4	28	380,7	8,7	0,0	37,4	5
	ML2 + ML3	ML4			12	428,6	2,4	3,1	3,1		14	505,7	4,5	5,2	5,2	
	ML4	ML5			3	344,7	0,6	0,0	3,1		3	398,3	1,1	0,0	5,2	
	ML5	ML6			3	430,9	0,6	0,9	4,0		4	508,1	1,2	1,5	6,6	
	ML6	ML5		INFILTRATION SEULE	6	326,7	1,1	0,0	4,0	2	6	376,9	2,0	0,0	6,6	4
	ML7 + ML8	ML7		ML9	17	493,6	3,3	8,1	8,1		20	576,9	6,2	10,9	10,9	
	ML9	ML8		ML10	17	437,2	3,5	0,0	8,1		20	515,1	6,5	0,0	10,9	
	ML10	ML9		ML11a	8	491,5	1,6	3,8	11,8		10	574,5	3,0	5,1	16,1	
	ML11a	ML10		ML112	8	448,2	1,7	0,0	11,8		10	527,1	3,2	0,9	17,0	
	ML11b	ML11a		INFILTRATION SEULE	10	462,4	2,1	1,6	13,5	19	12	542,7	3,9	3,4	20,4	29
	ML12	Aucun		ML13	7	490,8	1,4	4,8	4,8		9	573,7	2,7	6,1	6,1	
	ML13	ML12		ML14	6	352,5	1,2	0,0	4,8		7	407,6	2,0	0,0	6,1	
	ML14	ML13		ML15	3	437,7	0,5	0,0	4,8		3	515,7	1,0	0,2	6,3	
	ML15	ML14		INFILTRATION SEULE	11	446,5	2,3	0,6	5,5	5	13	525,3	4,4	2,6	8,9	9
	ML16	Aucun		ML17	7	498,9	1,3	3,8	3,8		8	582,6	2,4	4,9	4,9	
	ML17	ML16		ML18	6	422,1	1,2	0,0	3,8		7	498,5	2,2	0,0	4,9	
	ML18	ML17		ML19	6	435,1	1,2	0,0	3,8		7	512,8	2,2	0,2	5,1	
	ML19	ML18		INFILTRATION SEULE	6	423,8	1,3	0,0	3,8	5	7	500,4	2,3	0,0	5,1	7
	ML20a	Aucun		ML20b	18	444,7	3,6	5,4	5,4		21	523,3	6,7	8,5	8,5	
	ML20b	ML20a / AJ4		INFILTRATION SEULE	11	429,5	2,3	1,2	13,7	10	13	506,6	4,3	3,2	30,3	23
	ML21	Aucun		INFILTRATION SEULE	6	330,4	1,2	0,2	0,2		7	381,3	2,1	1,1	1,1	
	ML22	Aucun		INFILTRATION SEULE	4	322,9	0,9	0,0	0,2		5	372,4	1,5	0,3	1,4	
	ML23	ML24		INFILTRATION SEULE	7	453,8	1,3	0,0	6,3	12	8	533,3	2,5	0,0	8,6	17
	ML24	ML25		ML23	3	476,0	0,6	0,0	6,3		4	557,6	1,2	0,0	8,6	
	ML25	ML26		ML24	4	448,2	0,8	0,0	6,3		5	527,2	1,6	0,0	8,6	
	ML26	Aucun		ML25	13	533,4	2,5	6,3	6,3		16	625,3	4,8	8,6	8,6	
	ML27	ML28		INFILTRATION SEULE	5	440,8	1,1	0,0	4,4	9	6	519,0	2,0	0,0	7,3	14
	ML28	ML29		ML27	6	479,3	1,3	2,2	4,4		8	561,2	2,4	3,3	7,3	
	ML29	Aucun		ML28	10	467,1	2,1	2,2	2,2		12	547,8	3,9	4,0	4,0	
	ML30	ML31		AJ4	14	462,9	2,9	3,6	3,9	voir AJ4	17	543,3	5,3	6,1	8,3	voir AJ4
	ML31	Aucun		ML30	11	446,6	2,2	0,3	0,3		13	525,4	4,1	2,2	2,2	
	ML32	ML33		AF1	5	361,0	1,0	0,8	1,7	voir AF1	7	485,7	2,7	2,5	5,2	voir AF1
	ML33	Aucun		ML32	5	358,4	1,1	0,9	0,9		7	483,5	2,9	2,7	2,7	

Bassin versant

RUE CLAUDE DEBUSSY	CD 1
	CD 2
	CD 3
	ng1 CD

RUE PASTEUR	i1 PA1
	PA 1
	PA 2
	i1 PA3
	PA 3
	PA 4
	PA 5
	PA 6
	PA 7
	PA 8
	PA12
	PA10
	PA11
	PA 11
	PA 12
	PA 13
	PA 14
	PA 15

Allée K	AK3
	AK4
	AK5

Allée I	AI 1
	ng AI1
	AI 2
	AI 3
	AI 4
	AI 5

Allée J	AJ 1
	ng1 AJ
	AJ 2
	AJ 3
	AJ 4
	i1 AJ4

BV intercepté	Déborde vers
m3	m3
Aucun	CD2
CD1	RESEAU
Aucun	PA1

CD3	PA2
PA1	AF2
Aucun	PA4
PA3	AF2
PA6	AF2
PA7	PA5
PA8	PA6
PA12	PA7
PA10	AF2
PA11	PA9
AK5 / PA14	PA10
PA13	PA8
Aucun	PA12
PA14	PA8
Aucun	PA14

Aucun	AK4
AK3	AK5
AK4	PA8

Aucun	AI2
AI1	AI3
AI2	AI4
AI3	AI5
AI4	ML1c

Aucun	AJ2
AJ1	AJ3
AJ2	AJ4
AJ3 / ML30	ML20b

PLUIE 50 ANS					
Volume à stocker	Volume spécifique	Surplus 20 ans	Débordement ouvrage	Volume récupéré en point bas	Temps de vidange débordement
m³	m³/ha actif	m3	m3	m3	h
21	503,5	4,1	9,5	9,5	
7	427,8	1,5	0,0	9,5	NC
20	449,9	4,0	2,1	2,1	

17	434,9	3,5	1,5	1,5	
24	452,4	4,9	3,0	4,6	
15	417,2	4,5	4,5	4,5	
4	349,6	0,8	0,0	4,5	
3	327,9	0,7	0,0	12,0	
3	329,5	0,7	0,0	12,0	
21	438,9	4,3	6,5	12,0	
10	439,9	2,1	3,3	5,5	
5	327,8	1,0	0,0	24,6	
5	326,4	0,9	0,0	24,6	
38	501,5	7,5	23,5	24,6	
7	438,0	1,5	0,0	2,1	
18	467,3	3,5	2,1	2,1	
5	473,4	1,1	1,1	1,1	
7	453,2	1,4	0,0	0,0	

2	316,9	0,5	0,0	0,0	
4	351,6	0,8	0,0	0,0	
4	354,9	0,9	0,0	0,0	

17	488,6	3,3	2,4	2,4	
8	526,0	1,6	1,4	3,8	
22	652,9	4,4	21,4	25,2	
4	510,0	0,8	3,3	28,5	
15	547,6	3,0	0,0	28,5	

12	669,7	2,5	2,6	2,6	
9	646,2	1,8	0,0	2,6	
16	618,0	3,3	0,0	2,6	
25	656,9	4,9	0,5	7,1	

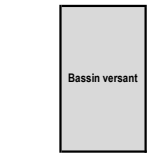
PLUIE 100 ANS					
Volume à stocker	Volume spécifique	Surplus 20 ans	Débordement ouvrage	Volume récupéré en point bas	Temps de vidange débordement
m³	m³/ha actif	m3	m3	m3	h
25	587,6	7,6	13,0	13,0	
9	504,7	2,9	0,0	13,0	NC
23	529,0	7,5	5,5	5,5	

20	512,6	6,4	4,5	4,5	
28	531,7	9,0	7,2	11,7	
18	493,1	7,3	7,3	7,7	
5	404,2	1,5	0,4	7,7	
4	378,3	1,2	0,0	20,5	
4	380,3	1,2	0,0	20,5	
24	517,0	7,9	10,1	20,5	
12	518,1	3,9	5,2	10,3	
5	378,2	1,7	0,0	32,5	
5	376,5	1,6	0,0	32,5	
45	585,4	13,9	29,9	32,5	
9	516,0	2,8	0,0	5,2	
21	548,1	6,6	5,2	5,2	
6	554,8	2,0	2,0	2,5	
8	532,7	2,7	0,5	0,5	

3	365,2	0,9	0,0	0,0	
5	406,6	1,5	0,0	0,0	
5	410,5	1,6	0,0	0,0	

20	571,4	6,2	5,2	5,2	
10	613,5	2,9	2,8	8,0	
26	770,4	8,5	25,4	33,4	
5	594,6	1,5	4,0	37,4	
18	642,4	5,6	0,0	37,4	

15	790,9	4,7	4,9	4,9	
11	762,2	3,4	0,5	5,4	
19	727,9	6,2	0,0	5,4	
29	775,2	9,3	5,0	18,6	



Allée F	AF1
	AF2

RUE FREDERIC CHOPIN

RUE FREDERIC CHOPIN	FC3
	i1 FC3
	FC4
	FC5
	FC6
	FC7
	FC9
	FC10
	FC11
	FC12
	FC13
	FC14
	FC15

PARVIS EGLISE

Parvis Eglise	PE 1
	i1 PE1
	i2 PE1
	PE 2
Parvis Eglise	i1 PE2

BV intercepté	Déborde vers
m3	m3

ML22 / ML32	AF2
AF1/PA5/PA3/PA2/PA4	INFILTRATION + RESEAU

George Sand	FC4
FC3	FC5
FC4	FC6
FC5	FC7
FC6	INFILTRATION SEULE
Aucun	FC10
FC9	FC11
FC10	FC14
FC11	FC13
FC12	FC14
FC13	FC15
FC11 / FC13	
FC14	INFILTRATION SEULE

Aucun	PE2
PE1	INFILTRATION SEULE

PLUIE 50 ANS						
Volume à stocker	Volume spécifique	Surplus 20 ans	Débordement ouvrage	Volume récupéré en point bas	Temps de vidange débordement	
m³	m³/ha actif	m3	m3	m3	h	

12	340,1	2,5	0,0	1,8		
55	459,8	11,2	10,4	57,9	15	

43	624,8	8,6	39,3	85,3		
6	343,9	1,1	0,0	85,3		
6	338,6	1,3	0,0	85,3		
5	340,1	1,0	0,0	85,3		
9	338,2	2,0	0,0	85,3	34	
2	287,1	0,5	0,0	0,0		
3	309,3	0,6	0,0	0,0		
7	464,3	1,4	3,6	3,6		
35	424,7	7,4	5,2	6,4		
13	425,3	2,8	3,2	9,7		
18	778,9	3,5	5,1	18,3		
9	738,9	1,7	0,5	18,8	503	

43	780,3	8,4	12,9	12,9		
68	757,4	13,4	0,0	12,9	49	

PLUIE 100 ANS					
Volume à stocker	Volume spécifique	Surplus 20 ans	Débordement ouvrage	Volume récupéré en point bas	Temps de vidange débordement
m³	m³/ha actif	m3	m3	m3	h

14	392,9	4,4	0,0	6,5	
65	539,9	20,8	20,0	98,9	25

51	736,2	16,3	47,0	93,0	
6	397,4	2,0	0,0	93,0	
7	391,1	2,2	0,0	93,0	
5	392,9	1,7	0,0	93,0	
11	390,6	3,4	0,0	93,0	37
2	329,8	0,8	0,0	0,0	
4	356,2	1,1	0,0	0,0	
8	544,9	2,6	4,8	4,8	
41	501,3	13,7	11,5	12,7	
15	502,0	5,1	5,6	18,3	
21	924,4	6,8	8,4	31,5	
10	875,4	3,3	2,1	33,6	897

51	926,1	16,4	20,9	20,9	
81	898,0	26,1	11,3	32,2	123

Bassin versant

BOULEVARD DU MARECHAL DE LATTRE DE TASSIGNY

TASSIGNY	TA 1
	TA 2
	TA 3
	i1 TA3
	TA 4
	i1 TA4
	TA 5
	TA 6 + TA7
	TA 8
	TA 9
	TA 10
	TA 11
	TA 12
	TA 13
	TA 14
	TA 15
	TA 16
	ng1 TA
	ng2 TA

TOTAL

BV intercepté	Déborde vers
m3	m3

PLUIE 50 ANS						
Volume à stocker	Volume spécifique	Surplus 20 ans	Débordement ouvrage	Volume récupéré en point bas	Temps de vidange débordement	
m³	m³/ha actif	m3	m3	m3	h	

TA2	INFILTRATION SEULE	16	746,3	3,2	4,7	9,6	142
TA3	TA1	5	622,9	1,0	0,0	4,9	
TA4	TA2	12	580,6	2,4	3,8	4,9	
TA5	TA3	14	549,7	2,8	1,1	1,1	
Aucun	TA4	12	537,9	2,4	0,0	0,0	
TA7	INFILTRATION SEULE	40	590,1	8,0	8,3	8,3	15
TA9	INFILTRATION SEULE	9	517,9	1,8	1,7	5,4	19
Aucun	TA10	5	471,2	0,9	0,0	0,0	
TA9	TA11	12	566,7	2,4	3,7	3,7	
TA10	INFILTRATION SEULE	6	519,2	1,2	0,0	3,7	20
TA16	INFILTRATION SEULE	15	755,4	3,0	1,2	1,2	21
Aucun	INFILTRATION SEULE	17	768,7	3,4	2,8	4,0	65
Aucun	TA15	7	761,4	1,5	0,9	0,9	
TA14	INFILTRATION SEULE	32	766,7	6,4	4,9	5,8	49
Aucun	INFILTRATION SEULE	33	521,4	6,3	0,0	0,0	
SO		Non géré					
TOTAL		1 361	499	275	289		

PLUIE 100 ANS					
Volume à stocker	Volume spécifique	Surplus 20 ans	Débordement ouvrage	Volume récupéré en point bas	Temps de vidange débordement
m³	m³/ha actif	m3	m3	m3	h

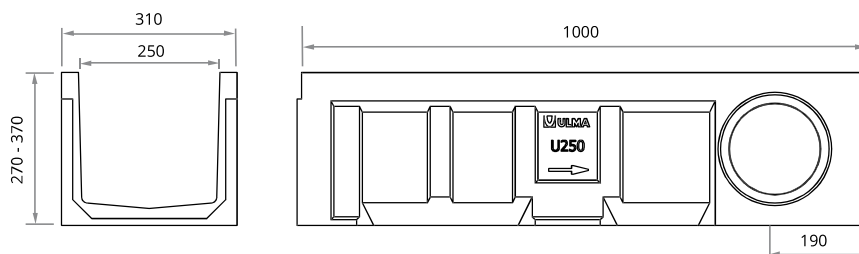
19	884,5	6,2	7,7	19,0	279
6	733,9	1,8	0,0	11,2	
14	682,4	4,6	5,9	11,2	
16	645,0	5,2	3,6	5,3	
14	630,7	4,5	1,7	1,7	
47	693,9	15,0	15,3	15,3	27
11	603,3	3,4	3,2	9,8	35
5	552,3	1,7	0,8	0,8	
14	665,6	4,4	5,8	6,6	
8	604,7	2,3	0,2	6,8	36
18	895,5	5,7	4,0	6,0	103
20	911,9	6,5	5,9	12,0	197
9	902,9	2,9	2,3	2,3	
38	909,5	12,4	10,9	13,2	113
38	605,2	11,6	2,0	2,0	
1 600	587	514	480		

C. Résistance
jusqu'à C250
Norme NF EN-1433

U250

CE

Caniveau en béton polymère de type ULMA, modèle U250, largeur extérieure 310 mm, largeur intérieure 250 mm, hauteur extérieure disponible entre 270 mm et 370 mm, pour récupérer les eaux en pluie, en modules de 1 ML de longueur, clavette de sécurité CS250 et vis correspondantes.



CANIVEAUX

Code Caniveau	L mm	H mm	Largeur mm		Ø Sortie* mm		Section Hydraul. cm ²	Unités x palette	Poids Kg	Qref l/s
			Extérieur	Intérieur	Vertical	Horizontal				
U250.00R	1000	270	310	250	250	200	580	16	39,7	38,6
U250.10R	1000	320	310	250	250	200	706	12	45,5	51,5
U250.20R	1000	370	310	250	250	250	828	12	51,3	65,7

* Sortie vert. et horiz. sur commande

GRILLES

Nervurée Caillebotis



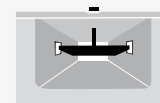
Matière	Dessin	Résistance	Code	L mm	Largeur mm	Épaisseur mm	Ouverture mm	Poids Kg	Zone de captage cm ² /ml	Code	Unités ml
FONTE	NERVURÉE	B125	FNX250UCBM	500	300	6	13,2	39,7	1049	TEF1050 + CS250	2 + 2
	NERVURÉE	C250	FNX250UCCM	500	300	6	14	45,5	1004	TEF1050 + CS250	2 + 2
ACIER GALVA.	CAILLEBOTIS*	B125	GEX250UCB	1000	300	3	30 x 20	12,3	1993	TEF1050 + CS250	2 + 2

* Gamme disponible en acier inoxydable



SYSTÈME DE FIXATION

Avec clavette et deux vis



AVALOIR

	Code	L mm	H mm	Largeur mm	Sorties Latérales Ø mm	Sorties Frontales Ø mm	Corps	Poids Kg
AU250	AU250	500	375	310	160/200	-	1	36,5
AU250S + A250B	AU250S+ A250B	500	725*	310	160/200	-	2	62,7

* Possibilité d'augmenter la hauteur de l'avaloir en incorporant un élément intermédiaire

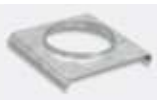
PANIER

Code**
C250

** Applicable uniquement dans les cas d'installation de deux corps d'avaloir

OBTURATEURS OUVERTS

Caniveau	Code	Ø mm
U250.00R	T250U00A	200
U250.10R	T250U10A	200
U250.20R	T250U20A	200



OBTURATEURS FERMÉS

Code
T250U00C
T250U10C
T250U20C



SABOT DE RACCORDEMENTS

Code
CE250



Pour installer sur les changements de hauteur avec la pente en cascade

TYPES DE PENTE



SANS PENTE

PENTE EN CASCADE

**AVIS TECHNIQUES,
Granulat léger d'Argile Expandée en
techniques routières**

**PARTIE I : PRESENTATION DU PRODUIT ET DU PROCEDE PAR LE
DEMANDEUR**

Le présent avis technique porte sur l'utilisation de granulats légers d'argiles expansées en tant que granulat pour plateforme d'infrastructure de transport ou de bâtiment.

Le Titulaire du produit est l'entreprise Argex :

Kruibeeksesteenweg 162
B2070 Zwijndrecht (Burcht)
tel. +32(0)32 50 15 15
fax. +32(0)32 50 15 00
E-mail : info@argex.eu
Internet : [http:// www.argex.eu/fr/](http://www.argex.eu/fr/)

Ce dossier technique se base, sur la norme NF **EN 15732** « Matériaux de remplissage légers et produits isolants thermiques pour les applications du génie civil - Produits à base de granulats léger en argile expansée » qui est d'application sous marquage CE pour les granulats ARGEX utilisés en Génie Civil ; ainsi que sur la norme NF **EN 13055** « Granulats légers »

Le système qualité de la société Argex est l'ISO 9001 :2015 et ISO 14001 :2015.

1- Désignation, domaines et limites d'emploi

1-1- Désignation

Les granulats légers d'Argex sont des granulats d'origine minérale (argile) fabriqués en usine. Ils sont le résultat d'un traitement thermique par expansion de l'argile puis refroidissement brutal qui fige la matière dans son état en lui conférant une structure alvéolaire légère et rigide.

Le procédé d'élaboration du granulat léger conduit à la fabrication de plusieurs types de granulats légers caractérisés par leur classe granulaire, complétée par leur masse volumique en vrac de référence, et si le matériau a été concassé ou non.



Au sens de la norme NF EN 13055, il s'agit d'un granulat artificiel léger issu de matériaux naturels (argile) classé LB1 dans la liste de répertoire des codes de classification des matériaux premières pour les granulats légers.

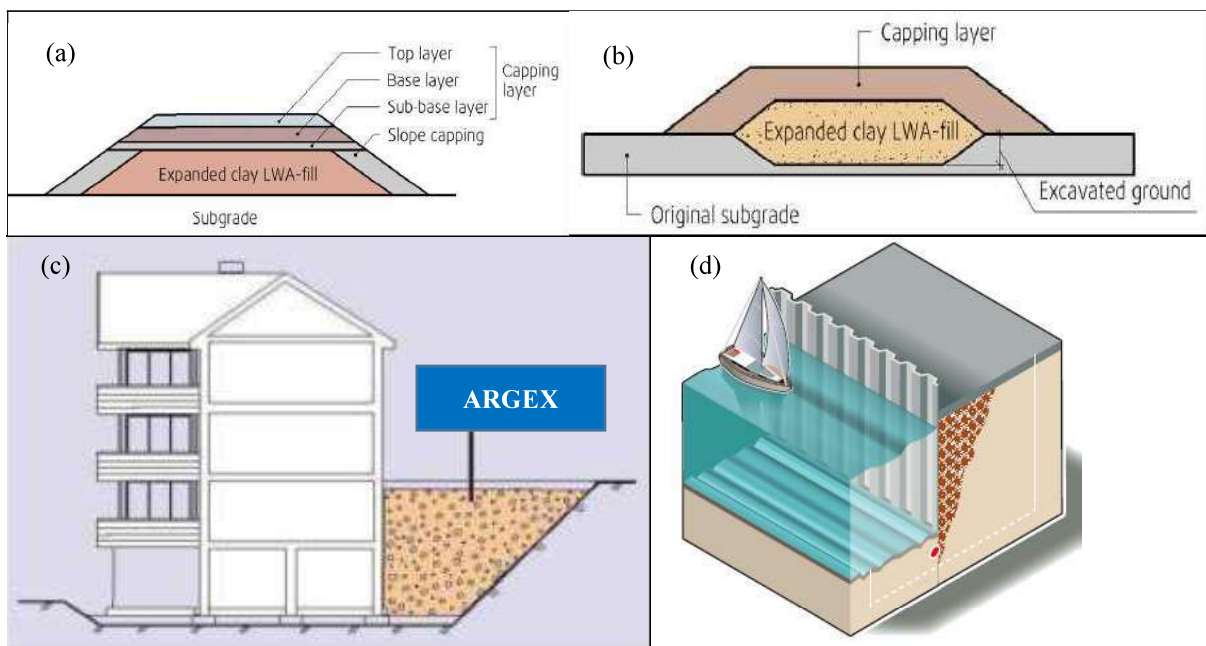
Le présent avis technique porte sur les produits suivants :

- AR8/16-340 GEO qui est un produit rond de classe granulaire 8/16 mm
- AR4/10-430 GEO qui est un produit rond de classe granulaire 4/10 mm
- AG4/8-370 GEO qui est un produit concassé de classe granulaire 4/8 mm
- AG0/4-500 GEO qui est un produit concassé de classe granulaire 0/4 mm.

1-2- Domaine d'emploi

Les granulats légers sont traditionnellement utilisés en génie civil pour les structures nécessitant des poussées verticales et/ou horizontales réduites (Figure 1) :

- En bâtiment : comme chapes isolantes, granulat pour béton allégé, blocs de construction, remblais techniques allégés, plateforme sous dallage, substrat pour toiture végétalisée, etc.
- En routes : remblai allégé sur sol compressible, remblai technique allégé, biofiltration, applications paysagères, remblai drainant, remblai de tranchée, etc.



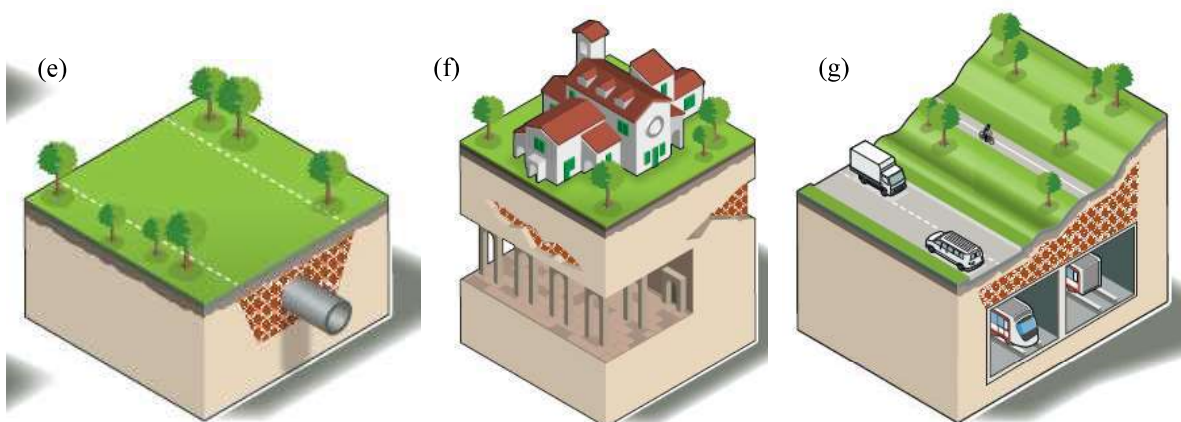


Figure 1 : exemple d'utilisation de granulat léger (a) en remblai d'infrastructure (b) en remblai allégé route (c) remblai contigu (d) mur de quai (e) remblai de tranchée (f) comblement de cavité (g) structure allégée pour tranchée couverte

Résistant et stable, le granulat léger ne se déforme pas, est durable aux attaques chimiques ou biologiques, il ne pourrit pas, n'est pas attaqué par les moisissures, les bactéries, les rongeurs ou la vermine, il est résistant au gel-dégel et au feu, isolant, drainant, facile à mettre en œuvre et léger.

1- 3- Limites d'emploi

Les limites d'emploi de ce produit sont liées à ses caractéristiques, à savoir, un granulat trop léger pour des applications nécessitant de la masse (masque poids, surcharge, etc.) ou nécessitant une mise en œuvre directe dans l'eau (remblai hydraulique, remblayage en rivière ou canal, remblai à la mer, etc.).

Des études doivent être conduites en cas d'utilisation sous nappe ou dans le cas de remontées d'eau souterraine ou de mise en charge hydraulique de l'ouvrage.

La forme arrondie, l'absence de cohésion et la masse volumique faible rendent la traficabilité difficile sur ce produit sans un blocage de surface, à l'exception des granulats concassés de type AG0/4 ou AG4/8.

L'utilisation du granulat léger pour des remblais de hauteur supérieure à 5 mètres nécessite une étude spécifique.

Chimiquement, le produit ne résiste pas à l'acide fluorhydrique.

2 - Présentation du produit.

Caractéristiques garanties par le demandeur y compris caractéristiques mécaniques du produit.

2-1 Description générale.

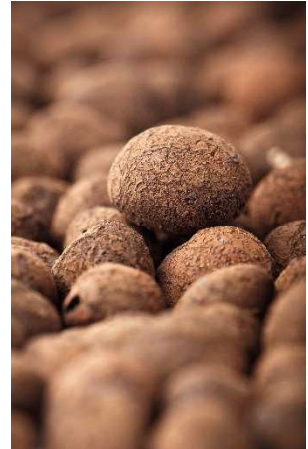
Nom du produit : AR pour granulat arrondi ou AG pour granulat concassé.

Type de produit : granulat léger.

Nom du producteur : ARGEX.

Nom du distributeur : ARGEX.

Les caractéristiques du produit sont rappelées sur les Fiches Techniques Produit respectives, complétant les infos CE indiquées dans leur DDP (Déclaration des Performances) conformément à la NF EN 15732. Une copie de la Fiche Technique du granulat 8/16mm (AR8/16-340 GEO) qui a fait l'objet de tests complémentaires pour un emploi en Partie Supérieure de Terrassement est présentée en annexe et les principales caractéristiques sont rappelées ci-dessous.



Granulométrie : La courbe granulométrique a été réalisée selon la norme NF EN 933-1. Les caractéristiques principales sont :

- **Passant à 63 μ m** : 0,8 %
- **Passant à 2mm** : < 5%
- **Fraction 2/63 mm \geq fraction 0,063/2 mm**
- **Coefficient d'uniformité** : $C_u = 12 / 8,5 = 1,4$

Propreté / sensibilité à l'eau : L'essai de valeur au bleu des sols n'est pas un essai pertinent pour ces matériaux. Bien que composée d'argile, la cuisson modifie radicalement le matériau en le rendant insensible à l'eau.

Résistance mécanique : pour un réemploi en PST ou couche de forme :

- **Los Angelès** : l'essai ne peut pas être réalisé car non pertinent sur ce matériau léger
- **Micro-Deval** : l'essai ne peut pas être réalisé car non pertinent sur ce matériau léger

Masse volumique en vrac : valeur déclarée de 0,340 tonnes/m³ \pm 15% (EN 1097-3). La porosité inter-granulaire est de 43,3% (EN 1097-3)

Caractéristiques mécaniques :

- **Cohésion** : $c' = 0$ kPa (EN 15732 annexe A*)
- **Angle de frottement interne** : $\varphi' = 34^\circ$ (EN 15732 annexe A *)



ARGEX NV
Kruibeeksesteenweg 162
2070 Burcht

Fiche Technique 2020
du 1/01/2020 au 30/06/2020

Page 1/1

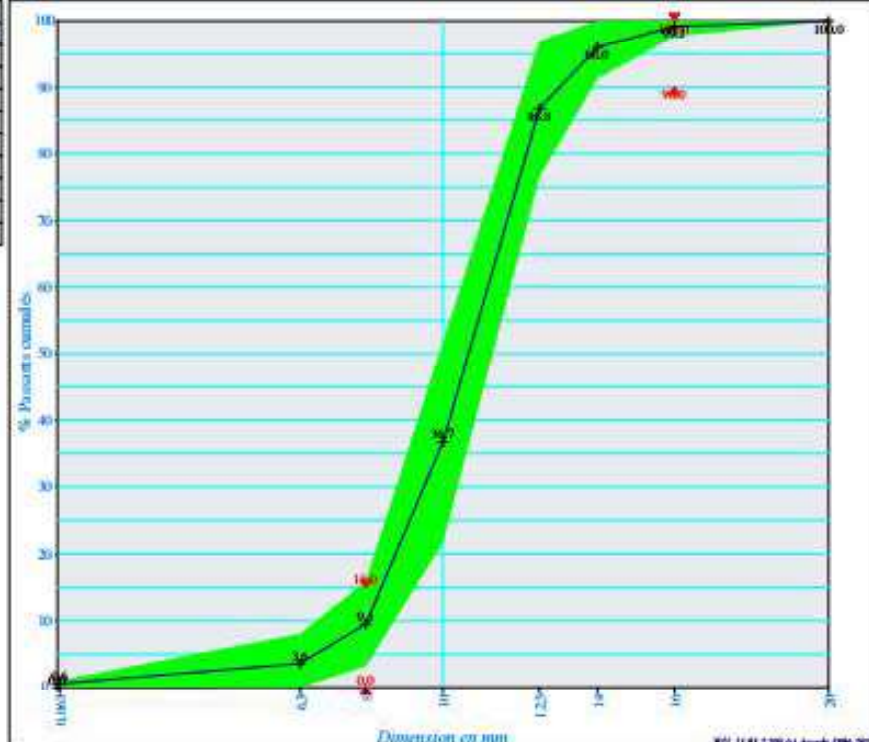
AR 8/16-340 - GEO

Client : Quality Control Argex
0032/32.50.15.15

Lab	Quality Control Argex 0032/32.50.15.15
Classe granulaire	8/16 mm
Référence	EN 13055 : DoP 2: EN 15732 NL BSB K73820 (1/01/2004)

Caractéristiques essentielles-performances	Minimum	Moyenne	Maximum	Déclarée	Norme
Forme de granulat		Pond			EN 13055
Résistance à l'écrasement en vrac (T-2x30°)	0.60	1.39 N/mm²	2.40		EN 13055
Masse volumique en vrac (+/- 15% de la valeur déclarée)	289	364 kg/m³	391	340	EN 1097-3
Résistance au gel/dégel		2.3 %	3.3		EN 1367-7
Humidité (du silo)	0.0	1.9 %	15.0		EN 1097-5
Absorption d'eau 5'	16.07	20.27 %	23.15		EN 1097-6 annex C
Absorption d'eau 1h	21.73	25.20 %	30.92		EN 1097-6 annex C
Absorption d'eau 24h	35.28	39.32 %	45.00		EN 1097-6 annex C
Absorption d'eau 28 jours (humidité longue durée)		60.00 %			EN 1097-6 annex C
Cisaillement-Triaxial statique Angle de friction(°)	32.0	34.0	41.0	35	EN 15732
Cohesion, c'peak		0 kPa		0	EN 15732
Compressibilité - C%		16.0 %			EN 1097-11
Fatigue (150 kPa - 24 heures) - Sec		0.07 %		0.14	EN 15732
Résistance à la compression "confinée" - CS(2)		350 kPa		270	EN 1097-11
Résistance à la compression "confinée" - CS(10)		670 kPa		460	EN 1097-11
Compression Cyclique (120 kPa) après 2.000.000 cycles - Sec		3.1 %		4	EN 15732
Cisaillement-Triaxial cyclique Module résilient	120	150 MPa	180		EN 15732
Lambda 90/90 dry 10°C		0.105 W/mK		0.105	EN 12667
Lambda ui 23°C, 50%HR		0.105 W/mK		0.105	EPB/PEB
Lambda ue		0.108 W/mK		0.108	EPB/PEB
Perméabilité à l'eau		2.5 cm/s		2.2	EN 15732
Hauteur de succion d'eau (coating) (HSE)		40 mm		50	EN 1097-10
Transmission de la vapeur d'eau (μ)		2		2	EN 15732
Libération de substances dangereuses		BRL 9315			NL BSB K73820
Réaction au feu		Euroclasse A1			EN 13501-1

Analyse granulométrique				
Tamis	mini	%passants	maxi	Déclarée
0.000		0.0		
0.063		0.6		
0.300		3.6		
0.600	0.0	9.5	15.0	
1.250		37		
2.500		87		
5.000		96		
10.000	90	99	100	
20.000		100		



CE certificat 0005-CPN-0706/5. Annexé au DoP 2.
SA Argex NV est certifiée ISO 9001:2015 & ISO 14001:2015.
Visitez nous : www.argex.be
Argex expansion belgique est BSL GECLE

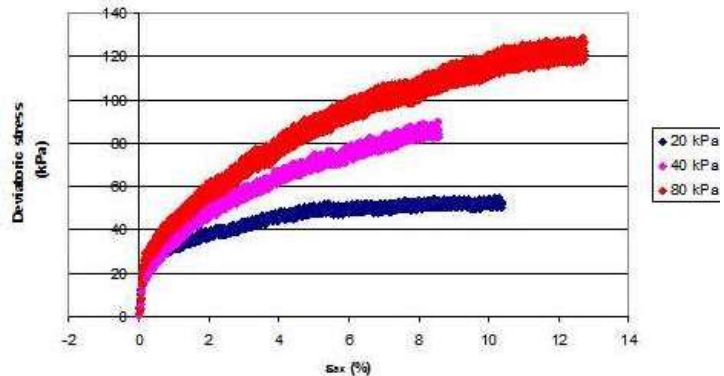


Figure 2 : granulat léger testé au triaxial cyclique, diamètre 150 mm – courbe de déformation obtenue pour la fraction 8/16 mm.

Le matériau a été testé à une teneur en eau prédéfinie et compacté à l'aide d'une table vibrante (50 Hz et amplitude d'1 mm) sous un poids de 4,951 kg, jusqu'à atteindre le degré de compactage prédéfini, en trois couches.

L'essai est effectué à pression de confinement constante, tandis que la charge axiale est augmentée en suivant la déformation jusqu'à rupture de l'éprouvette. Le test se poursuit jusqu'à atteindre 10% de déformation axiale conformément à la norme, avec trois pressions de confinement : 20, 40 et 80 kPa.

Il n'y a pas de réelle rupture observée, comme illustré sur la figure ci-dessus. Le module des granulats légers d'Argex est très élevé sous très faibles déformations (figure ci-dessous). Il chute ensuite rapidement dès que les déformations axiales dépassent 0,2%. Ceci explique qu'un blocage du granulat est nécessaire pour bénéficier des performances mécaniques optimales.

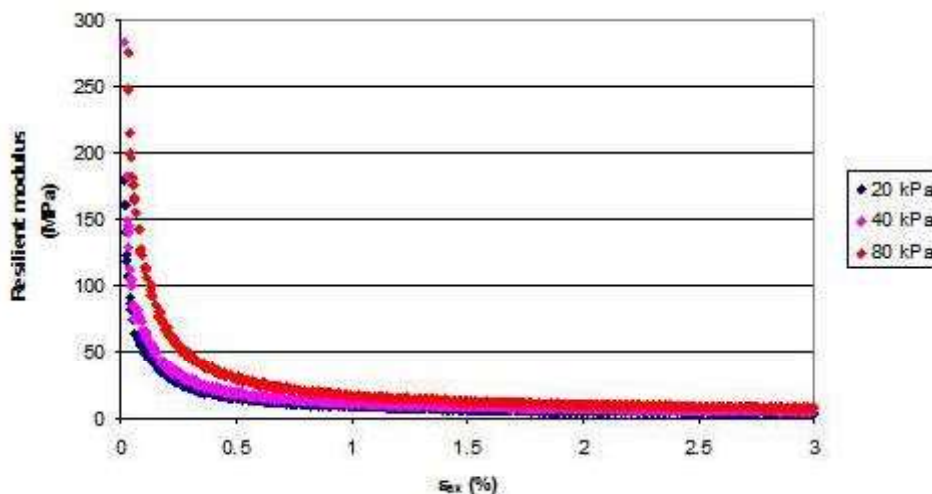


Figure 3 : module résilient obtenu à l'essai triaxial statique sur la fraction 8/16 mm.

Caractéristiques hydrauliques :

- Perméabilité : $> 2,5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ ($> 2,5 \text{ cm/s}$)
- Capacité de rétention : 60 à 53% (non compactée – compactée)

Contrainte en compression :

- Résistance à la compression confinée pour une déformation de 2% : 350 kPa (> 270 kPa)
- Résistance à la compression cyclique (2×10^6 cycles) : < 4%

Fluage :

- Fluage sous 150 kPa : < 0,14%

Stabilité chimique à court et à long terme du composite vis-à-vis des produits pétroliers, des acides, des bases et des sels.

Stabilité aux agents atmosphériques : vis-à-vis des ultraviolets, à l'eau atmosphérique et aux températures négatives.

3 - Utilisation du produit.

La manipulation des granulats d'Argex peut être assurée en utilisant un matériel classique de terrassement et de génie civil, en veillant à éviter les manipulations excessives qui pourraient augmenter le concassage des granulats. Les granulats sont livrés par camion benne ou par camion-citerne pour soufflage (Figure 4). Les granulats peuvent aussi être stockés comme les matériaux conventionnels. On évitera tout risque de contamination par d'autres matériaux durant la manipulation et le stockage en protégeant la plateforme et respectant les règles d'usage pour le stockage des granulats (LCPC-Sétra, 1981).



Figure 4 : alimentation d'un chantier par camion-citerne.

3.1 Préparation du support

La mise en œuvre du produit nécessite une préparation du support incluant un nettoyage classique du site de construction ou un compactage de la surface sous infrastructure. Un géotextile anti-contaminant est placé entre le sol support et le remblai d'Argex pour éviter toute contamination. Les excès d'eau en fouille sont à éviter et doivent être pompés au moment de la mise en œuvre, jusqu'à un niveau acceptable, pour diminuer les risques de flottation et faciliter la mise en œuvre et le compactage.

3.2 Montage du remblai

Le granulat léger doit être ensuite mis en couche de moins d'1m d'épaisseur après installation des supports latéraux pour être complètement enveloppé.



Figure 5 : mise en place au buteur ou par soufflage

Il faut éviter de rouler directement sur la surface avec les camions. Des pistes spécifiques doivent être aménagées pour le trafic temporaire. Le régalage est réalisé par un équipement classique comme des pelles, des chargeurs ou des buteurs à chenille. Cette mise en place peut être combinée avec la procédure de compactage.

Le matériau étant un granulat insensible à l'eau, l'énergie à dégager pour le compactage est faible. Il s'agit plus d'une opération de serrage que d'une opération de compactage. De fait, il n'y a pas d'optimum à rechercher sur ce matériau mais une réduction des vides liés au foisonnement. Une réduction du foisonnement de l'ordre de 12-16% est attendu avec les granulats ronds et de 20-26% pour les granulats concassés.

Un excès de compactage sera plutôt nocif pour le bon comportement du matériau car il risquera de casser les granulats et créer des fines.

Les matériels de compactages requis sont donc plutôt petits et plus légers que pour des opérations de compactage traditionnels ce qui présente un intérêt pour réduire les nuisances par vibration (notamment en contexte urbain ou à proximité d'ouvrages) et pour réduire le bruit. Les plaques vibrantes ou les petits compacteurs vibrants suffisent à ces opérations.

Insensible à l'eau, le matériau peut être utilisé par tout temps et dans de très nombreuses configurations, pourvu que le blocage puisse être assuré latéralement ou en surface. De très nombreuses applications sont possibles derrière des soutènements, y compris de mur de quai, en voirie urbaine, en remblayage de tranchée.



Figure 6 : à gauche : remblayage en arrière de mur de quai (Zeebrugge – Belgique) – à droite : remblai de voirie (Ossenzijl – Pays-Bas)

Une fois mis en place le produit présente une très grande stabilité et est facilement ré-excavable (particulièrement les concassés). A court terme, les parois sont quasi verticales. Il présente de nombreux intérêt pour des remblayages de réseaux, pour des structures drainantes, pour des projets de végétalisation (par exemple en toit ou terrasse), etc.

3.3 Contrôles

En usine

Les granulats Argex font l'objet d'un contrôle de qualité conformément aux normes NF EN 15732 & NF EN 13055 dans le cadre du CE et complété d'un système de qualité ISO 9001 :2015.& ISO 14001 :2015.

Sur chantier

Un PAQ définit généralement les niveaux de contrôle de l'entreprise de pose

- Contrôle interne : il vérifie notamment la qualité des matériaux livrés, leur conformité à la commande (vérification des bons de livraison) et organise la bonne gestion du granulat sur chantier (stockage en site propre, préparation des supports, compactage, etc.), conformément au cahier des charges ;.
- Contrôle externe : il évalue la portance au niveau de la plateforme, à l'aide d'engins appropriés (voir Note Cerema n°1, 2018¹)

4 - Eléments contribuant à la qualité.

L'entreprise Argex fournit un "cahier des charges de pose" (annexé au présent avis) décrivant la procédure à suivre pour réaliser correctement la pose de ce produit manufacturé ou la construction en place de ce produit.

Toute entreprise de Travaux Publics peut mettre ensuite le produit sous sa responsabilité sous réserve de :

- Suivre le "cahier des charges de pose" ;
- Respecter les procédures qualités d'usage ;
- Suivre le présent Avis Technique du fabricant.

¹ Méthodologie de mesure de la portance des plates-formes, Note d'information Chaussée – Plates-formes – Assainissement n°1, Cerema, 2018.

5 - Prise en compte des exigences essentielles européennes

Les "exigences essentielles" au sens de la Directive produits de construction (Décret 92.647 du 8 juillet 1992) ont été prises en compte par l'entreprise.

6 – Conception / Dimensionnement des ouvrages

6.1 - Généralité

La conception et le dimensionnement d'ouvrage utilisant le granulat léger d'Argex peut être réalisé par tout bureau d'étude en géotechnique habitué à dimensionner les ouvrages en terre, à partir des résultats d'essais fournis dans le présent avis technique.

Les études de dimensionnement nécessiteront selon le contexte du chantier :

- Des études hydrogéologiques pour définir les niveaux de nappes et les débits attendus, ainsi que les dispositifs drainants à associer le cas échéant,
- La définition et le dimensionnement des ouvrages de blocages latéraux et de la couche de blocage en surface,
- La vérification de la stabilité de l'ouvrage en granulat léger en talus,
- La vérification des poussées horizontales et verticales sur les fondations et parois d'ouvrages ;



Figure 7 : à gauche : remblayage de cavité souterraine anthropique sous la RD203 (France) ; à droite : plateforme support de dallage à l'Hôpital de Laennec (France)

6.2 - Dimensionnement de chaussée

Le granulat léger d'Argex nécessite la mise en place d'une couche de blocage à sa surface qui permet la mise en compression du matériau et mobilise ainsi ses principales caractéristiques. L'épaisseur de cette couche permet de dimensionner la plateforme obtenue selon le GTR92 ou la norme NF P98-086.

Selon la portance obtenue, la plateforme composée du complexe Argex/couche de blocage permet de dimensionner la structure sus-jacente à partir d'une PF2 voire PF2qs en cas de forte épaisseur.

Une planche de référence construite pour les besoins du présent avis a ainsi permis de montrer que 0,30 m de couche de blocage en GNT 0/31,5mm correctement compactée (selon le GTR92) permettait d'obtenir un module EV_{DYN2} de 50 MPa en tout point de mesure avec le granulat léger AR8/16-340.

Les recommandations de structure pour utiliser le granulat léger d'Argex en PST sont les suivantes :

Tableau 1 : dimensionnement type du complexe Argex / couche de blocage pour une plateforme d'infrastructure

	PF2	PF2qs
Epaisseur type de la couche de blocage	30 cm	50 cm

Il est néanmoins possible d'optimiser les épaisseurs de la couche de blocage, sous réserve de réaliser une planche d'essai démontrant, dans les conditions du chantier, l'obtention des performances attendues.

À titre indicatif, les valeurs d'épaisseurs minimales pouvant être testées pour la couche de blocage, sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : optimisation du complexe Argex / couche de blocage pour une plateforme d'infrastructure en fonction du type de granulat léger utilisé et des conditions de chantier

	PF2	PF2qs
Epaisseur optimisée de la couche de blocage en AR8/16, AG4/8 et AG0/4	20 à 30 cm	40 à 50 cm
Epaisseur optimisée de la couche de blocage en Argex AR4/10	10 à 30 cm	30 à 50 cm

Il est intéressant de noter que les performances obtenues avec l'AR4/10 sont en règle générale nettement meilleures qu'avec les trois autres produits.

6.3 - Dimensionnement pour des supports de fondations ou d'ouvrages

Au sens de la norme ISO 14688-1 sur la classification des sols, le granulat d'argile expansé AR 8/16-340 est un gravier moyen (mGr). Cette classe inclut les granulats entre 6,3 et 20 mm. Les normes NF P94-261, 270 et 281, s'appuient sur la norme ISO 14688-1 et précisent, dans une optique fondation et soutènement respectivement, par des plages de pression limite, l'état de compacité. A titre indicatif, à une profondeur de 1 à 2 mètres des valeurs de résistance de pointe oscillant entre 2 et 5 MPa et de pression limite obtenues sont de l'ordre de 0,95 MPa. Ce qui classerait ces matériaux en sables et graves moyennement denses (NF P94-261, tableau A.2.1).

Des essais pressiométriques ou au pénétromètre permettent de déterminer les facteurs de portance pour les fondations superficielles comme usuellement réalisés selon les annexes D et E de la norme NF P94-261.

Le calcul du module d'Young peut être réalisé sur la base du module pressiométrique tangent avec les relations de la norme NF P94-261, annexe J tableau J.2.1 ou des données du dossier géotechnique. Les valeurs déduites des essais pressiométrique Ménard selon la norme EN ISO 22476-4, multipliées par un facteur 3 correspondant à un sable dense sont équivalentes aux modules d'Young obtenus par essai triaxial à une déformation inférieure à 1%.

Un coefficient de Poisson de 0,4 a été observé lors des essais triaxiaux du dossier géotechnique.

Par défaut, pour les ouvrages peu complexes (catégories géotechniques GC1 et GC2 au sens de l'Eurocode 7 partie 1 de 2000), c'est-à-dire dans un contexte géotechnique simple (GCC1), et ou les conséquences d'une rupture seraient faibles à normales (CC1 ou CC2), les paramètres de déformabilité seront pris dans le cadre de l'élasticité avec un module d'Young de 15 MPa pour une déformation autour de 1% puis 5 MPa au-delà. Cette valeur sera considérée pour une contrainte de confinement effective inférieure à 80 kPa.

Dans un contexte géotechnique plus complexe (GC3) et pour une modélisation plus sophistiquée, le modèle d'Oztoprak tel que calé dans ce rapport pourra être mis en œuvre.

Un jeu de paramètres de référence pour des applications en remblai support de fondation ou placés à l'arrière d'un soutènement est donné dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 3 Valeurs des paramètres mécaniques dans le cadre d'une application de granulat Argex (AR-8/16-340) pour des ouvrages peu complexes (catégories géotechniques GC1 et GC2 au sens de l'Eurocode 7 partie 1 de 2000)

	Cohésion	Angle de frottement	Module d'Young	Module œdométrique	Coefficient de Poisson	Coefficient de poussée des terres au repos
Symbole	c'	φ'	E_{Young}	E_{oed}	ν	K_0
Unité	kPa	°	MPa	MPa	-	-
Pour $\varepsilon=0,15\%$	0	35	35	70	0,40	0,45
Pour $\varepsilon<1\%$	0	35	15	32	0,40	0,45

Tableau 4 Valeurs des paramètres mécaniques dans le cadre d'une application de granulat Argex (AR-4/10-430) pour des ouvrages peu complexes (catégories géotechniques GC1 et GC2 au sens de l'Eurocode 7 partie 1 de 2000)

	Cohésion	Angle de frottement	Module d'Young	Module œdométrique	Coefficient de Poisson	Coefficient de poussée des terres au repos
Symbole	c'	φ'	E_{Young}	E_{oed}	ν	K_0
Unité	kPa	°	MPa	MPa	-	-
Pour $\varepsilon=0,15\%$	0	35	50	100	0,40	0,45
Pour $\varepsilon<1\%$	0	35	15	32	0,40	0,45

Le tassement dû au fluage pourra être évalué à partir des données du dossier géotechnique Argex. Une valeur de 0,14% à 100 ans ressort des essais de fluage menés en laboratoire sur 90 heures pour des surcharges en conditions œdométriques pouvant aller jusqu'à 150 kPa.

On rappelle que les granulats d'argile expansée présentent une susceptibilité à la poussée d'Archimède. Bien qu'inférieure à celle des blocs de polystyrène, elle est à prendre

en compte. La pression de soulèvement provoquée par l'immersion du massif de granulat est déduite du poids volumique.

Par exemple, pour un granulat AR 8/16-340 compacté, de poids volumique humide à long terme 6 kN/m³, on a

$$\sigma'_{uplift} = 6 - 10 = -4 \text{ kPa}$$

Pour les fondations profondes traversant un remblai superficiel en matériau Argex AR 8/16-340, une vision conservatrice de ne pas prendre en compte le frottement axial unitaire dans la couche sera privilégiée (norme NF P94-262).

6.4 - Dimensionnement sous dallage

Dans le cas d'une application sous dallages, dans le cadre des normes de la série NF P11-213 (DTU 13.3), on se référera aux résultats du paragraphe §4.3 et aux conclusions du paragraphe §4.4 de ce rapport. Si un remblai d'Argex est exécuté sur une dalle de béton ou un autre élément rigide en couche de remplissage, une attention particulière sera requise pour le compactage afin d'éviter un sur-compactage, voire une dégradation des granulats et des pertes de volumes inutiles. On rappelle que le module de Westergaard du support du dallage (composé d'une interface éventuelle, d'une forme éventuelle et du sol) doit être déterminé sur une couche de blocage par un essai à la plaque selon la norme NF P94-117-3 et doit être au moins égal à $K_w = 50 \text{ MPa/m}$ pour une plaque de diamètre égal à 75 cm. Une couche de blocage de 30 cm est conseillée, elle peut être réduite à 20 voire 10 cm selon les conditions de mise en œuvre et le granulat Argex utilisé (tableau 5 et 6). Si un autre essai est mis en œuvre, la relation permettant le calcul du module de Westergaard devra être fournie dans le rapport.

Dans cette application, conformément à la NF P11-213-1, une épaisseur minimale de 0,20 m de granulat sera mise en œuvre (§5.1.2.3).

6.5 - Dimensionnement pour soutènements

Ce type de matériau a fait l'objet d'essais en condition œdométriques sans toutefois mesure de la contrainte radiale. On prendra en première approche la relation de Jaky, le matériau à l'échelle macroscopique est granulaire avec une granulométrie assez serrée. Seul le risque de rupture des granulats sous forte contrainte ou la version concassée ayant un fort angle de frottement interne peuvent ne pas respecter totalement cette relation. Du fait de sa nature granulaire et en l'absence de traitement, aucun degré de surconsolidation ne sera pris en compte ($OCR=1$).

$$K_0 = (1 - \sin\varphi) \cdot OCR^{0.5} = (1 - \sin\varphi)$$

Par défaut, pour les ouvrages peu complexes (catégories géotechniques GC1 et GC2 au sens de l'Eurocode 7 partie 1 de 2000), c'est-à-dire dans un contexte géotechnique simple (GCC1), et où les conséquences d'une rupture seraient faibles à normales (CC1 ou CC2), les paramètres de ruptures seront pris dans le cadre d'un critère de rupture de Mohr-Coulomb avec un angle de frottement moyen de 35° avec une cohésion nulle pour le granulat AR 8/16-340. Cette valeur sera considérée pour des épaisseurs maximales de 8 m ou une contrainte de confinement effective de 50 kPa.

Dans un contexte géotechnique plus complexe (GC3) et pour une modélisation plus sophistiquée, l'angle de frottement à prendre en compte est de 10 à 15° en moyenne avec une cohésion de 20 kPa, et une contrainte de préconsolidation autour de 200 kPa.

Pour des niveaux de contrainte élevés et de grandes déformations où des ruptures de particules pourraient être attendues une courbe enveloppe de type parabolique (type Hoek & Brown) est à envisager.

Les informations sur les caractéristiques des trois autres granulats sont disponibles dans leurs fiches techniques respectives.

7 - Références.

Ci-dessous des références de chantiers où des mesures de portance sur plateforme d'infrastructure ont été réalisées.

Date	Nom & lieu du chantier	Maitre d'Ouvrage	Maitre d'Œuvre	Entreprise	Produit Quantité	Hauteur de remblai (m) et autres informations
2014	Boulevard des Provinces Françaises – Nanterre (92)	Conseil Départemental des Hauts-de-Seine (92)	OGI	Eurovia	70 cm d'Argex 8/16R et Regesol + 40 cm de grave	1 m de Regesol + 40 cm de GNT pour la voie nouvelle DYN2
2018	Hôtel BINET Avenue porte de Montmartre (Paris 18 ^e)	Spie immobilier	Spie Bâtiment	Colas Ile de France N	70 cm d'Argex 8/16R + 15 cm de 0/20 GR2	Remblayage de zone de servitude au contact du boulevard périphérique WEST DYN2
2018	Déviations de la RD.120 à Aubry – phase 2	Conseil Départemental du Nord (13)	Direction De la Voirie Départementale	EJL Nord Douai (VRD)	Argex 8/16R + 60 cm de calcaire 0/120 calcaire	Remblai allégé (3m) et couche de forme Objectif PF2 PLAQ
2018	Clamart de liaison	SNCF	SNCF	Guintoli	60 cm d'Argex 8/16R + 10 cm de grave traitée	Planche d'essai Argex et grave traitée PLAQ + plaque dynamique
2019	Passerelles circulation douce GPI – Juvisy sur Orge (91)	Conseil Départemental de l'Essonne (91)	Egis	EJL Ile de France Grigny	40 cm d'Argex 4/10R + 30 cm de grave	40 cm d'Argex 4/10mm Objectif PF2 DYN2
2019	ZAC Le Sycomore – Bussy St Georges	Crédit Agricole Immobilier	Atelier BW	Ets Jean Lefevre	40 cm d'Argex 8/16R + 10 cm de grave	Argex + 50 cm de grave en béton concassé DYN2
2018	Base Vie Paris 13 ^e – rue Louise Bourgeois	SNCF	SEMAPA	Ets Chantiers Modernes	70 cm d'Argex 8/16R mm + 10 cm de grave	Plateforme en Argex + grave Plaque dynamique
2019	46 rue Pleyel – St Denis (93)			SPIE Batignolles	30 cm d'Argex 8/16R + 15 cm de grave	Argex sous couche de grave en dallage de bâtiment Westergard

Autres références types :

- Gare SNCF Yerres (91) – 2014 : 300 m³ AR8/16-340 – remblai léger pour le quai
- Hôpital Laennec – 2014 : 1000 m³ AR8/16-340 – remblai sur dalle pour une voie d'accès pompier
- Amiens – 2004 : 3000 m³ AR8/16-340 – remblai contre culée de pont pour diminuer les charges
- Route de liaison de Wijkdijk à Tempeldijk à Reeuwijk (NL), appelée Pootje Tempel, d'une longueur de 165 mètres composée d'une couche de 60 cm de granulat léger AG4/8-370 sur un géotextile + 35 cm de graves recyclées + 16 cm d'enrobé bitumineux : 6150 m³ AG4/8-370 & 2700 m³ AG0/4-500 - 2012
- Route Hoofdstraat à Ossenzijl (NL) – 2012 : 400 m³ AG4/8-370 – remblai léger de 50 cm sous route
- Market place à Papendrecht (NL) – 2012 : 2000 m³ AG4/8-370 – remblai léger couvrant tout le réseau d'égouttage sous une couche de sable et de pavés béton
- Port Uilenhave (NL) – 2012 : 9000 m³ AR4/10-430 & AG4/8-370 – remblai léger pour mur de quai
- Plateforme d'accès à l'Hôpital militaire d'Antwerpen : 900 m³ AG 4/8-320
- Esplanades entre bâtiments urbains à Ezelspoort Brughes : 500 m³ AR 8/16-340

- Remblai drainant en espaces périphériques de pavillons à Nieuwpoort : 500 m³ AR 8/16-340 drainage
- Port Zeebrugge (BE) – 2012 : 2700 m³ AR8/16-340 – remblai léger pour mur de quai
- Les Trefles Passive School Brussels (BE) – 2014 : 12000 m³ AR8/16-340 – remblai léger pour fondation compensée

8 – Aspects environnementaux et sanitaires

L'association européenne pour l'argile expansée (EXCA European Expanded Clay Association) a produit une brochure qui résume l'impact environnemental de l'argile expansée. Une brochure sur l'Economie Circulaire est aussi en cours de révision.

L'entreprise ARGEX a entamé une démarche qui a conduit à la production des FDES (Fiche de déclaration Environnementale et Sanitaire) au sens de la norme NF EN 15804 :

Produit	N° de FDES
Remblais légers en argile expansée ARGEX GEO AG4/8-370	1-136:2021
Remblais légers en argile expansée ARGEX GEO AR4/10-430	1-137:2021
Remblais légers en argile expansée ARGEX GEO AR8/16-340	1-138:2021
Remblais légers en argile expansée ARGEX GEO AG0/4-500	1-139:2021

Les principales informations concernant le cycle de vie et l'impact environnemental de la production d'argile expansées sont résumées dans les points suivants :

Ressource durable

L'argile est un matériau naturel extrait en carrière à proximité de l'usine d'élaboration. 1 m³ d'argile extraite permet de produire 5 m³ de granulat léger.

L'argile est un matériau largement disponible et renouvelable à la surface de la terre, et le processus d'élaboration ne nécessite aucun élément rare. Ainsi, l'industrie qui produit des granulats légers ne contribue pas à épuiser les ressources naturelles rares.

Son poids léger est un atout pour le transport du produit car cela réduit la production de gaz à effet de serre provenant du trafic routier et nécessite moins de véhicules.

Les carrières d'argiles sont aménagées avec le souci de protéger l'habitat et la biodiversité. Les zones d'extraction anciennes sont réhabilitées pour créer de nouveaux habitats favorables à la biodiversité. Aucune zone industrielle abandonnée n'est due à l'économie du granulat léger.

Légèreté

L'argile expansée est un matériel très léger qui crée un volume 5 fois supérieur au volume d'argile extraite initialement. Utiliser de l'argile expansée réduit la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ dans le secteur de la construction et du transport. Moins de camions et moins de consommation de fuel pour son acheminement aux chantiers, réduisent l'impact carbone du transport.

Durabilité

L'argile expansée est durable et stable dans le temps. Aucune de ses caractéristiques essentielles comme sa résistance mécanique, thermique ou sa résistance au feu n'est dégradée. Elle est robuste et à une bonne résistance à l'usure en général

Recyclage

L'argile expansée se prête idéalement au recyclage. Une opération de recyclage réussie reposera essentiellement sur une bonne planification de l'opération.

La plupart des matériaux recyclés proviennent de chantier de démolition et les récents guides (Sétra, 2010²) recommande d'étudier en amont le gisement des déchets et de préconiser des mises en stocks bien distinctes pour chaque type de matériau valorisable.

Le recyclage recherchant le réemploi permet de réduire l'utilisation des ressources naturelles. Le recyclage ne concerne que les applications « liées » avec l'argile expansée (béton, bitume etc).

Réemploi

L'argile expansée en vrac peut être réutilisée à l'infini sous réserve qu'elle ne soit pas contaminée. Par exemple, les remblais routiers peuvent être démontés et valorisés dans un nouveau projet routier pour créer de nouvelles formes en remblai ou remblayer des parties techniques.

L'argile expansée utilisée en isolation thermique de toit peut être reconditionnée et incorporés sur de nouveaux toits ou pour d'autres usages sur d'autres bâtiments. Elle peut également être incorporée dans du béton léger.

Impact sur l'environnement

Les granulats d'argile expansée Argex, proviennent d'argile naturelle. C'est un granulat inerte présentant une stabilité chimique pertinente tant dans sa composition que dans son comportement en contact avec l'eau, le sol, le béton ou le métal.

Les caractéristiques pertinentes à prendre en compte pour les applications en vrac (remblais en contact avec le sol et l'eau) sont les valeurs issues des essais de lixiviation, qui permettent d'évaluer le relargage des métaux lourds. Argex présente depuis 1996 un certificat aux Pays-Bas pour son utilisation en contact avec l'eau du sol en se conformant aux limites requises.

Les résultats obtenus autorisent une utilisation en l'état pour toutes techniques de construction.

L'argile expansée est à ce jour le seul granulat léger pour les applications en vrac selon EN 15732 à être accepté par la Commission EUR sur base du Dossier RDS (Regulated Dangerous Substances).

Cela permet de réduire le nombre de métaux lourds ou anions à tester par rapport aux 19 substances initiales, aux 3 éléments suivants : As, Mo & SO₄.

² Des études préliminaires au chantier : diagnostic des déchets de la route – Proposition d'une démarche. Sétra, 2010.

PARTIE II. CARACTERISATION DU PRODUIT ET DU PROCEDE RESULTATS D'ETUDES ET REFERENCES.

1 - Caractérisation du produit et du procédé.

1- 1 Vérification de la conformité au chapitre I.

- **Le produit.**

Le granulat léger d'Argex est un matériau naturel obtenu après un process spécifique de cuisson et refroidissement. Le produit est conforme à sa description. L'entreprise propose différentes classes granulaires, concassés ou ronds selon l'usage recherché.

- **Le procédé de mise en œuvre.**

Ce matériau particulier permet de répondre à des problèmes techniques de type remblais sur sols compressibles, remblais contigus à des ouvrages sensibles, aménagements paysagers, remblayage en milieu urbain complexe, drainage des eaux souterraines, etc.

Ses particularités imposent un suivi strict du cahier des charges, proposé par le fabricant.

Certains points sont particulièrement sensibles comme par exemple :

- La nécessité de pomper les eaux avant la dépose du matériau pour éviter l'entraînement par flottation des granulats, dont la densité est, on le rappelle, inférieure à 1 ;
- Le besoin d'un blocage latéral et en surface pour bénéficier intégralement des propriétés mécaniques du matériau une fois mis en place.

1 - 2 Résultats d'études et suivis de chantier.

- **Résultats d'études sur le produit et le procédé :**

De très nombreuses études et essais en laboratoire ont été conduits par l'entreprise Argex en Belgique. Ces résultats sont disponibles et synthétisés dans un document fournis par l'entreprise et étayant les conclusions pour son emploi en France.

Les nombreux retours d'expérience d'utilisation de granulats légers en infrastructure montrent qu'il est possible de réaliser des plateforme supports de très bonne qualité permettant d'obtenir une plateforme de type PF2 voire PF2qs selon la norme NF P98-086³.

Une planche d'essai réalisée en vraie grandeur en juin 2020, a permis de valider ces performances avec le granulat AR 8/16-340 de chez Argex, testé à la Dynaplaque 2.

Il a été ainsi montré qu'une couche de blocage de 30 cm d'épaisseur avec une GNT calcaire 0/31,5mm sur le matériau AR 8/16mm permettait d'obtenir 50 MPa sur la plateforme ainsi compactée.

Il s'agit d'une valeur prudente, que l'on peut recommander sans autre forme de planche d'essai ou de vérification.

³ Dimensionnement structurel des chaussées routières – Application aux chaussées neuves

L'exploitation de références de chantier réalisées en France avec des mesures de plaque ou de Dynaplaque montrent néanmoins qu'il est très largement possible d'optimiser les épaisseurs de couche de blocage, pour peu que l'entreprise démontre, dans les conditions du chantier, qu'elle peut obtenir les performances attendues au CCTP.

Il est ainsi envisageable de réduire les épaisseurs de la couche de blocage pour une PF2 à 10 ou 20 cm selon le granulat d'Argex utilisé, et pour une PF2qs à 30 ou 40 cm.

- **Résultats de suivis de chantier** : aucune enquête, autre que l'exploitation des références de chantier fournies par l'entreprise, n'a été réalisée dans le cadre de cet avis.

2 - Etat de développement de la technique et références ayant fait l'objet d'un suivi.

2 - 1 Etat de développement de la technique

La technique étant relativement aboutie et bien maîtrisée, notamment en Belgique et aux Pays-Bas, il n'y a pas de développement attendu dans les prochaines années, hormis la possibilité d'investir de nouveaux débouchés comme la réalisation de plateforme d'infrastructure en France.

2 - 2 Références suivies

Il n'y a pas eu de suivi spécifique de chantier ancien dans le cadre de cet avis

PARTIE III. AVIS D'EXPERT

Le granulat léger d'Argex présente de nombreuses possibilités d'utilisation en génie civil.

Son domaine d'emploi principal porte sur la réalisation de remblai léger, avec de très nombreuses références d'utilisation en Belgique et aux Pays-Bas.

Le présent avis porte plus précisément sur la possibilité d'utiliser le granulat léger d'Argex en tant que matériau de plateforme support d'infrastructure, notamment l'AR 8/16 -340, testé en planche d'essai en juin 2020.

Pour les autres granulats auquel l'avis technique fait référence :

- AR 4/10-430 qui est une autre coupure du granulat de forme arrondie,
- AG 0/4-500 et AG 4/8-370 qui sont deux coupures du granulat concassé ;

les recommandations d'emploi du 8/16 mm peuvent leur être extrapolées, leurs caractéristiques principales étant relativement proches.

Le granulat AR 4/10-430 présente même des caractéristiques mécaniques meilleures que les trois autres coupures, ce que l'on retrouve notamment dans les résistances en compression (essais réalisés par le CRR) du tableau ci-dessous :

Tableau 5 : extrait du dossier GEO d'Argex : valeurs de résistance à la compression sur matériau confiné en moule

		normes		AR8/16-340	AR4/10-430	AG4/8-370	AG0/4-500
Résistance à la Compression confinée	10% déformation - valeur déclarée	EN 15732 (EN 1097-11)	kPa	> 460	> 900	> 580	> 600
			t/m ²	>46	>90	>58	>60
	Moyenne		kPa	670	1120	620	940
	2% déformation - design		kPa	> 270	> 540	> 290	> 300
			t/m ²	>27	>54	>29	>30
	Moyenne		kPa	350	620	320	410
	1% déformation - design		kPa	> 230	> 430	> 240	> 250
			T/m ²	>23	>43	>24	>25
	Moyenne		kPa	290	480	260	280

L'absence de cohésion de ce matériau, dont le comportement est proche d'un sable, rend en effet difficile la réalisation des essais de portances connus (plaque, Dynaplaque, plaque dynamique légère, etc.) et justifie la rédaction d'un avis permettant d'évaluer les performances pour un dimensionnement de plateforme au sens de la norme NF P98-086.

1 – Les caractéristiques du produit et du procédé:

1 - 1 produit

Il n'a pas été réalisé d'essais supplémentaires en laboratoire sur ce matériau.

Ce matériau est particulièrement intéressant pour ses propriétés environnementales de très faible impact.

1 - 2 procédé.

Le procédé de fabrication est très ancien et connu. Il permet d'obtenir un matériau aux caractéristiques maîtrisées et répétables dans le temps.

L'argile extraite est d'abord malaxée et homogénéisée en usine. Après extrusion, des bâtonnets d'argile sont ensuite cuits à haute température dans des fours rotatifs, ce qui donne l'aspect arrondi et alvéolaire du matériau en sortie de four.

Une fois refroidi, le procédé d'élaboration du granulat léger commercialisé est classique aux installations de carrières traditionnelles et comprend des opérations de criblage, concassage et stockage.

2 - Le comportement en place :

2 - 1 durabilité

Le matériau présente des caractéristiques de durabilité certaines au vu des références de chantier notamment au Pays-Bas et en Belgique, et des résultats d'essais présentés par le fournisseur.

Il est particulièrement bien connu en France par les paysagistes qui l'utilisent comme substrat en mélange à de la terre.

2 - 2 suivi des ouvrages

Les retours d'expérience en France sont à capitaliser dans l'avenir.

2 - 3 le domaine d'utilisation et limites d'emploi.

Le domaine d'utilisation et les limites d'emploi sont clairement définis par le fournisseur Argex.

2 - 4 les procédures à respecter.

- études préalables,
- réception du produit,
- la technique de pose,
- les contrôles nécessaires (points particuliers, points sensibles),
- les finitions du chantier,
- la définition de la maintenance.

Eventuellement, intérêt économique.

Annexe à l'Avis Technique

CAHIER DES CHARGES DE MISE EN ŒUVRE DE GRANULAT LEGER ARGEX

Pour la réalisation des travaux, un certain nombre de précautions doivent être prises. Le présent cahier des charges de pose définit ces précautions sous la forme de règles spécifiques à appliquer au produit concerné. Il est conseillé de respecter ces règles pour le bon fonctionnement et la pérennité du produit, et d'y faire référence dans le C.C.T.P.

La mise en œuvre des granulats légers d'Argex suit certaines règles. Ces règles concernent :

- la préparation du support,
- la pose de géosynthétiques anti-contaminant sous et sur la couche de granulats légers,
- le suivi des règles de mise en place et de compactage,
- la réalisation des ouvrages de blocage latéraux et des couches de blocage en surface.

1 - PREPARATION

a) Réception, manipulation et Stockage sur chantier

Les granulats sont livrés par camion benne ou par camion-citerne pour soufflage.

La manipulation des granulats d'Argex peut être assurée en utilisant un matériel classique, mais une attention est nécessaire pour éviter le concassage des granulats de façon excessive. Les granulats seront stockés comme les matériaux conventionnels (LCPC-Sétra, 1981). On évitera tout risque de contamination par d'autres matériaux durant la manipulation et le stockage.

b) Préparation du sol support avant mise en oeuvre

Le sol support sur lequel le remblai d'Argex est posé (fond de fouille, terrain naturel...), doit être aplani selon les recommandations classiques. Les sols de mauvaise qualité sont à purger selon les recommandations du chantier à réaliser.

La préparation de cette couche avant pose des granulats d'Argex comprend généralement un nettoyage classique du site de construction en milieu urbain. En milieu naturel, la terre végétale est en général enlevée et stockée à part. Le fond est ensuite aplani et légèrement compacté. Un **géotextile anti-contaminant** est placé entre le sol support et le remblai d'Argex.

Un excès d'eau dans l'excavation doit être évité et doit être pompé jusqu'à un **niveau acceptable** (afin de diminuer les risques de flottaison). Cet excès d'eau peut causer des problèmes à la mise en œuvre des granulats et réduire les effets du compactage. *Voir Note sur les Geotextiles.*

c) Disposition constructives avant la mise en oeuvre

L'Argex doit être mis en œuvre par couche après installation de tout support latéral (accotement), voire support existant (structure en béton, etc) pour être complètement enveloppé.

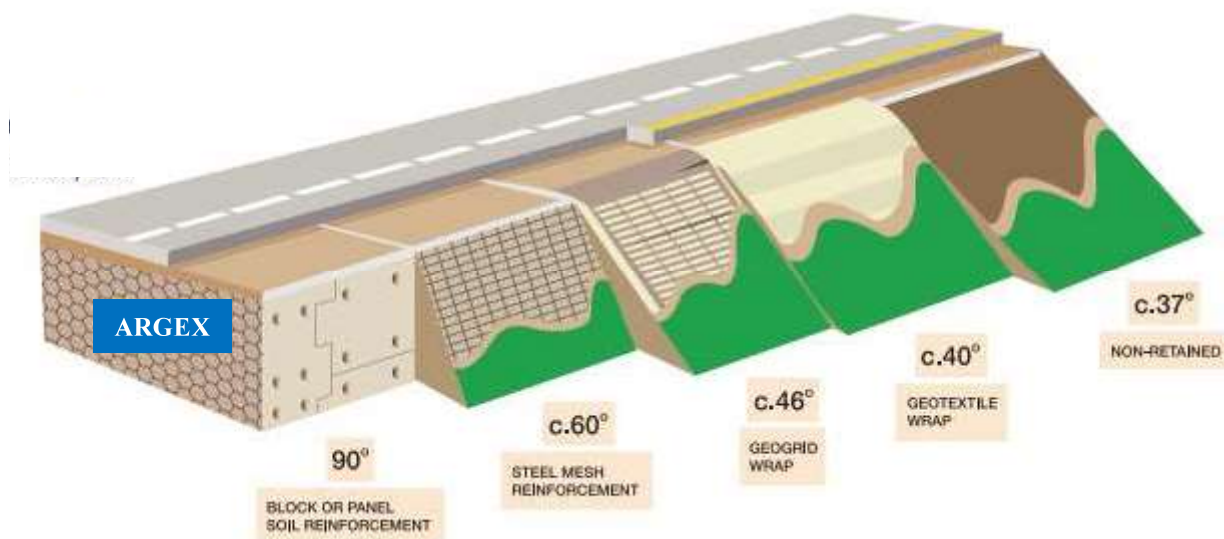


Figure : Exemples de supports latéraux :

L'assainissement de chantier doit être réalisé avant la pose du granulat léger et les exutoires doivent être en état de fonctionnement au moment des travaux. En cas de besoin, du pompage provisoire est prévu pour évacuer l'excédent d'eau libre à la surface du chantier, dans la zone où le granulat d'Argex doit être mis en œuvre.

2 – REALISATION DES TRAVAUX

a) Pose d'un géotextile de séparation

Les géotextiles sont des matériaux tissés, non tissés ou tricotés, perméables, à base de polymère.

La fonction remplie par le géotextile dans la construction peut être : anti-contaminant, filtration, drainage, renforcement, protection d'une barrière d'étanchéité ou une combinaison de ces fonctions. Les géotextiles sont conformes, selon leur application, aux normes harmonisées NF EN 13249 à 13257, NF EN 13265, NF G38-060 à 61, et G38-063.

Les principaux géotextiles utilisés seront de type **anti-contaminant** (entre le sol et Argex, entre Argex et support latéral ou la couche supérieure).

Les géotextiles anti-contaminant doivent garantir simultanément la fonction de séparation des couches de granulométrie différente et la fonction de filtration pour préserver une perméabilité satisfaisante sans risque de colmatage.

Les caractéristiques minimales des géotextiles anti-contaminant et des géotextiles utilisés pour les systèmes de drainage doivent respecter les critères suivants donnés à titre indicatif.

- Résistance à la traction en SM et ST : ≥ 10 ou 15 KN/m
- Allongement à la rupture en SM et ST : ≥ 10 ou 20%
- Résistance à la perforation statique : ≥ 1 ou 1.75 kN
- Résistance à la perforation dynamique : $\leq 27 \text{ mm}$
- Dimensions des pores : $O90/d90 : \leq 2 \mu\text{m}$
- Perméabilité à l'eau : ≥ 16 ou $34 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Note Ces caractéristiques peuvent être modifiées sur base d'une étude et d'un calcul fait par l'entrepreneur.

Les géotextiles doivent être posés à plat, sans dépressions, plis ou autres inégalités similaires. Les bandes de géotextile sont posées avec **un recouvrement minimal de 50 cm dans le sens transversal et de minimum 1 m dans le sens longitudinal** (PTV 829).

Toute circulation sur géotextile est interdite avant la mise en œuvre de minimum 30 cm de matériaux de remblais afin d'éviter tout endommagement du géotextile.

Les prescriptions et spécifications des géotextiles sont transmises selon application par les fournisseurs agréés.



Figure : Market place / Place du Marché - Papendrecht – Pays-Bas

b) Mise en œuvre par couches et compactage

L'Argex doit être mis en œuvre par couche de maximum 1 m

Il faut éviter de rouler avec les camions directement sur l'Argex. Les granulats sont étalés par un équipement classique comme des excavatrices, boueur ou chargeur (à chenille). Cette mise en place peut aussi être combinée avec la procédure de compactage.



Livraison par camion benne



ou par camion-citerne



Etalement – mise en œuvre au godet de pelle



Mise en œuvre avec une grue



Mise en œuvre avec un bouteur par exemple



Installation par soufflage avec camion-silo

L'installation directe sur le site par soufflage pneumatique est préconisée lorsque les accès sont difficiles. Il est possible de souffler sur une distance de 100 m horizontal et plus de 20 m vertical selon les circonstances (les possibilités pratiques sont à confirmer selon chaque cas spécifique).

De ce type de mise en œuvre résulte une compaction initiale des granulats et donc réduit la nécessité de compactage supplémentaire après installation.

Le **trafic direct sur l'Argex** avec des véhicules ou équipements à pneus dont la pression est supérieure à **50 kN/m²** (5 T/m²) doit être évité.

Pour permettre **uniquement** ce **trafic temporaire**, il faudra prévoir un chemin d'accès réalisé au-dessus de l'Argex.

Pour ce faire, on posera sur l'Argex un **géotextile anti-contaminant** et ensuite **une couche de granulats en vrac** (type grave, granulats recyclés, etc. – matériaux conformes aux règlements nationaux) pour le chemin d'accès :

- Soit **300 mm** d'épaisseur avec des matériaux non liés
- Soit **150 mm** d'épaisseur si ceux-ci sont liés au ciment ou bitume. Voir moins selon les charges à prévoir.

Cette option est possible avec des graves, matériaux recyclés etc. non liés lorsque la présence de fines est importante.



Figure : à gauche : Accès sur Argex avec une piste spécialement créée pour un trafic de chantier ; à droite : passage d'un véhicule léger sur ARGEX AG0/4-500 concassé (humidité 26%)

Un autre moyen de créer ce chemin d'accès pour les camions sera de poser sur l'Argex des plaques d'acier (figure).



Figure : essai sur l'Argex AR8/16 à la Dynaplaque 2 – l'engin circule sur des plaques d'acier

Dans le cas d'un trafic piéton ou d'un trafic très léger, moyen de stabiliser l'ARGEX en surface pour créer une aire de travail avant la pose des couches supérieures, par épandage d'un coulis de ciment et création d'un béton léger en surface du remblai compacté :



Stabilisation de la surface au lait de ciment (12 L/m² - 50% eau + 50% ciment)

- Créer une aire de travail stable
- Créer des pentes etc
- Possible compactage plaque vibrante

d) **Compactage.** conformément au guide Remblayage des tranchées ou au GTR92

Généralement les remblais avec l'Argex sont utilisés dans le cas de mauvais sols et peu porteurs, voire compressibles. Il peut être difficile d'obtenir un compactage suffisant de ce remblai sur ce type de sous-sol due au manque de réaction de celui-ci. Il faudra apporter une attention particulière à ce compactage.

Pour la plupart des granulats d'Argex de type rond, le compactage optimal visé réduit le volume des vides de l'ordre de 12-16% et de 20 à 26% avec des granulats concassés selon la granulométrie (type 4/8 ou 0/4). Voir « degré de compactage – optimum » ci-dessous.

Avec le **soufflage pneumatique**, un compactage initial de l'ordre de 5% est possible.

Un compactage excessif est à éviter, car il conduira à créer plus de concassés (et de fines) dans le cas de granulats ronds et à augmenter le volume requis de granulats par rapport au volume théorique.

Le compactage de l'Argex demande moins d'énergie que les matériaux conventionnels et sera réalisé par couche de maximum 0,60 à 1,00 m.

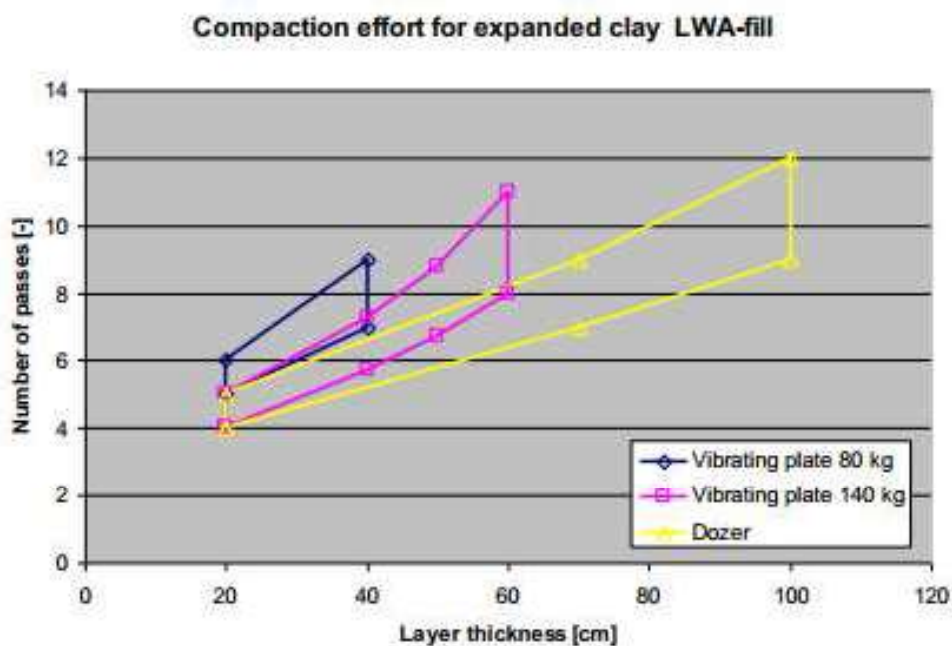
L'équipement et la procédure de compactage est lié au type de structure. Le compactage de petites zones et proches de structures requiert un plus petit et plus léger équipement que le compactage de grandes zones pour routes ou autres applications.

Comme l'énergie requise est plus faible que les matériaux conventionnels, il n'est pas recommandé d'utiliser un équipement lourd ou avec un niveau de contact élevé (**pression < 50 kN/m² ou 5 T/m² - à chenille – de préférence de l'ordre de 2-3 T/m²**). Des équipements à rouleaux (avec vibration) en contact direct avec l'Argex sont à éviter pour les granulats Argex ronds. Cette approche est parfois possible pour l'Argex concassé humide (0/4G – 4/8G). Pour des couches de faible épaisseur (20 – 40 cm), on recommandera l'utilisation de plaques vibrantes ou de boteur léger (le compactage sera idéalement combiné avec la mise en œuvre).

Un sur-compactage, ainsi que l'utilisation de poids trop élevés n'auront d'effet que de concasser les granulats (plus de fines) avec pertes de volume sans pour autant améliorer la capacité portante !! voir Compression Confinée et commentaires ci-dessous.

Recommandations :

COMPACTAGE	poids (kg)	dimensions (cm)	impact (kN)	Pression sol (kN/m ²)	fréquence (Hz)	Nb. de passes / couche (cm)
COMPACTAGE SUR ARGEX						
PLAQUE VIBRANTE	50 – 140	50 – 80 largeur	15 – 30	< 5	75 – 100	140 kg : 3 (/30 cm) à 8 (/60 cm) 80 kg : 4 (/30 cm) à 6 (/40 cm)
BOUTEUR (chenille)				< 50		5 (/50 cm) – 10 (/100 cm)



Epaisseur à compacter vs nombre de passes (plaque 80 – 140 kg ou boteur/dozer)

Remarque : si un remblai d'Argex est exécuté sur une dalle de béton ou autre éléments rigide en couche de remplissage, une attention particulière sera requise pour le compactage afin d'éviter un sur-compactage, voire dégradations des granulats et pertes de volumes inutiles. Le degré de compactage « optimum » restant la cible à poursuivre.



Compactage au bouteur à chenille



Figure : à gauche : Compactage à la plaque vibrante légère ; à droite : compactage au rouleau vibrant léger

Degré de compactage du remblai

Comme rappelé précédemment, il n'y a pas d'optimum de compactage à rechercher lors de la mise en œuvre mais une réduction du foisonnement lié à la mise en place du matériau (voir figure ci-dessus). Le **degré de compactage peut être contrôlé par nivellement ou par contrôle du volume relatif**.

Le nivellement est exécuté au niveau supérieur de la couche d'Argex et le degré de compactage devrait être estimé comme la déformation moyenne en provenance de minimum 5 points de mesures par surface de 1000 m².

Il faut aussi bien noter les changements de profil du remblai et pente, qui pourraient influencer les mesures de compactage basé uniquement sur le nivellement (mesurages topographiques seront préconisées).

L'approche de niveau est la plus appropriée pour les granulats légers avec un objectif de tassement (réduction du volume par compactage).

En se conformant aux recommandations de compactage, on devra retrouver les valeurs types données par la caractéristique «Réduction du volume par compactage - Optimum» pour chaque granulat (tableau ci-dessous).

Le taux de compactage sera un des critères d'évaluation de la compacité ou portance, complété par les essais in-situ.

La norme **EN 14063-2** présente une clause assez claire à ce sujet :

L'installateur doit garantir que le degré de compactage spécifié par le client ou le concepteur est obtenu. Le degré de compactage en pourcentage (Cp) doit être calculé à l'aide de la Formule suivante :

$$C_p = 100 \cdot (d_{m,b} - d_{m,a}) / d_{m,b}$$

où :

- $d_{m,b}$ est l'épaisseur installée moyenne avant compactage, m
- $d_{m,a}$ est l'épaisseur installée moyenne après compactage, m

En cas de litige, la détermination de la masse volumique et du degré de compactage du produit installé doit être évaluée par la méthode donnée en Annexe A

3 - OUVRAGES ANNEXES.

a) Drainage.

Le granulat léger d'Argex présente des propriétés de drainage très intéressante. Le corps de l'ouvrage peut ainsi stocker de l'eau et faciliter l'évacuation des eaux naturelles qui circulent au niveau des sols supports.

Les études géotechniques de projet définissent en général les besoins d'évacuation d'eau naturelles par drainage et prévoient les autorisations loi sur l'eau en conséquence.

En association avec l'ouvrage en granulat léger il convient alors d'associer des dispositifs d'évacuation de l'eau libre par des dispositifs drainants dont le débit sera adapté aux quantités d'eau à évacuer. Une étude hydrogéologique associée au projet permettra de définir ces besoins.

Le dispositif drainant pourra être inclus avec l'ouvrage et se limitera dans ce cas à la pose d'un drain (type drain routier ou drain annelé). Il pourra également être composé de dispositifs préfabriqués de type écrans drainants.

Le raccordement du dispositif drainant à l'exécutoire est impératif et doit être testé avant réception définitive de l'ouvrage, par exemple par des tests à l'eau.

b) Passage de canalisations : RAU, etc..



Excavation aisée dans l'Argex AG4/8 ou ici dans le AG0/4 concassé. Les opérateurs de câbles et de pipelines ne permettent généralement pas de matériaux autres que du sable dans une tranchée. Le sable Argex AG0/4 a des propriétés similaires au sable, mais il est alors considérablement plus léger. Tout comme pour le sable, la coupure verticale ne pose aucun problème.

c) Réalisation des couches de surface au-dessus de l'Argex

Il est très important pour la stabilité de l'ensemble de la structure, d'obtenir un compactage efficace des couches supérieures au-dessus de l'Argex, car elles permettront de bloquer le matériau en surface et d'obtenir l'effet d'enclume nécessaire pour les structures à venir.

Un géotextile anti-contaminant entre la couche d'Argex et les couches supérieures est recommandé !

Les équipements préconisés pour le compactage des matériaux non liés au-dessus de l'Argex sont à rouleaux avec vibration (et à oscillation) avec la possibilité d'ajuster l'amplitude et/ou la fréquence.

Le poids du rouleau et l'énergie de compactage doivent être considérés selon **l'épaisseur et le type de matériau utilisé**

Le compactage de la première couche de blocage pourra être réalisé selon les recommandations du Guide Réalisation des remblais et des couches de formes (GTR92) LCPC-Sétra de 1992.

Les couches de blocages sont souvent composées de GNT⁴ de type 0/31,5mm. Des graves recyclées, valorisant notamment les bétons concassés (de type GR⁵) sont aussi fréquemment mise en œuvre notamment en milieu urbain.

Dans le cas d'une GNT naturelle, un granulat de carrière avec un LA et de MDE < 45 est recommandé, avec moins de 12% de fines (passant à 80µm) et une VBS < 0,1g bleu/100g de sol (NF P94-068). Les recommandations de compactage dépendent ensuite de la nature pétrographique du granulat :

- En cas de graves calcaires, les recommandations de compactage pour un R21 pourront être suivies,
- Pour une grave métamorphique ou volcanique, ce sont celles d'un R61 qui pourront être suivies,
- Pour une grave d'origine siliceuse, ce sont les recommandations d'un R41 qui seront suivies.

Les recommandations s'expriment dans le tableau de la Figure 8, en fonction de la nature du matériau et du compacteur réellement utilisé sur chantier. Ces recommandations fixent les épaisseurs maximales compactée « e » en cm, la vitesse optimale de compactage « V » en km/h et le nombre d'application de charge « N » (en cas de compacteurs à double bille, diviser cette valeur par 2 pour obtenir le nombre de passes).

Les compacteurs seront classés en fonction de leurs performances selon les normes en vigueur :

- AFNOR (1992). NF P98-736. Matériel de construction et d'entretien des routes. Compacteurs – Classification

Le compactage des couches supérieures sera réalisé par un équipement à rouleaux vibrants avec un poids de 15 à 50 kN, une amplitude de type 0.4 mm et une fréquence de type 30-60 Hz.



À gauche: compacteur à cylindre vibrant en tandem de classe PV (T1bv ou T2bv) (reference au guide remblayage des tranchées de 1994) – à droite, compacteur vibrant monocylindre de classe VM ou V (référence au GTR92)

5 - FINITIONS - REMISE EN ETAT DES LIEUX

Sans objet

6 - MAINTENANCE

Sans objet

⁴ GNT Grave Non Traitée

⁵ GR Grave Recyclée

TABLEAUX DE COMPACTAGE POUR L'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

R_1 (*), R_{21} (*), R_{22} (*), R_{23} (*), R_{41} (*), R_{42} (*), R_{61} (*), R_{62} (*), F_2

Compacteur Matériau	P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4	V5	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ4
R_1 (*)	Q/S			0.020		0.020	0.025	0.030									
	e		0.20			0.20	0.30	0.30	0.35								
	V	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0
	N		10			10	12	10	12								
	Q/L		100			40	50	75	60								
R_{21} (*) R_{41} (*) R_{61} (*)	Q/S	0.025	0.035		0.025	0.035	0.050	0.060									0.025
	e		0.20	0.30		0.25	0.30	0.35	0.30	0.50	0.30	0.60					0.20
	V	0			0								0	0	0	0	0
	N		8	9		10	9	10	6	10	5	10					8
	Q/L		125	175		50	90	70	150	100	240	120					25
R_{22} (*) R_{23} (*) R_{42} (*) R_{62} (*)	Q/S	0.020	0.025		0.020	0.030	0.040	0.050									
	e		0.20	0.25		0.20	0.30	0.30	0.40	0.30	0.50						
	V	0			0								0	0	0	0	0
	N		10	10		10	8	10	6	10							
	Q/L		100	125		40	60	100	80	150	100						
F_2	Q/S	0.030	0.040		0.020	0.030	0.040	0.050									
	e		0.25	0.35		0.20	0.30	0.30	0.40	0.30	0.50						
	V	0			0								0	0	0	0	0
	N		9	9		10	8	10	6	10							
	Q/L		150	200		40	60	100	80	175	100						

Q/S (m)
e (m)
V (km/h)
N -
Q/L (m³/h.m)

(*) Impose que $D_{max} < 2/3$ de l'épaisseur de la couche compactée.

(1) S'assurer de la traficabilité du compacteur.

0 compacteur ne convenant pas

Figure 8 : extrait du GTR92, fasc.II, page 102

Annexe A

Méthode de détermination de la masse volumique et du degré de compactage du produit installé (extrait de la norme et méthode de calcul pour le granulat léger d'Argex)

Principe : Un échantillon est prélevé dans la couche au moyen d'un tube enfoncé verticalement à travers la couche de granulats légers d'argile expansée LWA. Une fois l'échantillon retiré, l'épaisseur de la couche est mesurée et la masse volumique et le compactage sont corrélés à un échantillon prélevé sur les granulats légers d'argile expansée à la livraison.

Cette méthode permet de calculer, après prises d'échantillons et mesures, la masse volumique de référence et compactée ; ainsi que le degré de compactage.

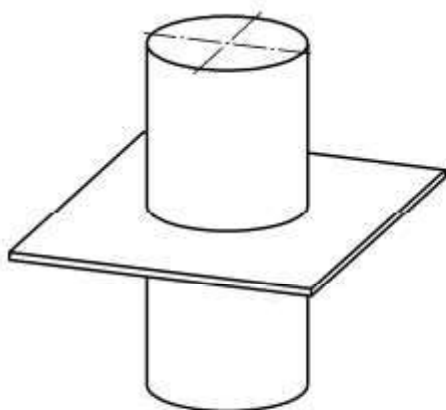


Figure A.1 — Cylindre et plaque

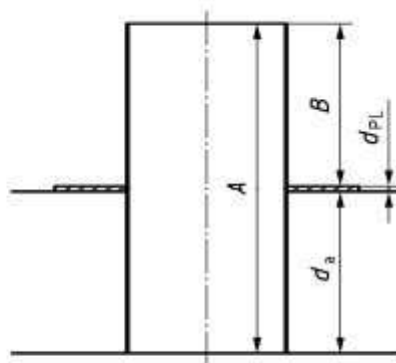


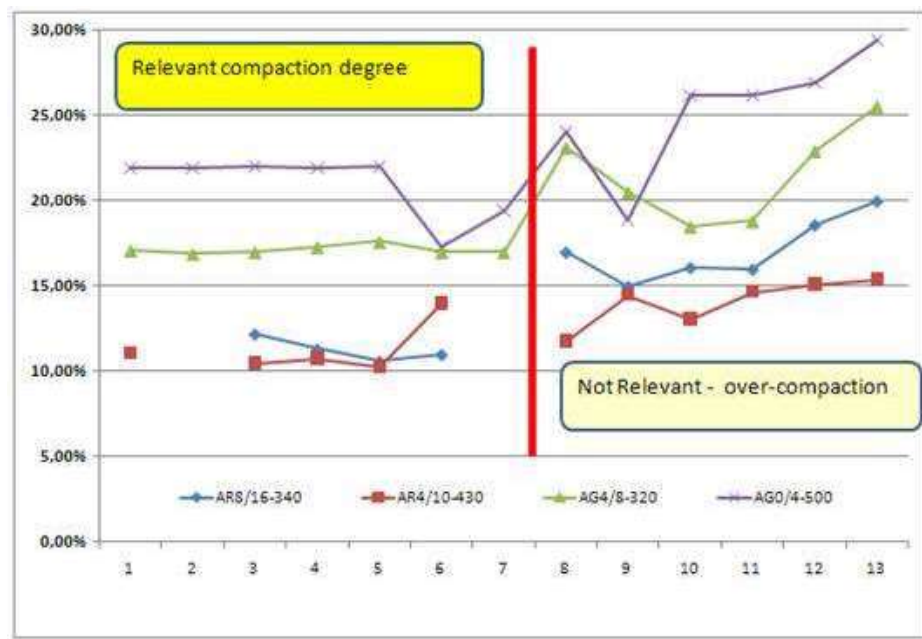
Figure A.2 — Dimensions

Légende

- A hauteur libre à l'intérieur du cylindre
- B hauteur libre en dehors du cylindre
- d_a épaisseur d'isolant installée après compactage
- d_{pl} épaisseur de la plaque de contreplaqué

Réduction de volume au compactage normal (degré de compactage) – valeurs “Optimales” à atteindre :

AR 8/16 340	AR 4/10 430	AG 4/8 370	AG 0/4 500
ROND	ROND	CONCASSE	CONCASSE
16 %	13 %	22 %	26 %



Exemple d'essai selon la EN 14063-2 :

SAMPLE BEFORE COMPACTION						SAMPLE AFTER COMPACTION					
MOISTURE + LBD DRY EN 1097-3 + EN 1097-5						APPARATUS					
				volume container (L)	10			N°1	N°4		
	weight wet (gr)	weight dry (gr)	moisture (%)	LBD wet (kg/m³)	LBD dry (kg/m³)	A - total height tube inside	mm	400			
SAMPLE 1				0	0	B - Height tube outside (above plate)	mm	0	205	0	
SAMPLE 2				0	0	dpl thickness plate	mm	25			
SAMPLE 3	4080	3766	8,3%	408	377	di inner diameter tube	mm	230			
						THICKNESS before compaction (db)	mm				
						THICKNESS after compaction (da)	mm	375	170	375	306,667
						VOLUME sample (Vlay)	m³	0,01558	0,00706	0,01558	0,01274
							L	15,58	7,06	15,58	12,74
						mass of dry material (m2)	kg		3,068		
						COMPACTED dry DENSITY (ρcomp)	kg/m³	0	454	0	145
						DEGREE OF COMPACTION (Cp)			13,3%		13,3%
									OK		

comparison with
GEO Dossier





Les essais de Compression confinée-Compressibilité (voir 3.1.1.4.1) ont aussi démontré qu'un sur-compactage et donc une compressibilité importante ne permet pas d'améliorer les résultats. Le principe est de suivre cet optimum pour le degré de compactage (comme montré dans les essais Triaxiaux).
Voir particulièrement la relation Compressibilité vs Compression confinée.

Afin de mieux apprécier le risque de sur-compactage avec un degré de compactage élevé et l'impact sur la granulométrie (concassage des granulats) et sur la densité; des essais de Compressibilité selon EN 1097-11 ont été menés au CRR (rapport RE-EP-012018-1/1101 – Compressibility - 2019) avec différents poids sur Argex pendant la vibration (temps fixe de 3').

Soient des poids de 12.5 kg prévu initialement par l'essai (équivalent à 400 kg/m², donc une plaque vibrante) avec augmentation jusqu'à l'équivalent de 3000 et 5000 kg/m².



Dispositif de compactage, réhausses et surcharges

L'augmentation des densités après vibration (compactage sous poids) est édifiante pour le 8/16R et le 4/8G.

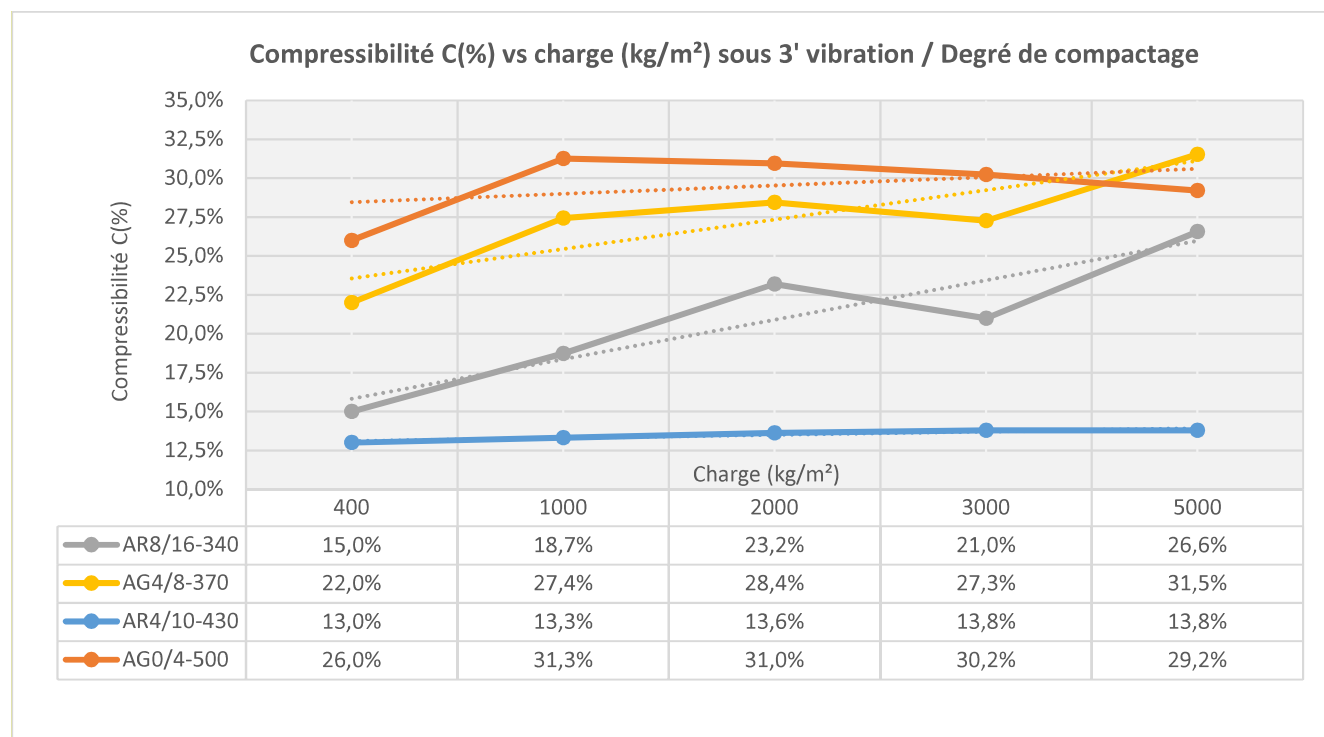
Voir l'augmentation de la compressibilité dans le graphique ci-dessous.

Le 4/10R reste stable grâce à sa résistance à l'écrasement 2 fois plus élevée que les 8/16R et le 4/8G.

Les résultats des 4/8G et 8/16R sont confirmés par la granulométrie AVANT et APRES vibration – en considérant l'équivalent de 5000 kg/m², on retrouve :

- 2.5 fois plus de fines < 8 mm pour le 8/16R
- 7 fois plus de fines < 4 mm pour le 4/8G

Pas d'impact de la granulométrie pour le 0/4G et pour le 4/10R. On constate aussi dans le graphe leur stabilité. Les granulats sont testés à l'état sec, sauf le AG0/4 (+/- 40% d'humidité, typique des stocks extérieurs et de l'optimum de compactage).



Pour conclure, il sera fortement conseiller de suivre l'optimum du degré de compactage par type de granulat en adaptant les charges lors du compactage avec un suivi strict du niveau avant et après compactage (voir aussi méthode EN 14063-2). Un sur-compactage de l'ARGEX n'améliorant pas la compression (portance) – voir clause Compression Confinée.

			AR 8/16 340 ROND	AR 4/10 430 ROND	AG 4/8 370 CONCASSE	AG 0/4 500 CONCASSE
Masse volumique en vrac (sèche, non compactée)	kg/m³		340	430	370	500
Masse volumique en vrac (sèche & compactée)	kg/m³		394	486	451	630
Compressibilité - degré de compactage (sous 400 kg/m² - 3' vibration)	Optimum	%	16%	13%	22%	26%
Réduction volume → augmentation vs 400 kg/m² & 3' vibration (réf)	3000 kg/m² - 3' vibration	%	+40%	+6%	+25%	+16%
	5000 kg/m² - 3' vibration		+77%	+6%	+43%	+12%