

## Vers la préservation des fonctions naturelles du sol dans la construction

O2D ENVIRONNEMENT® accompagne les projets de parkings, voies d'accès et aires de vie perméables depuis 2004. Le concept et la formulation des solutions O2D® comportent des avantages environnementaux intrinsèques : infiltration naturelle des eaux pluviales sans ruissellement, rétablissement des échanges *air-eau-sol*, apport de matière organique et d'un couvert végétal etc.

Avec la volonté d'optimiser ses solutions, la société lance en 2017 le projet de recherche et développement *ACTIV-S'* et met en œuvre une plateforme expérimentale de parking perméable. Celle-ci a permis d'évaluer plusieurs axes de recherche [comportement thermique, biodiversité, biodégradation] contribuant ainsi à l'alimentation des connaissances scientifiques sur les sols urbains. Ce projet a été mené en collaboration avec le Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement (Junia Hauts-de-France et Université de Lille 1) et le Laboratoire d'Analyse Microbiologique des Sols (LAMS).



## 1. RÉDUCTION DE L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

Le comportement thermique des systèmes de sols perméables O2D® a fait l'objet de différentes analyses, en comparaison à un revêtement en enrobé classique ainsi qu'à un espace de pleine terre enherbé. Les mesures réalisées toutes les cinq minutes pendant deux ans ont permis de **différencier les comportements diurnes et nocturnes**. Les **cycles journaliers de stockage-déstockage de l'énergie solaire** par les systèmes de sol ont été caractérisés et se sont révélés particulièrement différenciants.

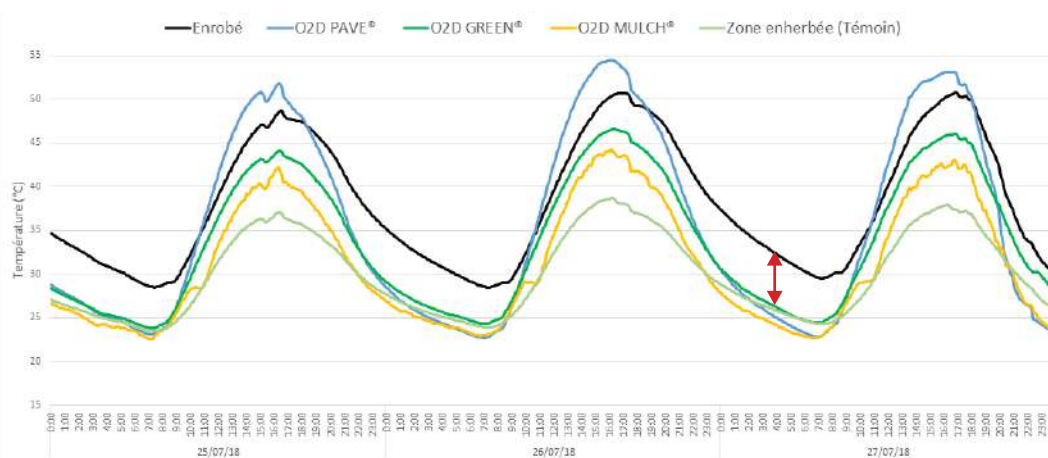


Figure 1 : Relevés des températures à -3 cm (focus sur les cycles journaliers du 25 au 27 juillet 2018).

› On remarque un important écart de température entre l'enrobé et les quatre autres modalités lors de la phase de déstockage.

› La vitesse de refroidissement du système O2D PAVE® et la température minimale de surface relevée (équivalente à celles d'O2D GREEN®, O2D MULCH® et de la zone enherbée témoin) démontrent que le pavé déstocke très aisément sa charge thermique bien qu'il chauffe en journée.

<sup>1</sup> Projet subventionné par l'ADEME dans le cadre de l'initiative IPME 2016 Eau & Milieux Aquatiques et labellisé par le pôle de compétitivité HYDREOS.

L'observation de quatre épisodes caniculaires entre 2018 et 2020 permet de distinguer trois types de performances climatiques au regard de la lutte contre la formation d'îlots de chaleur urbains :

- > **Comportement thermique défavorable** : le revêtement en enrobé
- > **Comportement thermique favorable** : Système O2D GREEN® et Système O2D MULCH®
- > **Comportement thermique modéré** : Système O2D PAVÉ® et Système O2D MINÉRAL®

Système	PÉRIODE DIURNE	PÉRIODE NOCTURNE	PERFORMANCE CLIMATIQUE
O2D GREEN®	-5°C	-6,8°C	Très bonne
O2D MULCH®	-6°C	-6°C	Très bonne
O2D PAVÉ®	-0,7°C	-6,2°C	Bonne
O2D MINÉRAL®	-2,5°C	-6,1°C	Bonne

**Figure 2** : Tableau de synthèse montrant les différences de températures relevées par rapport à l'enrobé, en moyenne\*, sur 4 épisodes caniculaires observés entre 2018 et 2020.

\* moyenne de 190 et 95 mesures par condition, respectivement en période diurne et en période nocturne.

## RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

> La surface des sols joue le rôle de capteur de l'énergie solaire et d'accumulation de chaleur en journée. Le caractère perméable des systèmes de sols contribue à leur refroidissement, en permettant la circulation de l'air entre les différentes couches du sol.

> Le rôle de réservoir de chaleur que joue la fondation est confirmé. Un matériau de fondation "fermé" stocke davantage et restitue plus longtemps la chaleur qu'un matériau concassé faisant preuve d'une certaine porosité.

> Les systèmes organiques sont impactés durablement par la captation d'eau après les épisodes pluvieux, ce qui leur permet de jouer un rôle de régulateur thermique grâce au phénomène d'évaporation.

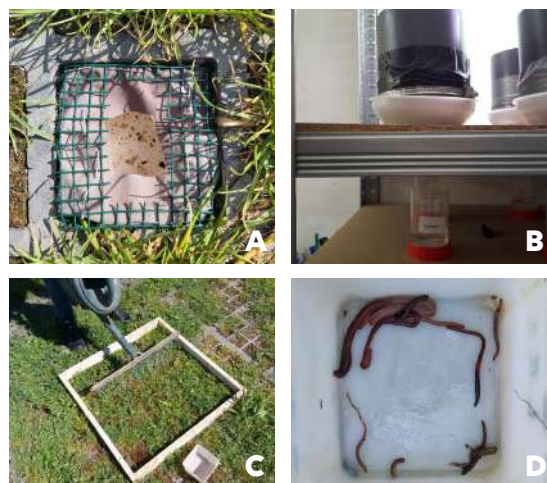
L'étude du comportement thermique des systèmes de sols O2D® permet d'attester de leurs performances climatiques dans un contexte de lutte contre la formation d'îlots de chaleur urbains. La perméabilité et la présence de matière organique, voire de végétation, semblent être la combinaison idéale pour lutter contre l'échauffement de l'air ambiant en zone urbaine. Cela confirme certaines recommandations pour l'adaptation de la ville au changement climatique, allant dans le sens du retour de l'eau et du végétal dans les espaces publics.

LE RAPPORT D'ÉTUDE COMPLET EST DISPONIBLE EN TÉLÉCHARGEMENT SUR LA PAGE DOCUMENTATION DE NOTRE SITE WEB.

## 2. RESTAURATION DE LA BIODIVERSITÉ DANS LES SOLS URBAINS

Afin d'observer la biodiversité des sols des parkings végétalisés et d'étudier l'influence de différents facteurs sur celle-ci, des campagnes d'échantillonnage de la faune du sol ont été réalisées avec les méthodes adaptées : prélèvement de sol et extraction sur Berlèse pour la mésofaune, mise en place de pièges Barber pour la macrofaune et prélèvement de vers de terre. Ces campagnes ont eu lieu en 2019 et 2021 avec des relevés effectués sur la plateforme expérimentale ainsi que sur douze parkings en circulation.

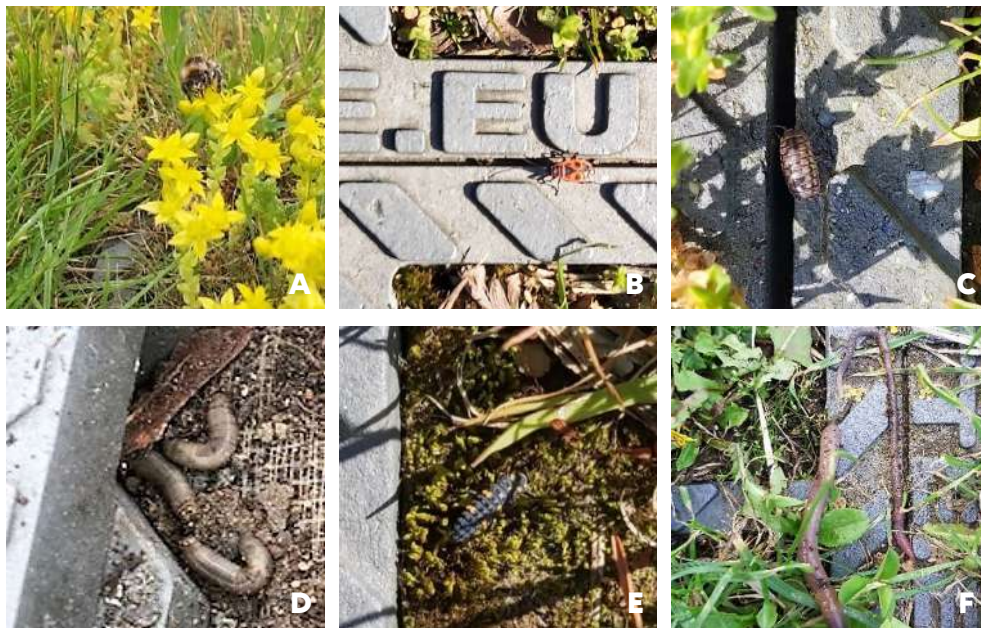
Les parkings engazonnés se révèlent particulièrement favorables à la reconquête de la biodiversité dans les sols urbains. Les relevés effectués prouvent la présence d'une pédofaune variée, et ce, quels que soient l'ancienneté ou l'environnement limitrophe du parking.



**Figure 3** : Piège Barber (A), extraction sur Berlèse (B), extraction chimique des vers de terre par la méthode de l'AITC (C et D).

## OBSERVATION DE LA MACROFAUNE (4 À 80 MM)

- › L'étude recense des pollinisateurs tels que les bourdons, des ingénieurs du sols tels que les fourmis ou les vers de terre, des espèces détritivores telles que les cloportes et des prédateurs tels que les araignées.
- › Des formes juvéniles d'individus sont observées (vers de terre et larves de coccinelles notamment), démontrant que **les parkings végétalisés peuvent rassembler les conditions nécessaires d'un lieu de reproduction.**



- A : BOURDON
- B : PYRRHOCORE (GENDARME)
- C : CLOPORTE
- D : LARVE
- E : LARVE DE COCCINELLE
- F : VERS DE TERRE

Figure 4 : Relevés photographiques de la macrofaune.

## OBSERVATION DE LA MÉSOFAUNE (0,25 À 4 MM)

- › Les **collemboles** et **acariens** sont les taxons les plus représentés.
- › Les quatre campagnes d'échantillonnage réalisées pour l'étude de la mésofaune, soit 144 prélèvements, ont permis de déterminer l'**abondance moyenne globale d'individus par m<sup>2</sup> de parking végétalisé : 12 626 ind/m<sup>2</sup>.**
- › La proportion de collemboles héli-édaphiques relevée indique que **les sols des parkings végétalisés constituent un écosystème stable**, et ce, malgré la fréquentation par les véhicules liée à l'usage anthropique de ces surfaces.

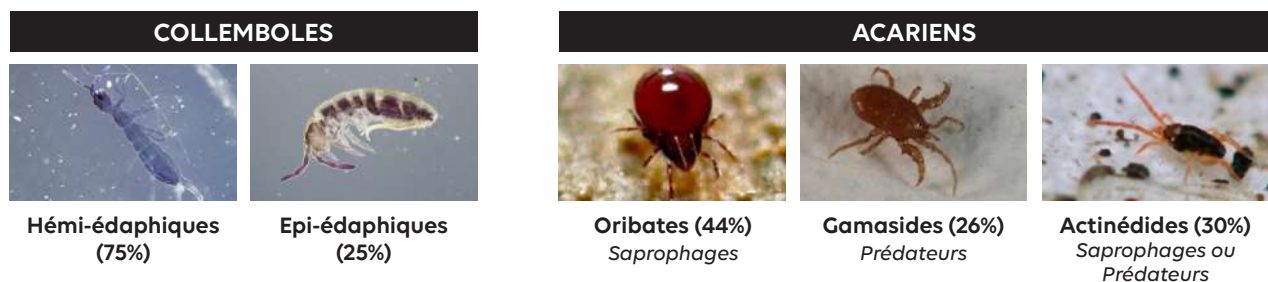


Figure 5 : Photographies microscopiques de la mésofaune (Collemboles : LGCgE Université de Lille 1 | Acariens : Images libres de droit)

## RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

› L'ensemble des relevés et analyses menés ont permis de mettre en évidence une **biodiversité faunistique dans les sols de parkings végétalisés**, tant en termes d'espèces que de fonctions représentées : détritivores (dégradation de la matière organique), prédateurs, ingénieurs du sol etc.

› Les parkings végétalisés d'O2D ENVIRONNEMENT® se révèlent être des zones de circulation, d'habitat et de reproduction pour une pédofaune variée (macrofaune, mésofaune et micro-organismes). En milieu urbain, ces aménagements aident à rétablir la connectivité des sols et participent ainsi aux objectifs des trames verte et brune.

**LE RAPPORT D'ÉTUDE COMPLET EST DISPONIBLE EN TÉLÉCHARGEMENT SUR LA PAGE DOCUMENTATION DE NOTRE SITE WEB.**

# 3. CAPTATION ET BIODÉGRADATION DES HYDROCARBURES

Le développement de la gestion « à la source » des eaux pluviales implique une intégration croissante des ouvrages d'infiltration dans les opérations d'aménagement. Des interrogations s'élevaient cependant vis-à-vis d'un potentiel risque de pollution des sols et masses d'eaux souterraines, induit par ce mode de gestion. La capacité du sol à jouer un rôle de « filtre » vis-à-vis des micro-polluants a été démontrée par plusieurs études (C.J. Pratt, A.P. Newman, P.C. Bond, 1993 - Mikkelsen et al., 1994). Des travaux récents portant sur la gestion à la source ont, eux aussi, mis en évidence un abattement significatif des flux de polluants dirigés vers les eaux superficielles (A. Bressy, 2010 et J. Sage, 2016). Toutefois, certaines réticences subsistent face à ces ouvrages.

**Dans le cadre des parkings perméables, l'inquiétude porte sur la migration des hydrocarbures issus des pollutions provoquées par les fuites d'huile et de carburant provenant des véhicules.**

*La prévention de la pollution par les hydrocarbures passe par deux propriétés clés du système de sol : sa capacité à capter les hydrocarbures et sa capacité à les dégrader in-situ.*

Le diesel et l'huile de moteur sont des mélanges d'hydrocarbures qui peuvent être biodégradés par des micro-organismes présents dans le sol. Cette atténuation naturelle consiste à laisser les micro-organismes du sol utiliser le diesel ou l'huile moteur comme source de carbone et d'énergie. Afin d'étudier ce phénomène, deux expérimentations ont été menées, en collaboration avec le laboratoire LGCgE (Junia HdF) :

- › **Tests de lixiviation en colonnes** destinés à évaluer la capacité de captation des hydrocarbures.
- › **Mesure de la Demande Biologique en Oxygène à 5 jours (DBO<sub>5</sub>)** destinée à évaluer la capacité de bioremédiation.

Ces études portent sur les matériaux préconisés lors de la mise en œuvre des systèmes végétalisés O2D GREEN® : substrat de remplissage des dalles, lit de pose fertile et mélange pour fondation Terre-Pierre.

## CAPACITÉ DE CAPTATION DES HYDROCARBURES

Le système de sol étudié lors des tests de lixiviation en colonnes était constitué de **15 cm de mélange Terre-Pierre O2D® TP GREEN et 3 cm de lit de pose fertile O2D® LP GREEN.**

Après saturation en eau des colonnes, 20g de diesel et 20g d'huile moteur ont été déposés de façon localisée sur un disque de 10 cm de diamètre. Deux tests de lixiviation ont été réalisés 24h et 48h après le dépôt des hydrocarbures, par percolation d'une quantité équivalente à 60L d'eau par m<sup>2</sup>. Les analyses des lixiviats ont été réalisées par le laboratoire CERECO (indice hydrocarbure, norme NF EN ISO 9377-2).



Figure 6 : Vues des colonnes et du dépôt de la pollution sur le substrat

## RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

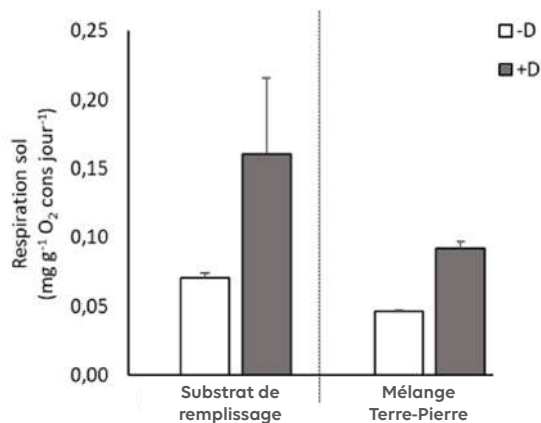
- › **Aucune trace d'hydrocarbure n'a été détectée dans les lixiviats** (seuil de détection : 0,2mg/L - expérience réalisée en trois répétitions).
- › **Le système composé d'une fondation et d'un lit de pose fertiles préconisé par O2D® possède des capacités de captation d'hydrocarbures importantes.**

## CAPACITÉ DE BIORÉMÉDIATION

Les matériaux étudiés lors de l'analyse de la respiration du sol étaient le **substrat de remplissage O2D® SR GREEN et le substrat du mélange Terre-Pierre O2D® TP GREEN.**

La mesure de la Demande Biologique en Oxygène à 5 jours (DBO<sub>5</sub>) permet d'évaluer l'activité microbienne d'un matériau à travers sa respiration. En effet, lorsque les bactéries dégradent des composés et se multiplient, leur consommation en oxygène augmente. Par conséquent, plus l'activité microbienne est élevée, plus la quantité d'oxygène consommée est importante.

La respiration basale des micro-organismes présents dans les échantillons testés a été mesurée durant 5 jours (- D). Le laboratoire a ensuite procédé à l'ajout de diesel dans les échantillons (+ D), avant de mesurer à nouveau la Demande Biologique en Oxygène à 5 jours.



**Figure 7 :** Respiration microbienne dans les matériaux composant le système O2D GREEN® (+ / - D = avec ou sans ajout de diesel).

## RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

- > On observe une **augmentation significative de la respiration microbienne après ajout de diesel (+D)** dans le substrat de remplissage et dans la terre du mélange Terre-Pierre.
- > Les micro-organismes ont initié la **minéralisation du diesel** en seulement quelques jours.
- > Ces deux matériaux préconisés dans la mise en oeuvre des systèmes O2D GREEN® contiennent des **micro-organismes autochtones capables de dégrader et de minéraliser les hydrocarbures**.

La capacité de captation des hydrocarbures (diesel et huile de moteur) par le système de fondation des solutions végétalisées O2D® (lit de pose fertile et mélange Terre-Pierre) a été validée par les tests de lixiviation en colonnes. L'observation de la respiration du sol (mesure de la DBO<sub>5</sub>) a, quant à elle, permis de démontrer le potentiel de bioremédiation des hydrocarbures par le substrat de remplissage et la terre du mélange Terre-Pierre. Les solutions végétalisées O2D GREEN® sont donc capables de **fixer et biodégrader les hydrocarbures** déposés en surface et susceptibles d'être transférés par les eaux s'infiltrant à travers les différentes couches de ce système de sol.

La **durabilité de cette capacité de biorémédiation a pu être observée** lors de l'étude de la biodiversité dans les systèmes végétalisés O2D®. En effet, les analyses effectuées sur les échantillons prélevés (O2D® SR, LP et TP GREEN) ont mis en évidence l'activité des micro-organismes présents dans des substrats mis en place depuis plus de trois ans.

**LE RAPPORT D'ÉTUDE COMPLET SERA DISPONIBLE EN TÉLÉCHARGEMENT SUR LA PAGE DOCUMENTATION DE NOTRE SITE WEB EN 2022.**

### POUR ALLER PLUS LOIN : AUTRES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DANS LA LITTÉRATURE

#### Etude sur les fuites d'huile : Les surfaces de parkings végétalisés perméables représentent-elles un danger pour l'environnement ? (LVG Heidelberg, 1998)

L'institut horticole LVG de Heidelberg en Allemagne a cherché à déterminer le **degré maximal tolérable** de pollution par les hydrocarbures sur les surfaces de parkings végétalisés. L'outil utilisé était un lysimètre composé de dalles alvéolaires engazonnées mises en place sur un sol fertile. Durant onze mois, différentes quantités d'huile ont été déposées au goutte à goutte (équivalent à des fréquences entre 3,5 et 10 cycles de stationnement par jour).

Les résultats de l'étude montrent que la présence de polluants de type hydrocarbures dans le sol conduit au développement des micro-organismes. **Plus la quantité d'huile dans le sol est élevée, plus l'activité microbienne et la dégradation des hydrocarbures par les micro-organismes augmentent.**

Vous pouvez retrouver l'étude complète sur notre site (page [DOCUMENTATION](#)).

#### Etudes portant sur d'autres familles de micro-polluants (Métaux, Pesticides, HAP...) observées dans des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales

> **THÈSE** « *Mesure et modélisation de la contamination du sol dans les ouvrages de gestion à la source du ruissellement urbain* », D. TEDOLDI, 2017.

> **PROGRAMME MICROMEGAS** « *Devenir des micro-polluants au sein des ouvrages de gestion des eaux pluviales à la source ou centralisés* », GRAIE-OTHU, INSA LYON DEEP, UMR 5600 CNRS-EVS, ENS LYON, AE RMC, 2020.

# 4. ÉCOMATÉRIAU, PRODUCTION VERTUEUSE & COMPENSATION CARBONE

En plus de leurs bénéfices environnementaux portant sur la performance climatique, le potentiel de biodiversité et les capacités épuratoires, les systèmes de sol O2D® sont développés autour d'un **écomatériau : la dalle TTE®**.

**Produite à partir de déchets ménagers recyclés** selon le système DUAL allemand, la dalle TTE® est issue d'une **chaîne de revalorisation d'excellence depuis la collecte des emballages plastiques domestiques jusqu'à leur transformation industrielle**. Ces déchets, habituellement destinés à l'incinération ou l'enfouissement, sont ainsi revalorisés en une nouvelle matière destinée à la production de produits à forte valeur ajoutée environnementale. Recyclée, recyclable et réutilisable, la dalle TTE® s'inscrit dans la vision de l'économie circulaire.

› 27 t de plastiques ménagers revalorisés avec la construction d'un parking de 1000 m<sup>2</sup>

L'analyse du cycle de vie du produit est déterminante afin d'évaluer son impact environnemental au sein de la construction. Elle consiste à analyser la consommation de ressources, la production de déchets et le bilan carbone issus de son cycle de production, mais également au cours de sa mise en œuvre, son exploitation et la gestion de sa fin de vie. O2D ENVIRONNEMENT® a souhaité évaluer l'ensemble des impacts environnementaux liés au cycle de vie de la dalle TTE®, à travers la réalisation d'une **Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire** (« FDES ») incluant la Déclaration Environnementale de Produit - UE).

› La dalle TTE® se révèle plus performante sur le plan environnemental que les solutions béton

IMPACT ENVIRONNEMENTAL		DALLE TTE®	UNITÉ
1	Consommation en ressources énergétiques :		
	Energie primaire totale		269,8 MJ
	dont énergie récupérée		
	Energie non renouvelable		200 MJ
	Energie renouvelable		69,8 MJ
2	Indicateur d'épuisement des ressources (ADP)		3,8E-06 kg éq. antimoine
3	Consommation d'eau		4,6E-02 m <sup>3</sup>
4	Déchets solides	Valorisés	19,1 kg
		Éliminés	Dangereux
	Non dangereux (DIB)		8,3 kg
	Inertes		0 kg
	Radioactifs		2,7E-02 kg
5	Changement climatique		11 kg éq. CO <sub>2</sub>
6	Acidification atmosphérique		1,5E-02 kg éq. SO <sub>2</sub>
7	Pollution de l'air		501 m <sup>3</sup>
8	Pollution de l'eau		3,8 m <sup>3</sup>
9	Destruction de la couche d'ozone stratosphérique		3,8E-13 kg CFC-11 éq
10	Formation d'ozone photochimique		1,1E-03 kg d'éq. Ethylène
11	Eutrophisation		3,9E-03 kg éq. PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>

Figure 8 : Tableau issu de la FDES TTE® MultiDrain<sup>PLUS</sup>, n° d'enregistrement du programme INIES 027109482021.

## Conclusion

Ces différentes études attestent des performances des solutions O2D® au regard de l'objectif fixé à savoir : **préserver les fonctions naturelles du sol dans le cadre des opérations d'aménagement**. Elles assurent à la fois des fonctions de support et des fonctions écosystémiques essentielles au maintien de l'équilibre environnemental, social et économique de nos sociétés :

- › **FONCTION DE SUPPORT** à la vie terrestre et aux activités humaines.
- › **FONCTIONS ÉCOSYSTÉMIQUES** :
  - infiltration, régulation et épuration de l'eau.
  - régulation thermique et captation des gaz à effet de serre.
  - réservoir de biodiversité et siège des cycles bio-géochimiques par l'action des micro-organismes, production des éléments minéraux assimilables et valorisables par les végétaux.

« Les systèmes de sol perméables O2D® représentent une opportunité d'adaptation de la ville au changement climatique et à l'érosion de la vie dans les sols, en réduisant l'impact de l'aménagement de nombreuses surfaces traditionnellement minéralisées. L'engagement d'O2D ENVIRONNEMENT® va au delà des bénéfices intrinsèques de ses solutions et vise également un mode de production et un cycle de vie Produit des plus vertueux, depuis l'utilisation de matières issues du recyclage des plastiques jusqu'à la compensation des émissions carbone de sa production et de son frêt. »