

SÉCURITÉ ET CONDITIONS DE TRAVAIL DES ÉGOUTIERS DANS LES RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT DE LA MÉTROPOLE PARISIENNE

Note technique et
comptes-rendus



Avec le soutien des financeurs
de la filière Eau du Cluster EMS :



Sommaire :

Introduction.....	3
Les auteurs	4
Les contributeurs.....	4
Présentation du Cluster Eau Milieux Sols.....	5
La filière Eau du Cluster Eau Milieux Sols.....	12
Thèmes et sous-thèmes de la sous-filière assainissement :	0
Historique du déroulé des événements	0
28 septembre 2022 : Atelier sécurité et conditions de travail des égoutiers dans les réseaux d'assainissement de la Métropole parisienne	0
Introduction de l'aspect numérique des thématiques de la filière Sécurité des réseaux d'assainissement du Cluster EMS.....	0
1) Renforcement de la sécurité du travail des égoutiers, diminution de la pénibilité et amélioration de l'hygiène : Conception ou amélioration de tous dispositifs et techniques	3
1.1) Soulève tampon : prévention du risque de mauvaise posture.....	3
a) Besoins et retours d'expériences.....	3
b) Solutions et retours d'expériences	4
1.2) Sécurisation des regards de voirie et descente d'égout (signalétique, longes...).....	6
a) Introduction CRAMIF	6
b) Besoins et retours d'expériences.....	7
c) Solutions et retours d'expériences	7
1.3) Amélioration de l'hygiène et le repos des agents : base vie.....	8
a) Besoins et retours d'expériences.....	8
b) Solutions et retours d'expériences	8
1.4) Usage des ballons obturateurs	9
a) Besoins et retours d'expériences.....	9
b) Solutions et retours d'expériences	10
2) Mesure et protection des égoutiers aux risques d'insuffisance respiratoire, composés organiques volatiles et autres polluants atmosphériques	11
2.1) Masque auto-sauveteurs	11
2.2) Ventilation des ouvrages d'assainissement métropolitains visitables : modélisation simple, équipement et capteur aéraulique	12
a) Besoins et retours d'expériences.....	12
b) Solutions et retours d'expériences	18
2.3) Capteurs et mesure de la qualité de l'air en continue ou par prélèvements	28
a) Besoins et retours d'expériences.....	28
b) Solutions et retours d'expériences	29

2.4) Traitement de l'eau et des sédiments dans les réseaux pour réduction des polluants atmosphériques.....	34
a) Besoins et retours d'expériences.....	34
b) Solutions et retours d'expériences	34
3) Assistance par surveillance numérique (autres que polluants atmosphériques), automatisation et robotisation des tâches	36
3.1) Capteurs et logiciel de surveillance et de suivi	36
a) Besoins et retours d'expériences.....	36
b) Solutions et retours d'expériences	36
3.2) Drone et robot d'inspection dans canalisation visitable et non visitable.....	37
a) Besoins et retours d'expériences.....	37
b) Solutions et retours d'expériences	37
3.3) Actionneur et automatisation.....	45
a) Besoins et retours d'expériences.....	45
b) Solutions et retours d'expériences	45
4) Transmissions des données et communication sans fil dans les réseaux d'assainissement et liaisons avec les capteurs connectés.....	48
4.1) Besoins et retours d'expériences.....	48
4.2) Solutions et retours d'expériences	48
a) Benchmark sur les dispositifs de transmissions sans fil.....	48
b) Transmission ultrasons	49
c) Transmission en milieu confiné	51
5) Gestion et traitement des données, cartographie et modélisation des réseaux : application et intégration de la sécurité	53
5.1) Besoins et retours d'expériences.....	53
5.2) Solutions et retours d'expériences	53
Bibliographie.....	63
Annexes	0
1) Tableau des thèmes détaillés de sécurité des réseaux d'assainissement au Cluster EMS	0
2) Bibliographie de la CRAMIF	0
3) Vidéo 3D Eau	0
4) Tableau des seuils d'exposition en fonction des COV	0
5) Liste des inscrits présents aux ateliers	0

Introduction

L'Anses publie une expertise sur les expositions et les risques sanitaires spécifiques auxquels sont soumis les égoutiers. Sur la base d'une analyse approfondie de la littérature scientifique mettant en évidence des expositions à de multiples agents chimiques et biologiques, dont des composés cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques présents dans les eaux usées brutes et dans l'atmosphère des égouts, l'Anses conclut à l'existence d'effets sanitaires à long terme liés aux conditions de travail dans les égouts : [Eaux usées | Anses](#)

Dans son avis et son rapport publiés ce jour, l'Anses émet une série de recommandations en matière de prévention, de mesures de protection et de suivi de la santé et de l'exposition des égoutiers à mettre en œuvre, ainsi que de travaux de recherches complémentaires à conduire. L'Agence pourra être amenée à formuler des recommandations complémentaires lorsque l'ensemble des résultats relatifs à une campagne de mesure d'agents biologiques dans l'air des égouts parisiens, encore en cours, sera disponible.

À la suite de l'atelier du 14 mars 2018, puis du 19 septembre 2019 sur « L'innovation pour améliorer la sécurité et les conditions d'intervention dans les infrastructures d'assainissement, principalement les infrastructures de collecte des eaux usées », coorganisés avec la DAQUAMA 94 (anciennement DSEA 94 (Direction des Services de l'Environnement et de l'Assainissement du 94)), et des échanges ultérieurs à ces ateliers, 5 grands thèmes d'échanges sont ressortis et le principe de continuer la collaboration sur ces thématiques a été acté (tableau disponible en Annexes a)).

Depuis 2018, le Cluster EMS a également travaillé et échangé avec différentes Ecoles et universités, entreprises et exploitants, dans le cadre de stages ou de projets d'étude. Aussi, le Cluster EMS a réalisé des pré-études qui permettent de faire :

- Inventaires et benchmarking sur la base des échanges et études par des écoles
- Tests, expérimentations et/ou retours d'expériences
- Proposition d'axes de solutions ou Cahier des Charges pour consultation ou développement de solutions

Le principe des échanges animés par le Cluster EMS est de permettre de mieux comprendre les besoins, de partager les bonnes pratiques et les retours d'expériences. Dans un second temps, ces échanges permettent de développer de nouvelles solutions plus adaptées en s'appuyant sur une importante ressource technique et scientifique présente en Ile-de-France et sur des évolutions technologiques récentes, en lien en particulier avec le numérique et la robotique.

Les auteurs

Timothy NGUYEN issu d'une formation d'ingénieur généraliste au CESI Nanterre de 2022 à 2025 et chef de projet sur la filière Eau notamment sur la Sécurité des réseaux d'assainissement au sein de l'association et Laurent DECHESNE, directeur du Cluster EMS, ont rassemblé toutes les contributions depuis 2017, puis mis en forme cette présente note technique.

Elle constitue une veille technologique et réglementaire et permet de réaliser un état des lieux de la sécurité des égoutiers et des ouvrages d'assainissements et de leurs conditions de travail, en particulier sur la Métropole Parisienne (départements 75, 92, 93, et 94).



Les contributeurs

Le Cluster EMS tient à remercier les **232 participants** (dont les intervenants) des **5 événements** traitant depuis 2018 des thématiques de la Sécurité des réseaux d'assainissement sur lesquels se base cette note.

Une attention particulière est portée à la CRAMIF, aux exploitants de réseaux et délégataires de service public ainsi qu'aux collectivités ayant grandement contribué à la réalisation de cette veille, notamment la DAQUAMA 94, le Conseil Départemental du 92, la Direction Eau et Assainissement du 93 et la Ville de Paris.

Les écoles d'ingénieurs ISAE Supmeca, Arts et Métiers et Ecole Centrale d'Electronique (ECE) ont également participé à l'obtention de cette note technique, à partir de travaux d'étude réalisés dans le cadre de leur formation.

Présentation du Cluster Eau Milieux Sols

Le Cluster Eau Milieux Sols Paris IDF a été créé en 2015 à l'initiative de l'Établissement Territorial Public du Grand Orly-Seine-Bièvre, et grâce aux soutiens de la Ville d'Orly, de la Ville de Paris, de la Ville de Choisy le Roi et du Conseil Départemental du Val-de-Marne. Par la suite, ce collectif public a été rejoint par des acteurs privés tels que Artelia, Veolia ou encore Suez.

C'est une association loi de 1901 à but non lucratif **de plus de 200 adhérents** qui a pour maître-mot l'innovation et qui est au service de ses membres et des acteurs d'Ile-de-France. Le **Cluster EMS** est un pôle de compétitivité qui rassemble sur un territoire bien identifié et une thématique donnée, des collectivités, des entreprises petites et grandes, des laboratoires de recherche et des établissements de formation et d'autres acteurs publics. Il a pour but de soutenir l'emploi, l'innovation, favoriser le développement des projets collaboratifs de recherche et de développement (R&D) particulièrement innovants.

En France, on recense **environ 300 Clusters**, regroupant près de **3 000 ingénieurs, chefs de projets et cadres** issus de secteurs variés, reflétant la diversité de l'économie nationale.

Leur mission commune est de **favoriser l'émergence et le développement d'outils d'accélération** au service des entreprises innovantes.

Ainsi, le but du Cluster EMS est de construire une dynamique collaborative au service de la gestion durable de l'eau, des milieux, des sols urbains et des biodéchets. Le Cluster EMS possède 8 domaines d'intérêt stratégique, chacun découpé en sous-domaines comme le démontre l'extrait de la présentation interne à l'association :

Domaines d'intérêt stratégique et systémique (DISS)

Sols

- Gestion et traitement des sols,
- Valorisation des terres excavées

Eau

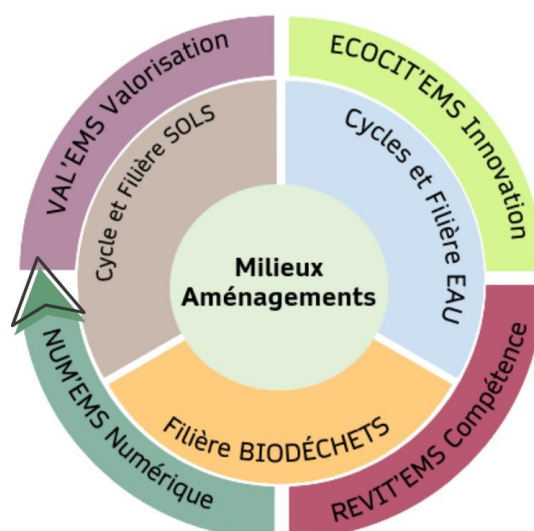
- Gestion du "petit" cycle (domestique)
- Gestion du "grand" cycle (naturel)

Biodéchets

Gestion et valorisation des biodéchets en matière et/ou énergie

Milieux et aménagements

- Aménagements urbains durables
- Biodiversité et milieux : végétalisés, humides, aquatiques



ECOCIT'EMS

R&D, innovation et expérimentation dans les projets d'aménagement urbain

NUM'EMS

Digital et mesure

VALOR'EMS

Economie circulaire et filières de valorisation matière et énergie

REVIT'EMS

Emploi et formation

Le Cluster EMS possède différentes missions permettant de mettre en lien en représentant le pont entre les collectivités qui présentent des besoins et les entreprises qui proposent des solutions.

En effet, dans un premier temps l'association anime le réseau et les filières :

- Organise des événements sectoriels
- Partage des projets innovants aux différents acteurs. Cela passe inévitablement par la prise de nouveaux contacts afin d'agrandir le réseau de partenaires grâce à de la prospection et aux échanges entre adhérents, financeurs et partenaires.

Ensuite, elle effectue de l'accompagnement collectif, c'est-à-dire qu'elle :

- Organise des ateliers d'informations et d'échanges suivant les différentes filières
- Coordonne, suit et anime les projets collaboratifs innovants grâce à des groupes de travail ou groupes thématiques (GT). Un GT est un rassemblement d'acteurs d'un projet sur un thème précis, afin de mieux comprendre les besoins et résoudre les problèmes, dans un esprit constructif, positif et créatif. Lors des GT, les acteurs partagent, proposent, développent et expérimentent des innovations et des solutions techniques et organisationnelles, permettant l'avancée dans le domaine environnemental.

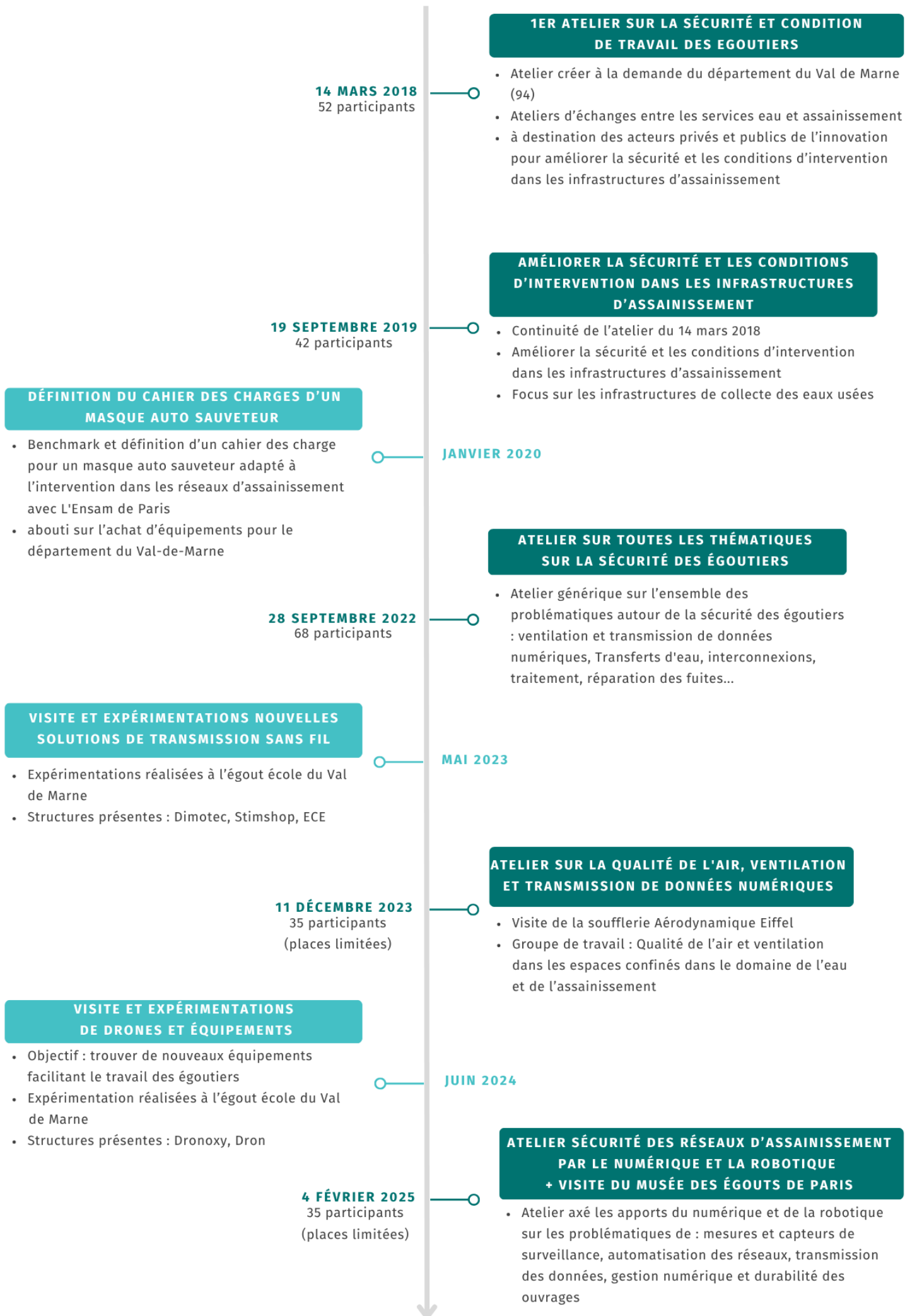
Également, elle réalise un accompagnement sur mesure :

- Suivi, soutien à la recherche & développement des projets d'innovation
- Partenariats de recherche, technique et business
- Suivi et mise en place d'expérimentation de solutions techniques

Aussi, le Cluster EMS Paris IDF, atteint ses objectifs de développement durable et écologique en suivant 4 axes principaux d'actions et de thématiques regroupant l'ensemble des compétences de l'écosystème :

- Axe 1 : Qualité de vie des habitants, environnement, climat et résilience
- Axe 2 : Développement économique, innovation et attractivité
- Axe 3 : Gestion durable des cycles des eaux urbaines
- Axe 4 : Développement d'actions spécifiques Eau-Milieus-Sols et Biodéchets, renforcement d'un ou plusieurs domaines d'intérêt stratégique (DIS) et des projets

Par ailleurs, la spécificité du Cluster EMS est la forte implication des acteurs publics et des collectivités d'Ile-de-France ainsi **qu'une approche par le besoin**. C'est l'un des plus grands Cluster Eau, Milieux, Sols et Biodéchets de France. Cependant, en nombre de membres sur la filière Sols, ce Cluster est le 1^{er} en France.



Animation des Groupes de travail et d'échanges depuis 2017

Historique

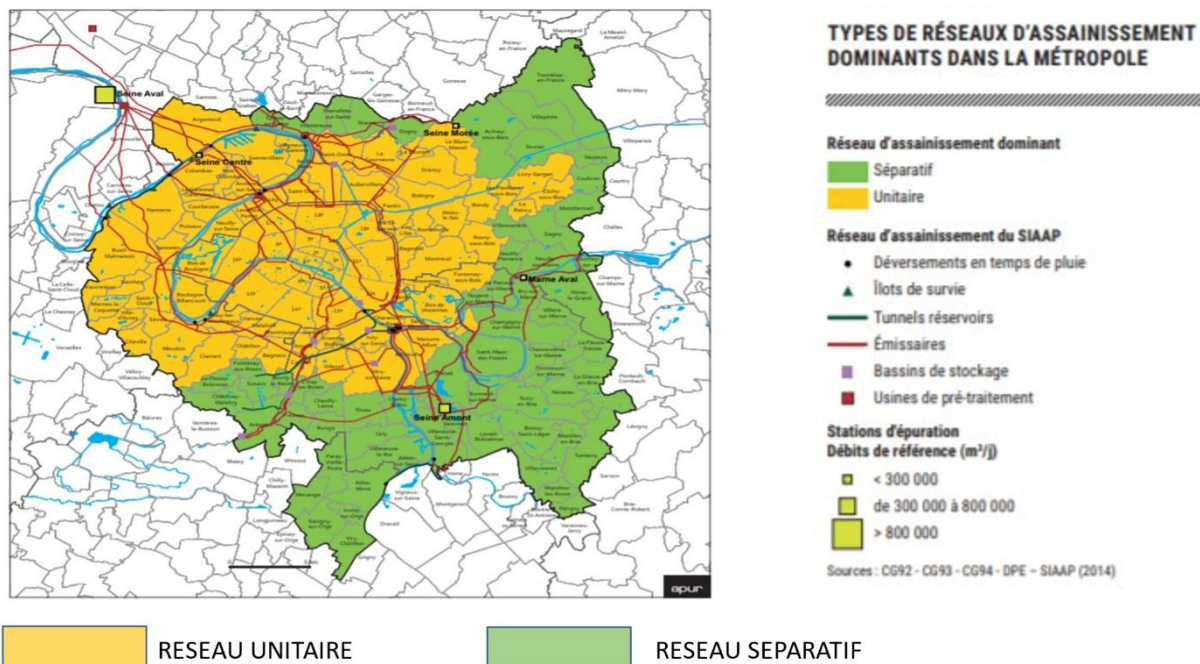
- **2017** : Lancement du principe d'échanges par le département du Val de Marne DSEA 94, puis consultations des différents acteurs
14 mars 2017 Atelier de créativité multi partenaires et validations des thématiques prioritaires (Cf CR)
- **2018** : identification des thématiques, des besoins et des axes de recherche avec les départements et exploitants de réseaux, échanges avec la CRAMIF, atelier d'échanges et de créativité du 18 mars
- **2019** : mobilisation des Ecoles et Entreprises pour avancer sur des solutions innovantes :
 - ✓ Supbiotech Villejuif (mesure des COV)
 - ✓ Supméca Saint Ouen (Masques Autosauveteurs, Ventilation des chambres à sable)
 - ✓ Ecole des Mines Paris Tech, Armines
 - ✓ Art et Métiers Paris Tech (masque auto-sauveteurs)
 - ✓ ECE (transmission de données, benchmark des techniques)
 - ✓ Autres contactés : Esme Sudria, ICAM, EPF et UPEC, etc...19 septembre 2019 : atelier retours d'expérience et présentations de solutions innovantes (Cf CR)
- **2020-2021** : période Covid, dont mesure du Covid dans les réseaux, d'expérimentation et d'études avec Supmeca (ventilation) et ECE (transmission de données)
- **2022** : préparation Atelier du 28 septembre et recrutement d'un ingénieur apprenti pour 2022-2024

Les parties prenantes et collaborations

- Les Gestionnaires des réseaux : départements / DSE94, STEA 75 et DEA 93, 92 mais également le Siaap, certains délégataires ou prestataires privés sous contrat comme Suez et Veolia, leurs filiales
- CRAMIF et INRS
- Entreprises et centres de recherche de l'Ecosystème Cluster EMS, mais également partenaires CAPDIGITAL <https://www.capdigital.com/> et Réseau Mesure <https://www.reseau-mesure.com/>

Rappels des Objectifs et enjeux

Quelques éléments sur le périmètre géographique (métropole) et fonctionnement des réseaux :



Pour rappel, les enjeux sont importants du fait du besoin d'interventions humaines dans les réseaux d'assainissement. La vie des égoutiers est donc mise en jeu à chaque intervention.

L'enjeu lié à **la santé et la sécurité** est donc primordial, car compte tenu de leurs missions, nous devons assurer des conditions de travail optimales et fiables pour les opérateurs. En effet, le travail d'égoutier est risqué au vu des dangers auxquels ils sont exposés régulièrement.

Un enjeu de **service public** est également présent. Effectivement, il s'avère que les réseaux d'assainissement sont d'intérêt général et leur fonctionnalité est évidemment essentiel.

L'enjeu **économique** réside dans les opérations de maintenance à assurer sur l'ensemble des équipements du réseau, ainsi que dans les travaux potentiels de rénovation et de réhabilitation. Le travail des agents dans les réseaux et les ouvrages d'assainissement constitue également une activité économique importante : « En 2020, 13,2 milliards d'euros sont consacrés à la gestion des eaux usées en France. » [1]

Enfin, il y a un enjeu **environnemental**, par exemple si des obturations se forment et que les eaux usées se déversent dans les rues ou dans les milieux naturels, le traitement des usées ne sera pas optimum. Les effluents qui atteignent les cours d'eau peuvent nuire à la faune et à la flore aquatiques. De plus, les émissions olfactives nauséabondes provenant des égouts peuvent importuner la population et polluer l'air extérieur aux égouts.

Voici un extrait de cette ressource :

« En fonction des résultats de l'évaluation des risques, des mesures doivent être identifiées et mises en œuvre dans le respect des principes généraux de prévention du Code du travail.

- Éviter les risques : par exemple, **éviter autant que possible** les manutentions manuelles, le **travail isolé**.
- Intégrer la prévention dès les projets de construction ou de réaménagement : par exemple, isoler les zones de stockage pouvant produire des émanations dangereuses, faciliter l'accès aux moteurs des pompes, aux canalisations et aux cuves (pour l'entretien et le curage), organiser les flux de circulation engins/piétons.
- Adapter et organiser le travail : par exemple, établir des horaires qui permettent de réaliser les tâches sans précipitation, alterner les tâches physiquement contraignantes et celles qui le sont moins.
- **Privilégier les mesures de protection collective** : par exemple, installer des moyens de levage (grue auxiliaire, potence, palans...), des **protections pour les travaux en hauteur** (plan de travail avec garde-corps, trépied équipé de treuil au-dessus des canalisations, **ligne de vie avec système d'arrêt de chute...**), **ventiler les volumes fermés traitant les effluents**, poser des carters de protection sur les machines dangereuses.
- Quand les équipements de protection collective sont insuffisants ou impossibles à mettre en œuvre, **fournir des EPI adaptés (masque respiratoire, chaussures de sécurité, gants)** et si besoin des **détecteurs de gaz**.

Les opérateurs doivent, par ailleurs, **être formés aux mesures de prévention** (utilisation des moyens de protection collective ou des EPI). Certaines situations de travail nécessitent des précautions particulières (**interventions en milieu confiné**) ou des habilitations spécifiques (à la conduite d'engins de levage ou de manutention par exemple). Il convient, en outre, de s'assurer du **respect des règles d'hygiène** : nettoyage des sols et de l'outillage, douche, lavage des mains, changement fréquent des tenues de travail... »

Ainsi, les besoins se traduisent ici par le fait qu'il faut « Améliorer la sécurité et les conditions de travail pour les agents intervenants dans les réseaux et la durabilité des ouvrages pour l'assainissement ».

Comment contribuer à l'amélioration des conditions de travail, la sécurité et réduire l'exposition aux risques des opérateurs et égoutiers dans les réseaux de collectes et autres infrastructures de traitement des eaux usées ?

Le principe des échanges animés par le Cluster EMS est de permettre de mieux comprendre les besoins, de partager les bonnes pratiques et les retours d'expérience, dans un second temps de développer de solutions nouvelles plus adaptées en s'appuyant sur une importante ressource technique et scientifique présente en Ile-de-France, et sur des évolutions technologiques récentes, en lien en particulier avec le numérique et la robotique.

Ces pratiques et solutions doivent répondre aux :

- Recommandations de la CNAM (en particulier les **ED 695** [2] et **ED 703** [3])
- Contraintes sanitaires, économiques, environnementales, opérationnelles et aux mesures de prévention et de sécurité sous toutes ses formes mises en place par le gestionnaire des réseaux et des ouvrages :
 - ✓ Mesures générales préalables à toutes interventions
 - ✓ Mesures à prendre lors de l'intervention
 - ✓ Mesures de prévention des risques (asphyxie, intoxication, explosion, chute, électrocution, noyade)

Groupes de travail et collaborations

À la suite de l'atelier du 14 mars 2018, puis du 19 septembre 2019 coorganisés avec la DSEA 94 et des échanges ultérieurs à ces ateliers, 5 grands thèmes d'échanges sont ressortis et nous avons acté le principe de continuer la collaboration sur ces thématiques, de faire avancer l'état de l'art et les bonnes pratiques.

Pour ces 5 thèmes décrits dans le tableau ci-après, nous retrouvons de nombreuses propositions et de retours d'expériences ; Cf CR Ateliers 2018 et 2019.

Depuis 2018, nous avons travaillé et échangé également avec différentes Ecoles et universités, entreprises et exploitants, dans le cadre de stage ou de projets d'étude, réalisé des pré-études qui permettent de faire :

- ✓ Inventaires et benchmarking sur la base des échanges et études par des écoles
- ✓ Tests et/ou retours d'expériences
- ✓ Proposition d'axes de solutions ou Cahier des Charges pour consultation ou développement de solutions (exemple du masque auto-sauveteur dans le cadre d'un marché de type « partenariat d'innovation » présenté par le Val de Marne)

La filière Eau du Cluster Eau Milieux Sols

La filière Eau du Cluster Eau Milieux Sols, **s'organise selon deux grandes sous-filières complémentaires**. D'une part, le **Grand Cycle** qui concerne la gestion et la préservation de la ressource en eau et des milieux naturels. D'autre part, le **Petit Cycle** chargé de la gestion domestique et urbaine (production, distribution et assainissement), le tout soutenu par des innovations numériques et des solutions durables. Cette structuration en deux volets permet au Cluster EMS de couvrir l'ensemble des enjeux liés à l'eau, depuis la ressource naturelle jusqu'à ses multiples usages urbains.

Les objectifs de la filière Eau

- Réduction des prélèvements sur les milieux et valorisation des Eaux Non Conventionnelles (ENC)
- Adaptation au changement climatique et préservation des milieux
- Amélioration de la qualité de l'eau
- Fiabilité et sécurité des infrastructures de production et de distribution de l'eau

Les verrous de la filière Eau

- Pollutions : contraintes urbaines sur la qualité de l'eau et des milieux, dont les sols
- Economique : besoins d'investissements importants pour rénover, améliorer la sécurité des infrastructures de production et de distribution, améliorer la qualité de l'eau potable et des eaux usées traitées.
- Hydrologique : changement climatique entraînant une gestion de l'eau en période de sécheresse, une gestion des fortes pluies et des inondations urbaines.
- Contraintes réglementaires sur la gestion de la ressource et les nouveaux usages des eaux urbaines, quand le droit de l'eau doit évoluer
- Prospectif : changements des pratiques pour une meilleure gestion et partage de l'eau. Développement de la valorisation des Eaux Non Conventionnelles et de nos eaux usées ? Quelles ressources pour quels usages ?

Le Grand Cycle

Qualité des milieux aquatiques et des berges :

- Réductions des pollutions
- Création et préservation d'écosystèmes aquatiques urbains, dont rivières, plans d'eau urbains de toutes tailles et zones humides
- Nouveaux usages de baignade et de loisir

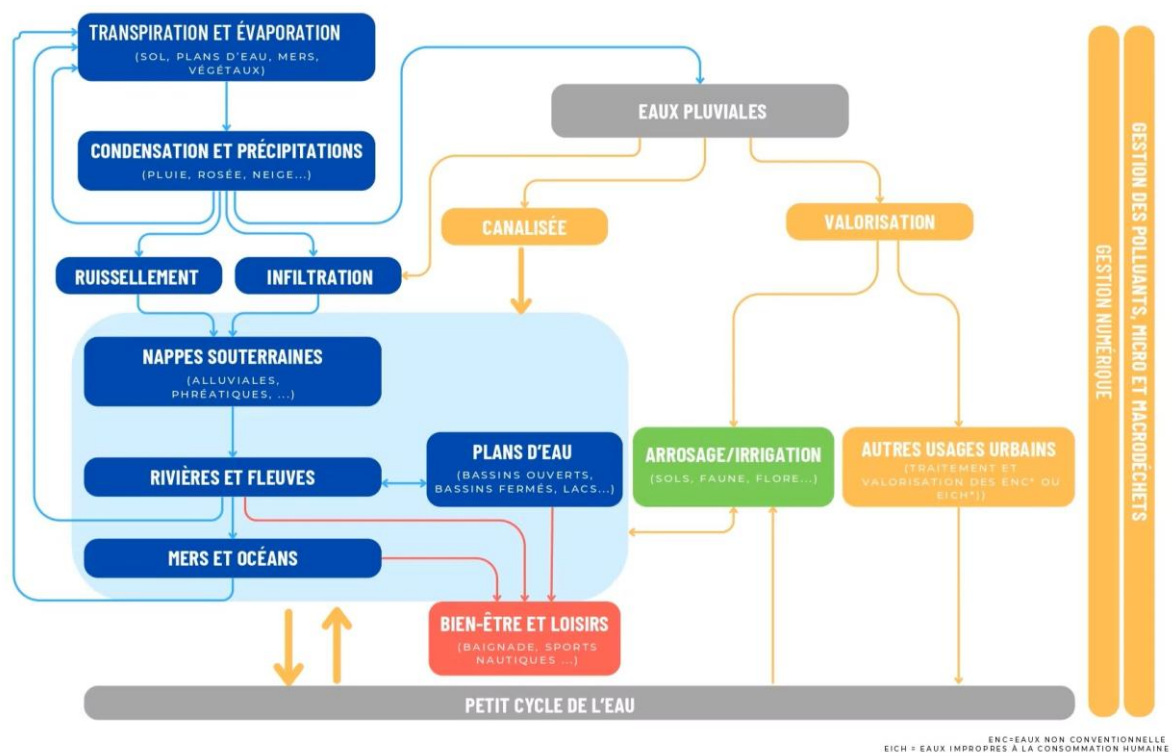
Gestion intégrée à la source des eaux pluviales et du temps de pluie de forte intensité :

- Déconnexion des réseaux : rétention, infiltration dans les sols et évapotranspiration
 - Valorisation des eaux pluviales et réduction des contraintes sur les ressources en eau (sécheresse)
 - Réduction des risques d'inondation et de leurs effets (prévention et décrue)

Eau facteur essentiel de nature et de bien être urbain :

- Aménagement durable et résilient
- Ilot de fraîcheur
- Agriculture urbaine
- Biodiversité

Gestion digitale du grand cycle : modélisation et numérisation, métrologie et innovations numériques



Le Petit Cycle

Eau potable :

- Production et distribution
- Nouveaux usages domestiques et dans les espaces publics

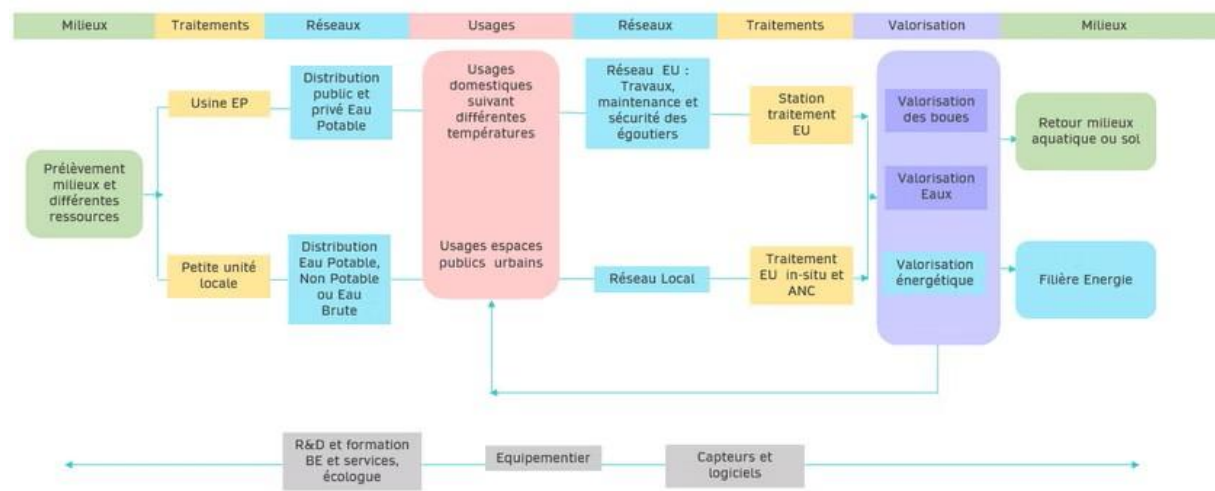
Eaux usées et assainissement :

- Fiabilité et sécurité des infrastructures d'assainissement
- Traitements à faible impact sur l'environnement dont réduction des GES

Eaux non conventionnelles (ENC) :

- Valorisation matière et énergétique à différentes échelles urbaines
- Distribution et logistique durable
- Nouveaux usages en milieux urbains

Gestion digitale du petit cycle : modélisation et numérisation, métrologie et innovations numériques



Thèmes et sous-thèmes de la sous-filière assainissement :

Thèmes	Sous-Thèmes / Description des solutions présentées
1- Renforcement de la sécurité du travail des égoutiers, diminuer sa pénibilité et améliorer l'hygiène Conception ou amélioration de tous dispositifs et techniques	• Soulève tampon • Sécurisation des regards de voirie et descente d'égout (signalétique, longes...) • Autres aides techniques aux travaux : exosquelettes par exemple • Amélioration de l'hygiène et le repos des agents
2- Mesures et protection contre les risques d'insuffisance respiratoire et les polluants atmosphériques	• Ventilations des ouvrages • Capteurs et mesure de la qualité de l'air en continue ou par prélèvements • Masque auto-sauveteurs et EPI • Traitement de l'eau (huiles, graisses et polluants) et des sédiments
3- Surveillance numérique, automatisation et robotisation des tâches	• Capteurs et logiciel associés de surveillance et de suivi • Drone et robot d'inspection dans canalisation visitable et non visitable • Actionneur et automatisation (exemple volet pour chasse d'eau)
4- Transmission des données et communication sans-fil Liaisons avec les capteurs connectés	Garantir la communication : • Entre opérateurs dans le réseau • Entre l'extérieur et opérateurs réseaux • Avec le centre ou aides hors site (exemple pompier)
5- Traitement des données, cartographie et modélisation des réseaux	• Applications BIM (3D), SIG (2D) • Logiciels d'organisation et de suivi d'activités dont historiques des interventions et paramètres de sécurité et de risques • Management des données et l'IA

Le tableau des thèmes détaillés est disponible en [Annexe 1](#) : Tableau des thèmes détaillés de sécurité des réseaux d'assainissement au Cluster EMS.

Sur chaque thème, nous avons identifié 3 à 4 entreprises qui ont la plupart d'entre elles participé aux différents ateliers et projets suivis par le Cluster Eau Milieux Sols.

Historique du déroulé des événements

28 septembre 2022 : Atelier sécurité et conditions de travail des égoutiers dans les réseaux d'assainissement de la Métropole parisienne

Thématiques	Ordre	Structure	Titre de la présentation
1-Sécurité, pénibilité et améliorer l'hygiène.			
2-Mesure et protection des égoutiers aux composés organiques volatils et autres polluants atmosphériques	21	DRON LOCATION	Contain'R : unité d'air respirable pour 6 à 8 personnes tout en un
	22	IDRABEL	Traitement biologique des réseaux et réduction des H2S
	23	RAE France / Honeywell	Détection de gaz COV
	24	GreenCityzen	Solution H2S Connectée
	25	AR2I (2019)	Mesures des COV atmosphériques et de l'air expirée
	26	Partnair Industrie (2019) et Supmeca	Modélisation de la ventilation des réseaux et chambre à sable
3-Surveillance numérique (autres que polluants atmosphériques), automatisation et robotisation des tâches	31	F-REG	Vannes de chasses et vannes pilotées
	32	3DEAU	Contrôle périodique des dispositifs d'autosurveillance par la surface
	32	LYNXDRONE (2019)	Inspection des réseaux sans intervention, par Drone
4-Transmission des données et communication sans fil dans les réseaux d'assainissement et liaisons avec les capteurs connectés	41	STIMSHOP	Sécuriser les égoutiers par une communication sans fil avec la surface via des ultrasons
	42	DIMOTEC	Communication en milieu confiné
	43	Ecole Centrale d'Electronique	Benchmark sur les dispositifs de transmissions sans fil
5-Gestion et traitement des données, cartographie et Modélisation des réseaux : application et intégration de la sécurité	51	Cabinet Richer	Présentation du système mobile d'acquisition 3D I-PARRC dans le cadre de la problématique des ruisseaux couverts
	52	VEOLIA	Geo Cassini : numérisation des réseaux et robotiques
	53	Novimet	Gestion et prévision des événements pluvieux

11 décembre 2023 : GT qualité de l'air et ventilation des réseaux d'assainissement

« Thématiques / Sous-thèmes : famille de solutions »	Ordre	Structure	Titre de la présentation
2 – Modéliser, mesurer et protéger les égoutiers aux risques d'insuffisance respiratoire, aux expositions des composés organiques volatils et autres polluants atmosphériques	1	SARP IDF	Intervention en ouvrages visitables
2 / Ventilation des ouvrages : essais en laboratoire	2	Aérodynamique Eiffel	Présentation laboratoire et moyens d'essais aérauliques
2 / Ventilation des ouvrages / Capteurs et mesure de la qualité de l'air en continue par capteurs portatifs/permanents	3	CETIAT	Présentation de la société et des exemples de prestations en aéraulique et thermique
2 / Ventilation des ouvrages : modélisation analytique et numérique	4	ISAE Supmeca	Modélisation numérique ou physique de la ventilation d'une chambre à sable ou d'une canalisation
2 / Ventilation des ouvrages	5	dB Vib Groupe	Réseau de ventilation et dépollution
2 / Ventilation des ouvrages : modélisation analytique	6	Claude BEVAN	Points généraux en suspens sur la qualité de l'air et la ventilation des réseaux
2 / Ventilation des ouvrages : équipement aéraulique et de ventilation	7	DRON Location	Choix du dispositif de ventilation des égouts
1 / Soulève-tampon et 2 / Ventilation des ouvrages : ouvrage pour ventilation naturelle et modifications des ouvrages et réseaux	8	Saint-Gobain PAM	Présentation de la société et des solutions de tampons
2 / Capteurs et mesure de la qualité de l'air en continue et 4 – Communication sans-fil	9	Dronoxy	Présentation des solutions de capteurs 9 gaz communicant sans-fil et de drones
2 / Capteurs et mesure de la qualité de l'air par prélèvement	10	AR2I	Extraction, Identification et Analyse des COV dans l'air ambiant et dans les milieux confinés
2 / Capteurs et mesure de la qualité de l'air en continue	11	PCB Piezotronics	Présentation de solutions pour la mesure de pression
1 / Sécurisation des regards de voirie et descente d'égout et 2 / Masques auto-sauveteur et EPI	12	Sodex Formation	Formation à la sécurité (CATEC) et EPI d'intervention
4 / Transmission sans-fil	13	Dimotec	Communication sans-fil en milieu industriel confiné

04 février 2025 : GT numérique et robotique au service des réseaux d'assainissement

13h30 – Visite guidée du Musée		
14h30 – Accueil et introduction		
Introduction et programmation	Laurent DECHESNE et Timothy NGUYEN	Cluster Eau Milieux Sols
1. Transmission des données et gestion de l'information		
Isolation, conversion et transmission de mesures pour les usines de traitement de l'eau	Bertrand CHEVRET	JM CONCEPT
2. Automatisation des tâches et robotique		
Pompe submersible intelligente pour eaux usées	Arnaud COUTY	KSB
Assurer une gestion patrimoniale raisonnée grâce à la gestion prédictive ; drone flottant/ ou radeau sonar	Aziza GUELFY	CAE
Outils d'intervention et d'inspection autonome / Drones et robots	Julien LANDAUD	INFRANEO
Gestion patrimoniale des collecteurs d'assainissement et inspection par robot quadrupède	Thierry DORMOY	Veolia
Inspection et numérisation 3D des canalisations avec drones et robots	Jad ROUHANA	Lynxdrone
Robots d'inspection de drains et modélisation 3D avec support de l'IA	Nizar OUARTI	Sorbonne Université
Besoin : curage de planchers de sable (robot inspection) pour eau potable	Céline DURAND	Eau de Paris
Session d'échanges de 5min		
3. Gestion numérique patrimoniale et durabilité		
L'inspection avancée des réseaux assainissement pour une identification rapide des désordres	Laurent HUBERT	Suez
Dispositif de modélisation numérique 3D des réseaux et mise à sec du réseau avant opération	Pauline LAFROGNE	3D Eau
L'intelligence humaine associée à l'IA pour l'optimisation des réseaux d'eaux	Sami LALLAHEM	Ixsane
REX : doubles croches pour ligne de vie opérateurs et scannage 3D pour mesures ouvrages	Baptiste COMBEAU	EPI
Session d'échanges de 5min		
4. Autres		
Ergonomie sur le lieu de travail des égoutiers	Jean-Philippe DEVALS	Saint-Gobain PAM
17h – Conclusion		

Cycle domestique de l'eau (petit cycle)

Propos introductifs

10h00 - 10h15

10h00: **Cluster Eau Milieux Sols**, Laurent DECHESNE : **Présentation du Cluster Eau Milieux Sols**

10h05: **SIAAP**, Introduction petit cycle de l'eau

10h10: **Cluster Eau Milieux Sols**, Timothy NGUYEN : **Présentation du Petit Cycle de l'Eau et de ses enjeux**

Thématique 1 : Eau Potable

10h15 - 11h00

10h15: **Aquassay**, Marion GAUDION, **Efficacité hydrique : la transformation numérique pour soutenir l'exploitation et la performance**

10h20: **JM CONCEPT**, Bertrand CHEVRET, **Isolation, conversion et transmission de mesures pour les usines de traitement de l'eau**

10h30: **Eau de Paris**, Céline DURAND, **Détection des hydrocarbures en amont et à la hauteur des prises d'eau en Seine et en Marne de leurs usines de production d'eau potable**

10h35: **AQUAPHYS**, Alexandre PROFIT, **Surveillance, Gestion et Traitement de l'eau grâce à des technologies IoT, sans produits chimiques**

10h40: **Plasson**, Daniel FRANÇOIS, **Installation et composants modulables pour le transport de l'eau**

10h45: **LeakLynx**, Matthieu COUTIÈRE, **Détections des fuites non-invasives et rapides**

10h55: **ALTEREO**, Kévin NIRSIMLOO, **Diagnostic de la stratégie de gestion patrimoniale des infrastructures de l'eau**

Thématique 2 : Eaux usées et assainissement

11h00 - 11h30

11h00: **Merlin**, Laurent JULVEZ, **Présentation de la DERU 2**

11h10: **Prolog Ingé**, Guy TUETA, **Dimensionnement d'un ouvrage de rétention des flottants par modélisation 3D**

11h15: **EasyMining Services**, Lars BERGMANN, **Sustainable technologies for nutrient removal and recovery**

11h20: **DIMOTEC**, Jean-Claude ROUSSEAU, **Inspection des conduites de faibles diamètres sur longue distance**

11h25: **WeCo**, Cécile DEKEUWER, **Water Recycling Eco Toilets**

Pause café

Thématique 3 : Usage de l'eau en ville et valorisation des ENC

11h40 - 12h45

11h40: **DRON**, William GOMES, **Gestion et approvisionnement en eau potable sur chantier**

11h45: **SNCF réseau IDF**, Damien BALLENGHIEN, **Système de mouillage de ballast en circuit fermé**

11h50: **CLEANEA**, Jean-Christophe PRUVOST, **Production de détergent et désinfectant par électrolyse de l'eau**

12h00: **ADAXO International**, Odile EHRBAR, **Nettoyage par vapeur sèche alliant sobriété en eau, absence de produits chimiques et réduction des rejets polluants : VAPODIL**

12h05: **TERIDEAL**, Dominique RAVERAUD, **Usage intelligente de l'eau dans l'espace urbain**

12h10: **UPEC**, Lasaad DAMMAK, **Les 2 finalistes du challenge de l'UPEC/IUT Créteil Vitry sur la ressource en eau : arrosage intelligent et eau potable vitaminée**

12h15: **MyWater**, Niels STRATMAN, **Fontaine à eau et filtration**

12h25: **Veolia Eau**, Jean DE BEAUREGARD, **Production et distribution de chaleur issue d'une géothermie et de la récupération de calories sur eaux usées : exemple de la ZAC Léon Blum, Issy-les-Moulineaux**

12h30: **UrbanWater**, Juliette DAURENSAN, **Réutilisation des eaux non conventionnelles au service du paysage et pour générer des îlots de fraîcheur**

Introduction de l'aspect numérique des thématiques de la filière Sécurité des réseaux d'assainissement du Cluster EMS

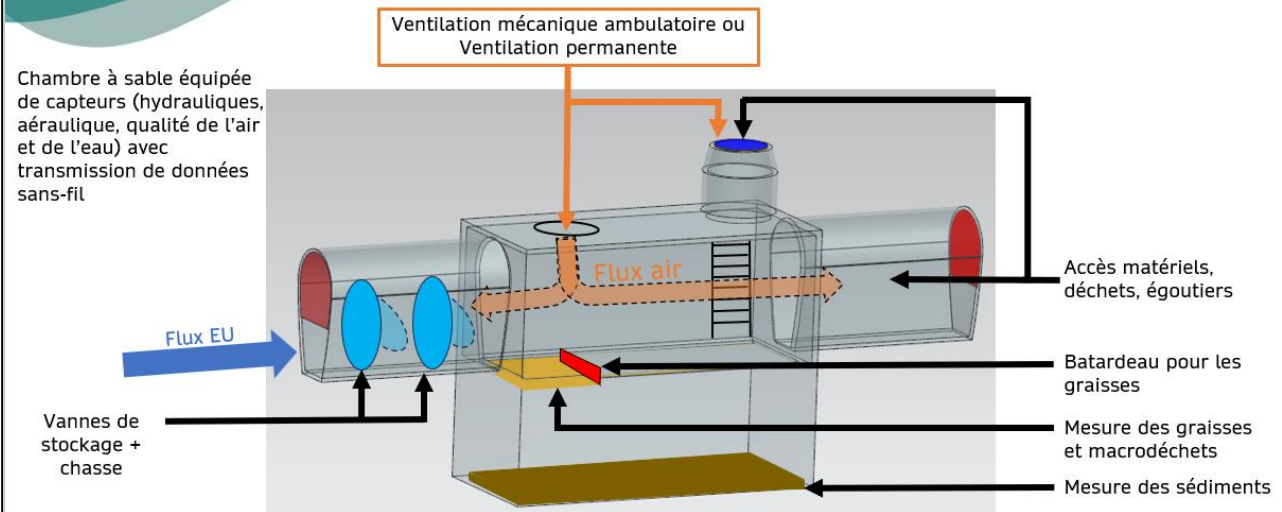
À la suite des rappels des enjeux et des risques présents dans les réseaux d'assainissement (Cf. Déroulé des présentations du GT numérique et robotique au service des réseaux d'assainissement du 04/02/2025), le Cluster Eau Milieux Sols a présenté une perspective de rendre « intelligent » un ouvrage d'assainissement.

L'égout numérique autour de la chambre à sable a pour objectif de réduire le nombre d'interventions des opérateurs dans les réseaux d'assainissement et de les favoriser dans les chambres à sable. Ci-dessous, une photo de chambre à sable vide suivie d'un schéma d'une chambre à sable avec différents types de technologies ayant pour but de la rendre dépolluante, plus sûre, intelligente et connectée :



1) Le numérique autour de la chambre à sable

Objectif : réduire le nombre d'interventions des opérateurs et les favoriser dans les chambres à sable



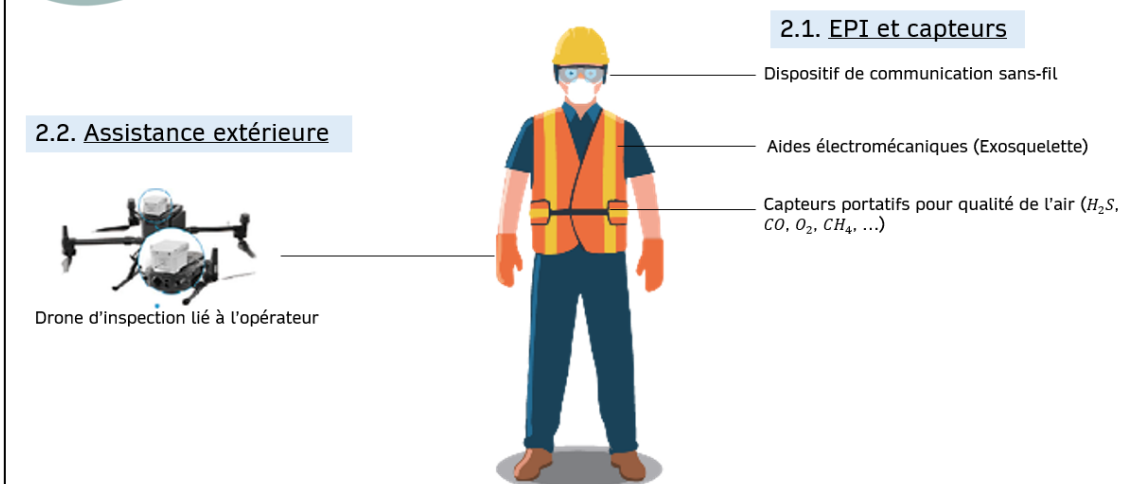
Nous pouvons donc identifier quelques structures :

- F-REG pour les vannes de stockage et de chasse automatisées
- Dimotec pour transmission sans-fil longue portée entre surface et souterrain ou au sein des ouvrages (sans coude)
- KSB pour les actionneurs et pompes connectées
- GreenCityzen pour les capteurs connectés (IoT) d'effluents et de qualité de l'air
- Saint Dizier Environnement pour le bac à graisse monitoré (avec Idrabel pour le traitement biologique incorporé)
- Dron Location pour la ventilation mécanique ambulatoire

Les conditions de travail de l'égoutier peuvent par la même occasion être améliorée directement à son échelle :

2) Le numérique autour de l'opérateur

Objectif : réduire le nombre d'interventions des opérateurs et les favoriser



Nous pouvons identifier quelques structures :

- Dimotec pour les dispositifs de communication sans-fil entre opérateurs
- Parengé pour les aides électromécaniques de type exosquelette
- Honeywell pour les capteurs portatifs de qualité de l'air

La communication des opérateurs est importante dans le sens où la transmission d'informations précises sans perte est primordiale. Les coudeuses et la distance entre les agents dans les réseaux d'assainissement causent des pertes de signal. Aussi, la réverbération due à la géométrie des ouvrages et les dialogues primitifs (à base de cris ou bruits métalliques impulsionnels) diminuent la qualité des transmissions d'informations.

Les aides électromécaniques permettent de supporter l'opérateur pour le port de charge lourde ou lors de travaux manuels à répétition. Il est intéressant de noter que les TMS (Trouble Musculo-Squelettiques) sont la 1^{ère} cause de maladie professionnelle et qu'une hausse de 20% par an a été constatée depuis 2000.

Les drones d'inspection améliorent directement la sécurité des opérateurs car ces derniers permettent aux opérateurs de réaliser leur travail tout en étant en sécurité à la surface ou en zone sûre dans l'ouvrage.

1) Renforcement de la sécurité du travail des égoutiers, diminution de la pénibilité et amélioration de l'hygiène : Conception ou amélioration de tous dispositifs et techniques

1.1) Soulève tampon : prévention du risque de mauvaise posture

a) Besoins et retours d'expériences

Le Conseil Départemental du Val de Marne exprime un besoin à propos des dispositifs de manutentions des tampons. En effet, une des premières causes d'accident de travail avec arrêt à la DSEA 94 (Direction des Services de l'Environnement et de l'Assainissement) est celle impliquant les tampons. Ainsi, plusieurs dispositifs ont été testés mais sans réelle amélioration et ce malgré la mise en place en parallèle, d'un dispositif de formation spécifique.

2° - Dispositifs de manutention des tampons

De nombreux dispositifs testés...



Caisse à outils de l'égoutier de la DSEA...
« Marteau-pince » ou « Marteaux d'égoutier »



LIFTPLAQ®
dispositif magnétique
(peu adapté sur tampon à
charnière et aux pratiques
de la DSEA)



Un dispositif multifonction
utilisé par un prestataire de
curage (peu convaincant)

**Rechercher/développer l'outil « idéal » ?
et/ou assister l'opérateur ?**

28/09/2022



Par ailleurs, les troubles musculo-squelettiques (TMS) constituent la première cause de maladie professionnelle dans le BTP, représentant 9 maladies professionnelles sur 10 et entraînant 95 % des jours de travail perdus. Leur fréquence connaît une hausse de 20 % par an depuis 2000 (source CNAMTS 2007).

Dans le domaine de l'assainissement, l'ouverture et le soulèvement des tampons de voirie figurent parmi les tâches les plus pénibles pour les agents. Le poids excessif des pièces, leur encrassement (qui augmente de 50 % l'effort nécessaire), la diversité des regards et outils de manœuvre, ainsi qu'un manque de formation sur les postures adaptées, aggravent les risques.

Ces conditions peuvent provoquer ou accentuer des lombalgies et entraîner de fortes sollicitations cardiaques. La prévention de ces troubles passe par une meilleure ergonomie, incluant la réduction du poids des tampons, l'intégration d'aides à la manipulation, la prise en compte des postures de travail et la facilitation des ouvertures grâce à des dispositifs adaptés.

b) Solutions et retours d'expériences

Concernant les solutions de soulève-tampon, aucune présentation n'a été réalisée lors de l'atelier du 28/09/2022. Cependant, certains échanges comprenant des pistes ou des propositions de solutions ont été relevés :

(28/09/2022) Intervention de Da Silva Anthony (Haut de Seine) : « Quelles sont les solutions apportées pour les tampons dans le Val de Marne, sachant qu'ils constituent la première cause d'accident de travail ? »

Notre potentielle solution de développement est un tampon en polymère qui est plus léger est plus facile à ouvrir. Le tampon charnière que nous avons expérimenté répond au mieux aux problèmes de tampons, il possède le meilleur retour d'expérience. En termes d'ergonomie, d'outils, de matériels, d'accès aux égouts, nous n'avons pas trouvé mieux. Nous faisons attention à la technique utilisée pour l'ouverture également.

Nous avons aussi un autre retour d'expérience : une chasse se fait tout autour du tampon ce qui fait qu'une certaine partie qui se casse couramment sur les tampons, ne casse pas sur ces tampons. »

(28/09/2022) Intervention de l'auditoire : « Notre tampon casse au même endroit. Il est très lourd et difficile à lever. Il y a un problème de lève-tampon car un risque d'accident se présente. Nous concernant, en 15 ans il y a eu 1 accident.

Notre solution à cela sont les gestes et la posture adoptés. On réalise donc des formations durant 2 jours, 2 fois par an, permettant d'éviter les accidents. Il ne faut jamais manipuler à 2. La cause des accidents est humaine car le tampon tombe sur les jambes des opérateurs. C'est un problème récurrent. »

(28/09/2022) Intervention de la Métropole de Lyon : « Nous présentons aussi des problèmes de tampons et de risques d'amiante. Nous avons cependant une bonne communication dans les réseaux. »

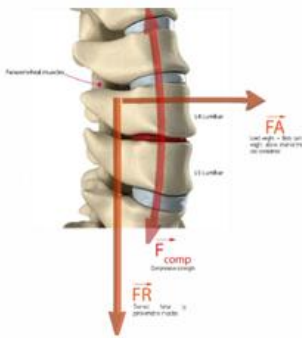
(28/09/2022) Intervention de Jean Luc Carbonari (Etablissement Public Territorial Grand-Orly Seine Bièvre) : « On a seulement 5km de réseau visitable. On a des réseaux de collecte dans lesquels il n'y a pas beaucoup de fuite donc les opérateurs descendent très peu dans les réseaux.
L'action faite a été le changement de tous les tampons en 3 ans. Il n'y a plus que des galettes à charnières. Le seul accident rencontré est lors d'une manipulation à 2. Au moment où l'on repose la galette, il y a un accident. Une solution peut être de passer un coup d'eau-pressure s'il y a de la rouille autour. »

À l'occasion du GT du 04/02/25, **Saint-Gobain PAM** a présenté un **soulève-tampon ergonomique spécialement conçu pour les exploitants et qui permet de réduire la charge soumise aux lombaires de l'opérateur.**

PAMREX
UN BOITIER SPÉCIALEMENT CONÇU POUR UNE MANIPULATION ERGONOMIQUE POUR L'EXPLOITANT



La compression maximum admise au niveau du disque entre la 4^e et la 5^e lombaire est de 350 daN*,
Pour PAMREX F_{comp} = 56 daN



*Source: National Institute Of Safety & Health, (N.I.O.S.H.), valeur reprise par l'INRS.

INSPECTION



insertion de la barre à mine



soulèvement du tampon pour inspection visuelle

OUVERTURE



ouverture totale = enchaînement naturel du geste



extraction aisée de la barre à mine après ouverture



Outil exclusif SGPAM
Développé avec INRS

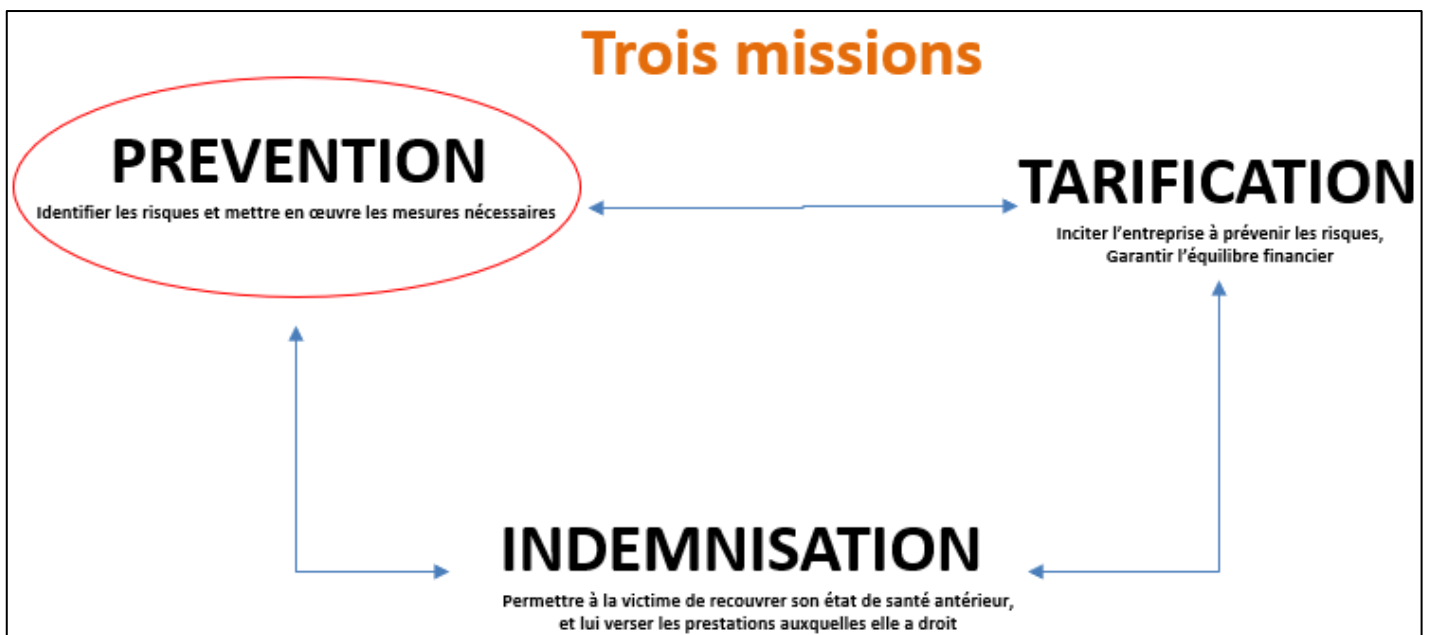
PAM
SAINT-GOBAIN

Également concernant les tampons, leur dispositif de fermeture permet une ouverture maximale de 130°, dégageant l'espace au-dessus de la cheminée et facilitant ainsi les entrées et sorties. Un verrouillage à 90° assure la protection des opérateurs lors de la descente, tandis qu'un système de guidage garantit une fermeture sans blocage dans 100 % des cas, renforçant la sécurité également lors de la phase de clôture.

1.2) Sécurisation des regards de voirie et descente d'égout (signalétique, longes...)

a) Introduction CRAMIF

Tout d'abord, la **CRAMIF** (Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Île-de-France) est un organisme chargé d'apporter une aide aux assurés sociaux des départements de la région d'Île-de-France. Cet organisme se charge notamment des risques professionnels et possède trois missions principales :



Ainsi, la CRAMIF contribue à **améliorer les conditions de travail des salariés** tout en **réduisant les risques** qu'ils encourent.

Par ailleurs, le dispositif **CATEC** (Certificat d'Aptitude au Travail en Espace Confiné) concerne toutes les personnes impliquées de près ou de loin dans le travail en espace confiné. Il s'agit d'un socle commun et homogène de compétences intégrant les bonnes pratiques de prévention des risques pour la santé.

La formation des intervenants et des surveillants comprend un module théorique et pratique. Le dispositif CATEC est composé :

- D'une organisation de travail
- De consignes à respecter et de moyens et équipements, adaptés et complétés par rapport aux particularités des lieux

Également, le CATEC présente des mesures spécifiques à prendre avant et pendant les interventions :

DISPOSITIF CATEC R 472
En particulier : • Mesures préalables à l'intervention - Reconnaissance ouvrage et évaluation des risques - plan de prévention pour l'intervention. - Autorisation de travail (formation personnel, aptitude médicale...) et permis de pénétrer. - Définition des moyens techniques (procédure d'intervention, consignations, réservation voirie, matériel de ventilation, ...). • Mesures pendant l'intervention - Consignations, balisage & sécurisation des accès, - Ventilation pendant 20' en ouvrant 2 accès (aval et amont de zone travail). Mise en place d'une ventilation mécanique par soufflage d'air neuf. - Contrôle de qualité d'air avant accès (gaz). - Equipement des intervenants : tenue de travail, détecteur 4 gaz individuel, masque auto-sauveteur, harnais... + moyens de communication

b) Besoins et retours d'expériences

Lors de l'atelier du 28 septembre 2022, la CRAMIF a exprimé un premier besoin par rapport à la sécurité du travail des égoutiers dans les réseaux d'assainissement. En effet, il demeure toujours un risque d'accident de travail, comme une chute de hauteur par exemple. Nous retrouvons notamment ce problème au niveau des regards lors de la descente des opérateurs dans les réseaux.

c) Solutions et retours d'expériences

Un travail de conception en amont des infrastructures serait apprécié. Par exemple, intégrer la ventilation mécanique dès la conception des ouvrages ou encore intégrer des protections contre les chutes de hauteur. Aussi, certaines tâches pénibles pourraient être mécanisées comme le curage ou la surveillance des structures (cf. **3.2) Drone et robot d'inspection dans canalisation visitable et non visitable** et **3.3) Actionneur et automatisation**). Enfin, de nouvelles innovations sur les masques EPI constitueraient une grande avancée.

AXES DE RÉFLEXION : CONCEPTION
• Nécessité d'un travail plus en amont avec une réflexion sur les infrastructures . - Intégrer la ventilation mécanique dès la conception des ouvrages - Sur ouvrages existants : prévoir les dispositifs pour installer la ventilation selon les BP : . Création de gaines rigides de raccordement, . Passage des gaines indépendant de l'accès travailleurs, - Privilégier les escaliers au lieu des échelles, - Protection intégrée contre les chutes de hauteur, • Mécanisation de certaines tâches pénibles (curage, surveillance des structures...) • Innovation sur les masques auto-sauveteur, détecteur individuel, moyens de communication (Extérieur / EC).

1.3) Amélioration de l'hygiène et le repos des agents : base vie

a) Besoins et retours d'expériences

Également, d'un point de vue hygiénique, des incidents sur les égoutiers tels que des éclaboussures sur les Equipements de Protection Individuels (EPI) ou des projections oculaires d'eaux usées ont été constatés. Le matériel et les outils des égoutiers sont difficilement nettoyables, en plus des différentes pratiques et moyens utilisés, comme les combinaisons jetables ou bien le moment de nettoyage du matériel.

AXES DE RÉFLEXION : HYGIÈNE

- **Orientations autour des bonnes pratiques relatives à l'hygiène**
 - Propositions :**
 - Protection contre projections (EPI adapté)
 - Point d'eau, camion équipé,
 - Unité mobile de décontamination (vestiaires mobiles avec douche et vêtements de rechange),
 - Outils / matériels faciles à nettoyer (y compris les gaines de ventilation),
 - Socle commun de bonnes pratiques d'hygiène avec formation obligatoire.

b) Solutions et retours d'expériences

Selon la CRAMIF, il faudrait des EPI adaptés aux projections et des douches et vêtements de rechange avec vestiaires mobiles. L'utilisation d'outils facilement nettoyable est préconisée, ainsi que de bonnes pratiques d'hygiènes communes acquises par formation obligatoire.

AXES DE RÉFLEXION : HYGIÈNE

- **Orientations autour des bonnes pratiques relatives à l'hygiène**
 - Constats :**
 - Incidents ayant entraînés une exposition directe aux Eaux Usées :
 - Projections dans yeux
 - Éclaboussures.
 - Vêtements, EPI trempés par EU.
 - Outils / matériels difficiles à nettoyer,
 - Pratiques et moyens différents concernant l'hygiène (combinaison jetable / coton, lieu habillage & douche, stockage matériel & nettoyage en fin d'intervention, ...).

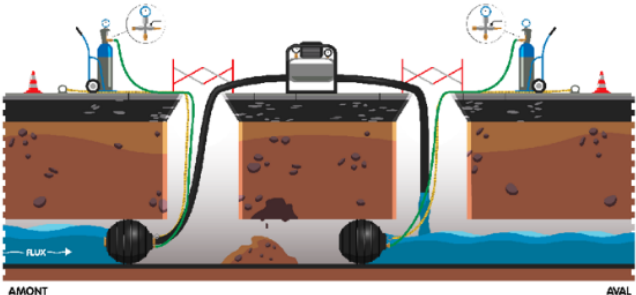
1.4) Usage des ballons obturateurs

a) Besoins et retours d'expériences

La société **Veolia** exprime également un besoin à propos de la sécurité de travail des égoutiers, après leur incident du premier semestre 2022. En effet, un ballon obturateur a explosé mais sans conséquence humaine.

VEOLIA EAU ACTIVITE EAUX USEES
- FOCUS SECURITE SECOND SEMESTRE 2022

REX 2022 1er semestre explosion ballon obturateur (sans conséquence humaine)
→ production d'une consigne interne sur ce sujet, avec
Prise en compte du guide de bonnes pratiques
Validation des pratiques avec SARP



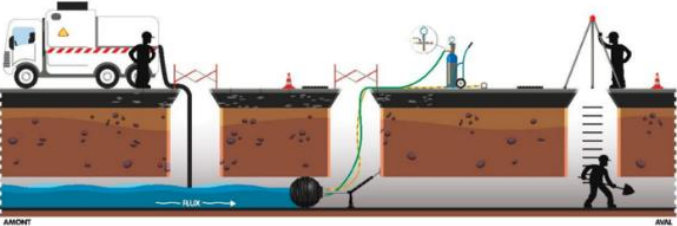


Selon Veolia, le travail en réseau d'assainissement prime sur la maîtrise de l'utilisation des ballons obturateurs car il permet d'homogénéiser le niveau des activités effectuées pendant les interventions.

VEOLIA EAU ACTIVITE EAUX USEES
- ELARGISSEMENT DU SUJET : LE TRAVAIL EN ESPACE CONFINÉ

Le travail, beaucoup plus large que la maîtrise de l'usage des obturateurs, est à mener pour assurer un niveau homogène sur

- l'analyse des risques, qui doit prendre en compte tous les aléas possibles, avec sa formalisation sur un document écrit
- la détermination et la formalisation des moyens de prévention associés
- l'information du personnel sur les risques et moyens de prévention de l'intervention à venir
- les outils, EPC & EPI adéquats
- la formation du personnel à leurs usages



Mise en œuvre d'une obturation type d'une intervention pour travaux en espace confiné avec descente du personnel et utilisation d'un hydrocureur

(28/09/2022) Question de l'auditoire : « Nous n'avons aucune idée sur l'origine de l'explosion du ballon. Mais est-il possible d'exiger une durée de vie ? »

Réponse de l'auditoire : « La durée de vie est liée au nombre d'utilisation et aux conditions de stockage du ballon (chaleur, froid, pression, ...). »

(28/09/2022) Intervention de Veolia : « Nous n'avons aucune idée de la cause de l'explosion du ballon. L'effet principal de l'explosion du ballon est l'impact sur l'audition. »

b) Solutions et retours d'expériences

Concernant les solutions vis-à-vis des ballons obturateurs, des solutions ont été proposées par F-REG notamment. En effet, cette société a présenté des solutions de vanne de chasse et de vanne pilotée (cf. **3.3) Actionneur et automatisation**).

(28/09/2022) Question de l'auditoire : « Comment trouver une solution afin d'obturer de façon simple ? »

Réponse de l'auditoire : « Il existe aussi des obturations mécaniques. »

2) Mesure et protection des égoutiers aux risques d'insuffisance respiratoire, composés organiques volatiles et autres polluants atmosphériques

2.1) Masque auto-sauveteurs

Concernant les masques auto-sauveteurs, de nombreuses études et expérimentations ont été réalisées auparavant. En effet, voici une **étude réalisée par l'école Arts et Métiers, des masques auto-sauveteurs utilisés actuellement**, ainsi qu'un tableau comparatif de ces différentes technologies :



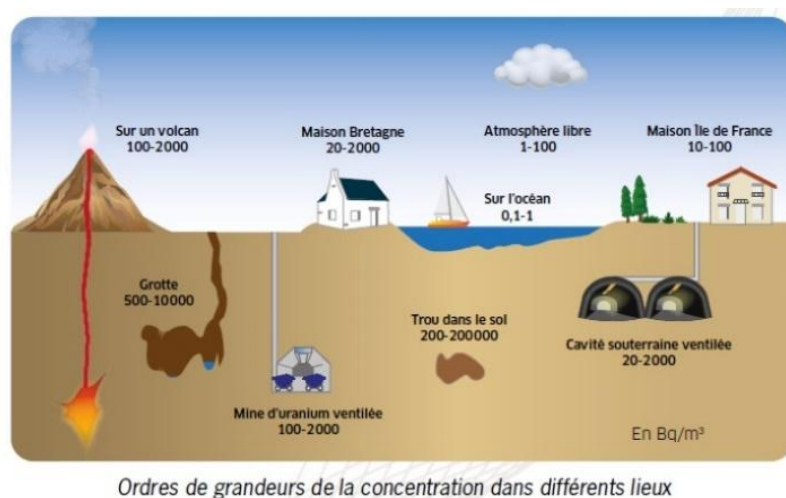
***Remarque :**
réaction chimique
à base d'hydroxyde
de lithium qui
capte le gaz
carbonique

	OXY 3000 Dräger	FENZY OXY PRO Honeywell	Savox MSA	M20 Ocenco
Autonomie	30 min (à 35 l/min)	30 min (à 35 l/min)	25 min (à 50 l/min)	15 min
Génération d'oxygène	Cartouche KO2	Cartouche KO2	KO2	Bouteille O2 *
Encombrement	219x190x109 mm	200x208x108 mm	200x160x110 mm	183x165x79 mm
Poids	Avec boîtier : 2,7kg Sans boîtier : 1,8kg	2,3kg	Avec boîtier : 2,5kg Sans boîtier : 1,5kg	Avec boîtier : 1,4kg Sans boîtier : 0,94kg
Port	Ceinturon, bandoulière ou poignée	Nuque	Poitrine Ceinture	Ceinture
Facilité d'utilisation (déclenchement du masque en obscurité, sangles suffisantes et facilement ajustables : ceinture, poitrine, cou)	Dangereux lors de l'ouverture : ailettes en ferraille ⇒ risque de blessures d'une personne située à côté Pas de port à la nuque ⇒ pas solidaire du corps, mise de la sangle non évidente	Port à la taille, mise de la sangle non évidente autour du coup une fois percuté	Boîtier difficile d'ouverture	
Confort : embout buccal, pince nez			Oui	
Brûlure des voies respiratoires lors de l'utilisation du masque	Non	Non	Non	Oui
Durée de vie	10 ans	10 ans	10 ans	15 ans
Maintenance	Faible	Faible	Faible	

2.2) Ventilation des ouvrages d'assainissement métropolitains visitables : modélisation simple, équipement et capteur aéraulique

a) Besoins et retours d'expériences

Le **Conseil Départemental du Val de Marne** présente aussi des besoins concernant la problématique du radon en réseau d'assainissement. Le radon (de symbole chimique « Rn ») est un gaz radioactif d'origine naturelle que l'on trouve dans tous les milieux (air, eau, sol). Nous en retrouvons une concentration plus élevée dans les espaces confinés ou mal ventilés et dans les parties basses des bâtiments comme les sous-sols ou rez-de-chaussée ainsi que dans les cavités naturelles ou artificielles comme vu ci-dessous :



Il y a une certaine démarche à suivre concernant l'évaluation des risques radon : il faut une analyse du lieu de travail en fonction des zones à potentiel radon sur le territoire national et prendre en compte les caractéristiques de ce lieu de travail (mauvaise ventilation, espace confiné, ...). Il y a ensuite un protocole de mesurage à respecter (utilisation d'un compteur Geiger suffisant) (fréquence de mesure ?) comme ci-dessous :

1° - Problématique du Radon en réseau d'assainissement

« Quelle que soit la zone géographique, on privilégiera le dépistage dans les lieux de travail peu ou pas ventilé »

Protocole de mesurage :

- avec un ou plusieurs détecteurs solides de traces nucléaires (DTSN)
- maintenu(s) en place 2 mois minimum de préférence en période hivernale
- mise en place interne possible
- analyses par laboratoire accrédité

Si résultat < 300 Bq/m » = fin de l'analyse

(28/09/2022) Question de l'auditoire : « Y a-t-il une cartographie précise sur la zone radon ? »

Réponse du conseil départemental du Val de Marne : « Oui, la cartographie précise des zones radons se trouve sur le site de l'IRSN. De plus, les paramètres définissant le danger sont : l'étanchéité et la concentration de radon. »

Nous pouvons établir un lien entre la ventilation et le mesurage de la qualité de l'air. En effet, il est dit que le dépistage sera privilégié dans les lieux de travail peu ou pas ventilé. Ainsi, les préconisations du guide de la Direction Générale du Travail indique qu'il est recommandé de placer un détecteur tous les 200m² en cavité et tous les 500m dans les galeries linéaires.

Préconisation du guide de la Direction Générale du Travail :

- Il est préconisé de placer au moins un détecteur tous les 200 m² dans les cavités et **tous les 500 m linéaire dans les galeries** (grande longueur par rapport à la hauteur).

**Réseau départemental d'assainissement visitable du Val-de-Marne
= environ 400 km, soit 800 détecteurs**

- A adapter aux conditions de travail :

* **pour un chantier** : mettre en place une surveillance adaptée, par des appareils de mesure en continu du radon (appareillage électronique à lecture directe et enregistrée),

* **dans le cadre d'activités de maintenance ou d'entretien** : équiper les travailleurs d'un dispositif opérationnel permettant de les alerter d'un niveau de radon important.

(28/09/2022) Question de Loic Mornat (DSEA 94 Val de Marne) : « Concernant le radon dans les réseaux d'assainissement, il est difficile de ventiler pour éliminer le radon. Aussi, le guide du travail dit qu'il faut un dosimètre tous les 500m dans les galeries. La campagne va donc durer longtemps. Comme on ne peut pas se contenter de la zone géographie radon, que faire d'autre que ventiler ? »

Réponse : « On peut mettre en œuvre les débits recommandés. Si on ne peut pas faire d'évaluation prévisionnelle, alors il faut faire une évaluation individuelle et une campagne de mesurage. De plus, si on risque de dépasser le seuil de radon, il faut mettre en place :

- Un détecteur ou un dispositif d'alerte
- Un dosimètre pour chaque travailleur
- Créer un espace dans lequel il y a de la circulation de l'air »

En 2023, lors du GT qualité de l'air et ventilation, le Conseil Départemental du Val de Marne a mis en évidence les problématiques gaz rencontrées régulièrement par les agents de la Direction des Services de l'Environnement et de l'Assainissement (DSEA) et du Service Industriels - Diagnostics des Réseaux – Autosurveillance (SIDRA) :

Risque d'exposition à gaz toxique lors d'intervention en réseau d'assainissement

- Principalement lors des cheminements en réseaux et des interventions sur les stations,
- Gaz H₂S retrouvé majoritairement (mais de plus en plus COV et NH₃)
- Risque plus spécifique dans certaines zones : en sortie de laverie (Cl₂), dans des secteurs connus pour une accumulation de boues...

Risque plus spécifique lors des interventions sur des pollutions accidentelles

- En sortie ou en aval d'industriels,
- En présence de produits chimiques générateurs de COV (hydrocarbures, solvants,...),
- Sur des pollutions d'encrassement,
- Anticipation difficile : avant le déplacement des agents, pas d'information sur la nature des substances auxquelles les services peuvent être confrontés.

Problématique « Odeur »

- Problématique fréquemment rencontrée dans le cadre des pollutions,
- Impact les services d'assainissement mais aussi les riverains,
- Difficulté à trouver les sources de pollutions et des solutions associées.

11.12.2023



Les opérateurs et agents intervenant dans les réseaux d'assainissement actuels sont quasiment toujours exposés aux risques toxiques des gaz car bien qu'une ventilation naturelle soit effectuée, il se peut que les poches de gaz nocif (H₂S typiquement) se percent durant l'évolution des égoutiers dans le réseau.

Dans les réseaux du Val de Marne, Il est rencontré entre 15 et 20 « incidents gaz » par an (fiche permettant la traçabilité et la cartographie de l'événement). Il faut par ailleurs noter qu'un « incident gaz » n'est pas forcément grave, cela signifie aussi que les opérateurs sortent protégés de l'ouvrage (percussion du masque auto-sauveteur).

Malgré les mesures de prévention mises en place et précautions prises, les risques respiratoires ou de nuisances olfactives demeurent un problème majeur et complexe à résoudre du fait de la volatilité des gaz (cas spécifique des COV) et des prélèvements d'air non effectué (donc pas de donnée sur la dangerosité) :

Les solutions apportées

- Port des EPI
 - Détecteur 4 (H₂S, CO, O₂ et LIE) ou 5 gaz (+ COV),
 - Port du masque d'évacuation dit « auto-sauveteur »,
 - Port du ½ masque de protection respiratoire « filtrant »
 - Appareil Respiratoire Isolé (ARI) sur les sites identifiés.
- Formation du personnel
 - Intervention en espace confiné,
 - Risque chimique,
 - Maniement du masque auto-sauveteur.
- Aération « naturelle » des ouvrages (*cf. diapo suivante*)
 - Ouverture de 2 tampons, aération pendant 20 minutes minimum, contrôle d'atmosphère, etc.
- Travail en collaboration avec le LCPP pour les prélèvements et analyses d'air
- Des projets en cours (notamment avec le Cluster EMS) et à venir (mise en place de détecteurs 5 gaz avec NH₃, achat de groupe mobile de ventilation, etc.)

Les limites

- Problématiques « Odeur » et « Pollution » difficile à traiter
 - Volatilité des gaz : difficulté à intervenir à temps et à tracer la pollution
 - Prélèvements d'air non effectués en régie.



La DSEA 94 exprime donc un besoin à propos de :

- La problématique odeur et pollution atmosphérique
- La mise en œuvre de l'ensemble des préconisations liées au travail en espace confinés (notamment la ventilation), à savoir comment déplacer aisément un groupe de ventilation ? Sachant que les réseaux ne sont pas cloisonnés, quel est le volume à ventiler ?

Ainsi, cette dernière est ouverte à des partages et échanges de retours d'expériences mais également de proposition de solutions permettant de traiter ces nuisances olfactives et pollutions atmosphériques.

Pour information, dans le 94 (Val-de-Marne), il y a environ 200 chambres à sables dont 150 sur lesquelles le département intervient fréquemment, ainsi que 950km de réseaux dont 42% sont visitables (soit environ 400km). Le réseau du 94 est représentatif des réseaux visitables de la proche couronne de la métropole parisienne (94, 93 et 92).

Également, il y a environ 20 000 tampons d'égout dans le 94 et un regard d'accès doit être présent tous les 50 à 100m dans les règles de l'art. Leur profondeur dans le 94 est en moyenne de 3 à 15m, avec des exceptions à 25m voire plus. De plus, il est important de noter que les tampons ne sont pas tous situés sur la chaussée, mais peuvent se trouver à cheval entre le trottoir et la chaussée ou complètement sur le trottoir. Par ailleurs, le temps d'intervention dans un ouvrage peut aller d'une journée à plusieurs jours en fonction de la taille de celui-ci et la charge de travail à effectuer. Le temps moyen d'intervention est généralement de l'ordre de 3 à 4h.

Au vu de l'ampleur des réseaux d'assainissement dans le 94, les enjeux précédemment évoqués sont soulignés.

La DSEA 94 a potentiellement pour projet de se procurer un système de ventilation mécanique prochainement. Cependant, celui-ci n'ayant pas été accepté sur leur budget de 2023, l'achat et les essais in situ sont donc reportés à 2024. Ce dispositif de ventilation est disponible en plusieurs modèles pour des débits nominaux différents (le plus élevé étant $7580 \text{ m}^3/\text{h}$). Le système fonctionne avec des gaines flexibles (pour s'adapter aux ouvrages et augmenter l'accessibilité aux tampons) ainsi que des câbles d'alimentation. Le ventilateur se présente comme tel :



(11/12/2023) Intervention de l'auditoire : « Est-ce que le réseau est complètement ouvert ? Quand on ventile vers le bas, le flux d'air se dirige des deux côtés de la galerie. Il est impossible de savoir le pourcentage de ventilation qui est mis en œuvre sur la zone d'intervention. »

Réponse de la DSEA : « Lorsque l'on réalise des travaux de réhabilitation (chantier lourd, génie civil) c'est-à-dire refaire l'intérieur de l'ouvrage, on arrive à se cloisonner temporairement par des systèmes de type fusibles pour laisser passer l'eau en cas de montée des eaux, orages, ... et ainsi créer un volume presque clos.

De plus, au pied de l'écran il y a ce qu'on appelle un batardeau, un petit muret que l'on vient construire en bas de l'ouvrage avec un busage, et on a généralement énormément de dépôts organiques.

La vraie difficulté est que nous n'avons pas de volume clos en exploitation normale des ouvrages. »

(11/12/2023) Intervention de la CRAMIF : « Il est faux que l'air circule toujours le sens de l'eau, l'air peut très bien aller dans l'autre sens. Ainsi, la ventilation mécanique par introduction d'air neuf doit accompagner la ventilation naturelle, souffler dans le sens de la convection naturelle.

L'idée du véhicule électrique est intéressante, dans le sens où la solution est mieux que de mettre en place un groupe électrogène générant des émissions de CO_2 afin d'alimenter le ventilateur. »

(11/12/2023) Intervention de l'auditoire : « Quand est-il du CH_4 (méthane) ? »

Réponse de la DSEA : « Nous ne l'avons pas abordé ici car ce n'est pas le gaz le plus nocif pour la santé, il est dangereux en termes de risques d'explosion. Nous avons eu des problématiques CH_4 lors de l'été 2022, sur des canalisations non-visibles : un opérateur qui s'apprêtait à curer la canalisation pour ensuite faire une inspection caméra, a descendu son détecteur dans le regard et a eu une alarme très élevée indiquant le risque d'explosion. C'est une première dans les réseaux du Val de Marne. Le curage a pu être réalisé en respectant un mode opératoire très spécifique permettant de ne pas occasionner le moindre risque d'étincelle et donc d'explosion. »

(11/12/2023) Intervention de l'auditoire : « Quels sont les autres COV auxquels il y a un risque d'exposition ? et comment sont-ils détectés ? »

Réponse de la DSEA : « Nous avons une double problématique :

- Nos détecteurs COV ne permettent pas d'identifier les COV, ils « somment » tous les COV présents dans l'air et nous alertent quand le seuil fixé est dépassé (20 ppm à la DSEA 94). Pour identifier le(s) COV présent(s), il faut revenir sur le site pour réaliser des prélèvements.
- La difficulté des prélèvements d'air (prise d'échantillon ou pose de badge captif) réside dans le fait qu'il s'agit de pollutions très volatiles donc lorsqu'on revient sur le site pour faire notre enquête, le(s) COV n'est (ne sont) plus présent(s). »

Ensuite, la **CRAMIF** présente un besoin quant à l'organisation des interventions, qui permet d'avoir une meilleure prévention des risques professionnels. Cette dernière a donc réalisé certains constats et proposé des solutions en fonction.

AXES DE RÉFLEXION : VENTILATION

- **Orientations autour des bonnes pratiques relatives à la ventilation**
 - Constats :**
 - Ventilation mécanique non mise en place
 - Parfois extraction mécanique au lieu de soufflage.
 - Ventilation mal installée :
 - Prise air neuf polluée par gaz échappement ou obturée par des feuilles...
 - Soufflage contre sens flux naturel
 - Gaines de soufflage trop hautes ou trop basses,
 - Soufflage sur les matières à curer,
 - Panne de ventilateur sans alerte.

Premièrement, les préconisations de ventilation de la formation CATEC ne sont pas appliquées dans la plupart des interventions. De nombreux problèmes ont été relevés vis-à-vis des bonnes pratiques de ventilation en espaces confinés tels que les ventilations mal installées ce qui engendre des prises d'air polluées ou encore un flux produit à contre-sens du flux naturel (convection naturelle variable en fonction des conditions de températures et de pressions dans les différentes parties des réseaux et des conditions externes).

b) Solutions et retours d'expériences

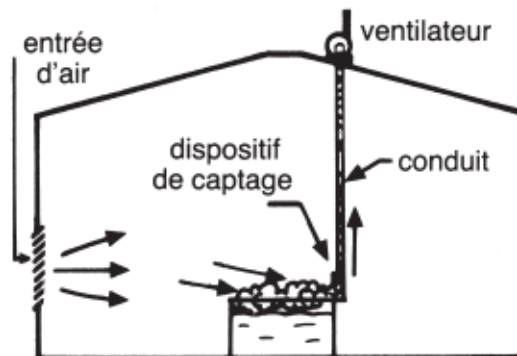
Ci-dessous, une synthèse des principes et points essentiels extraits des réglementations ED 695 et ED 703, concernant respectivement les principes généraux de ventilation et les pratiques de ventilation.

De prime abord, il existe **deux grandes catégories de ventilation** :

- La ventilation locale par aspiration à la source :

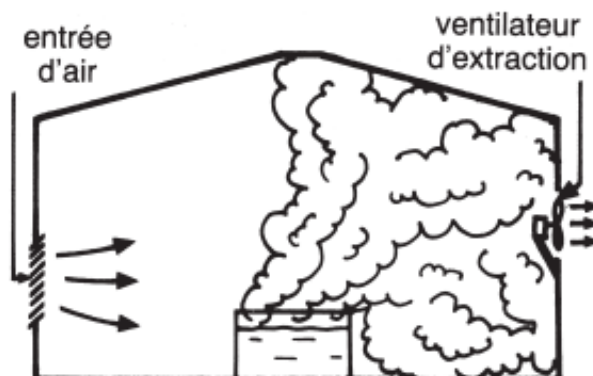
Cette technique consiste à capter les polluants atmosphériques le plus près possible de leur source d'émission (effluents ou matières organiques dans les réseaux d'assainissement), avant que ces derniers n'atteignent les voies respiratoires des opérateurs et ne soient dispersés dans toute l'atmosphère de la zone de travail (cf. Colonne « Remarques » dans le calcul du taux de renouvellement pour le volume à considérer de la zone de travail).

La ventilation locale permet d'évacuer les polluants émis dans l'air plutôt que de les diluer et nécessite nettement moins de débit d'air que la ventilation par dilution.



- La ventilation générale ou ventilation par dilution :

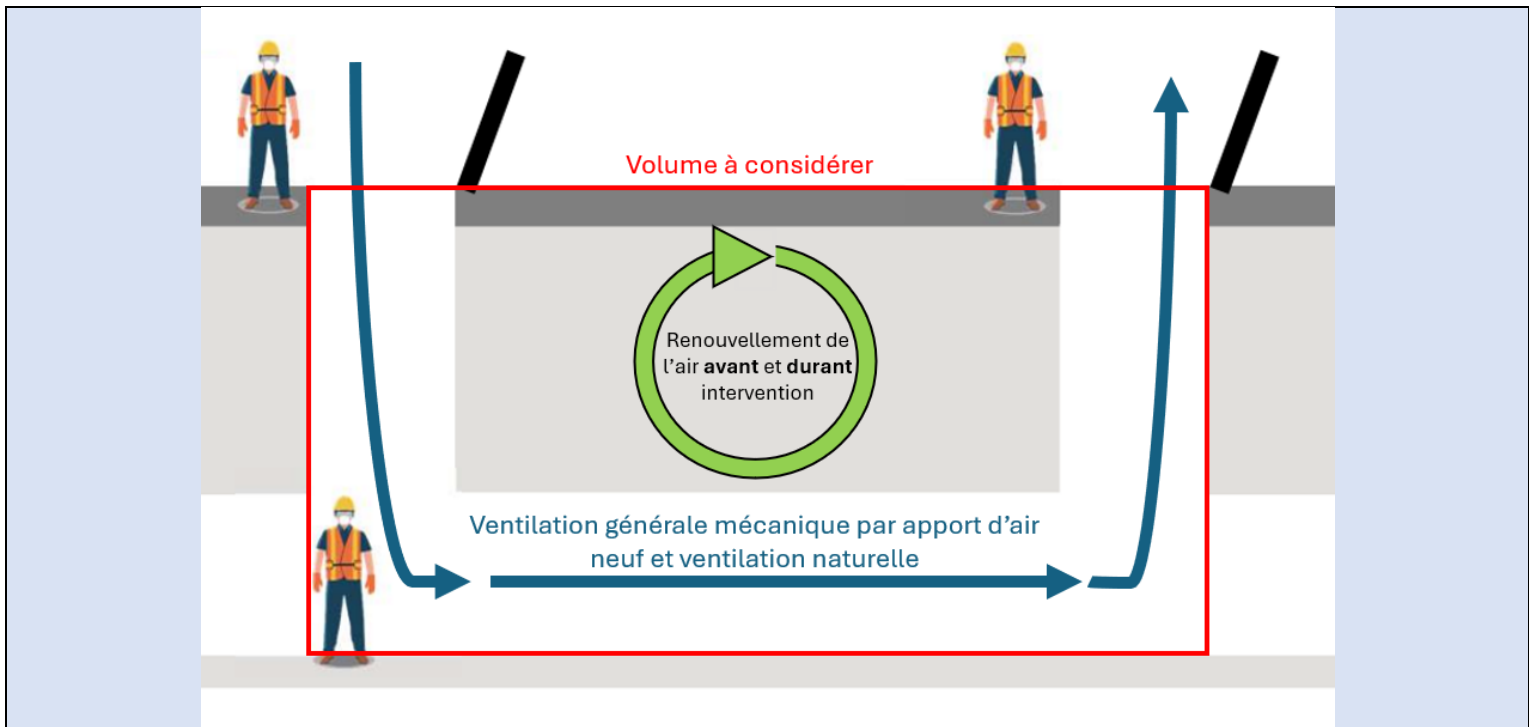
Cette technique consiste à diluer les polluants atmosphériques par apport d'air neuf dans la zone de travail. La ventilation générale vise à diminuer leur concentration dans l'air jusqu'à des valeurs les plus faibles possibles.



En ventilation générale d'ouvrage, **il ne faut faire en aucun cas de l'extraction mécanique d'air seule**. Dans le cas de polluants spécifiques (substances ou gaz dangereux), une extraction aéraulique mécanique sera réalisée au niveau de la source d'émission des polluants en complément de la ventilation générale mécanique par introduction d'air neuf.

Ci-dessous, un tableau regroupant les formules pouvant être utilisées pour dimensionner le débit de ventilation mécanique à mettre en œuvre. Les formules sont classées par ordre de complexité scientifique et sont extraites de l'ED 695 (exceptée la formule du nombre de Reynolds dans le second tableau).

Formule	Explications	Remarques
Ventilation simple en régime laminaire		
$R = \frac{Q}{V}$	Avec : • R : le taux de renouvellement horaire de l'air du volume considéré (s^{-1}) à multiplier par 3600 pour l'obtenir en h^{-1} • Q : le débit de ventilation générale (m^3/s) • V : le volume du local (m^3)	Le taux de renouvellement horaire de l'air correspond au nombre de fois où l'air dans le volume considéré est remplacé par de l'air neuf en une heure. L'introduction mécanique d'air neuf (insufflation) pris à l'extérieur doit se faire en dehors de toute source de pollution. À noter, le volume à considérer est celui de la zone de travail ou d'évolution des opérateurs : par exemple, le volume entre 2 tampons (bouche d'égout) ouverts ou le volume d'une chambre à sable. Avant intervention, ventiler mécaniquement par introduction d'air neuf <u>pendant 20min pour un taux de renouvellement de 10 fois le volume par heure</u> dans le sens de l'aération naturelle (entre deux regards ouverts généralement éloignés de 50m). Durant toute la durée d'intervention, maintenir dans l'ouvrage la ventilation mécanique par introduction d'air neuf à raison de 20 renouvellements du volume par heure. Pour information, le taux de renouvellement en hiver pour les habitations est généralement compris entre 0,3 et 0,7 volumes/h.



$$Q_f = A \times v_m$$

Formule du débit d'air dans une **conduite fermée** avec :

- Q_f : le débit d'air en m^3/s
- A : la section où s'effectue les mesures en m^2
- v_m : la vitesse moyenne de l'air dans la section en m/s

La vitesse d'air minimale pour **éviter un air statique** (pouvant former des zones où l'air est pollué ou appauvri en oxygène) en ouvrage est de 0,3 m/s sur la section du réseau, notamment à proximité des obstacles ou parois à cause des effets de bord (phénomènes d'instabilité, ici modification de la vitesse du fluide proche des parois).

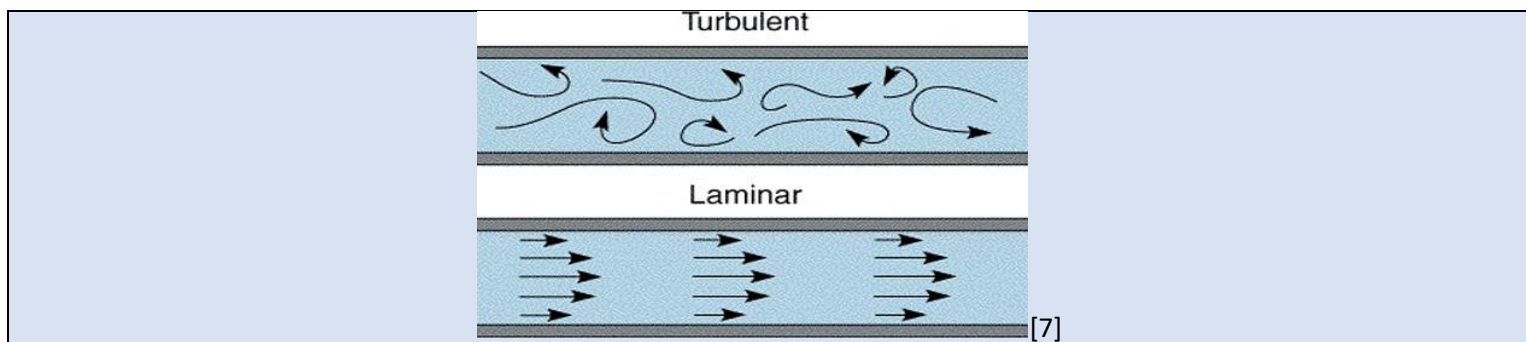
Pour aller plus loin, le second tableau ci-dessous permet de comprendre l'importance de l'air neuf, les risques d'émissions locales de polluants et les effets de bord avec l'intérêt d'un flux moins laminaire. Cette partie est principalement orientée vers des experts du sujet ou toute personne cherchant à comprendre des situations spécifiques et complexes.

À partir de la section « ventilation avec débit d'émission de polluants atmosphériques » du tableau, des pistes de recherche et/ou de potentielles expérimentations peuvent être proposées et donner lieu à de futurs GT ou de développement de solutions plus performantes.

<u>Pour aller plus loin :</u> Ventilation avec débit d'émission de polluants atmosphériques		
$Q = \frac{K \times q_p}{C_p - C_0}$	La formule du débit de ventilation générale où : • Q : est le débit de ventilation générale (m^3/s) • q_p : est le débit d'émission des polluants supposée périodique (kg/s) • C_p : est la concentration en polluant tolérée dans l'ambiance du local (kg/m^3) • C_0 : est la concentration en polluant dans l'air neuf, souvent $C_0 = 0 \text{ } kg/m^3$ • K : est le facteur de sécurité prenant en compte l'uniformité de répartition du débit d'air, la position des agents par rapport aux sources, le degré de toxicité des polluants, la non-uniformité du débit des polluants. L'évaluation du coefficient K est complexe, sa valeur est comprise entre 3 et 10	Les réseaux d'assainissement ne sont pas des conduites fermées car composés de réseaux linéaires ou d'ouvrages particuliers (type chambre à sable) non cloisonnés. Nous devons également prendre en compte les émissions de polluants ainsi que leur concentration dans l'air neuf et l'air de la zone d'intervention. Nous parlons donc de : • VME (Valeur Moyenne d'Exposition) : Concentration maximale d'exposition pour 8 heures par jour sur 5 jours consécutifs • VLCT (Valeur Limite à Court Terme) : Concentration dans l'air sans risque pour la santé pour 15 minutes maximum d'exposition À titre indicatif, le sulfure d'hydrogène (H_2S) et le monoxyde de carbone (CO) sont des gaz présents dans les ouvrages d'assainissement et sont hautement nocifs pour l'Homme : • H_2S : VME = 5 ppm / VLCT = 10 ppm • CO : VME = 20 ppm / VLCT = 100 ppm Également, les Composés Organiques Volatils (COV) sont des polluants atmosphériques présents dans de nombreux produits et matériaux. Les COV sont chimiquement formés à minima d'un atome de carbone et d'un atome d'hydrogène. Une exposition aigüe (quelques secondes à quelques jours) peut engendrer d'importantes conséquences sur la santé physique. <u>En Annexe, les VME et VLCT de quelques COV. [4]</u> Aujourd'hui dans le domaine de l'assainissement, il est complexe de déterminer le débit d'émission des polluants atmosphériques dans les réseaux (en l'occurrence l'H_2S). Il est difficile de déterminer la quantité exacte de matière organique dans les effluents et la cadence à laquelle les gaz s'émanent de ces derniers.

Ventilation en régime turbulent localisée

De manière générale : $Re = \frac{v \times D}{\nu}$ Dans le cadre des réseaux d'assainissement : $Re = \frac{v \times D_h}{\nu}$ Avec : $D_h = \frac{4 \times A}{P}$	Formule du nombre de Reynolds avec : • Re : le nombre de Reynolds [sans unité] • v : la vitesse du fluide en m/s • D : le diamètre du conduit en m • ν : la viscosité cinématique du fluide en m^2/s • D_h : le diamètre hydraulique en m • A : La section de passage du fluide en m^2 • P : le périmètre de la conduite en m, où se fait le passage du fluide	Il est important de noter que le nombre de Reynolds se calcule généralement avec un diamètre de canalisation considérée circulaire. Cependant, dans le cadre des réseaux d'assainissement, ce sont en réalité des ovoïdes (c'est le cas notamment dans le 94). Les ovoïdes ont la particularité d'avoir une section dont la hauteur est plus importante que la largeur, ce qui nous donnerait donc 2 diamètres différents à considérer selon la formule générale de Reynolds. Ainsi, la seconde formule présentant le diamètre hydraulique D_h permet de prendre en compte la géométrie des conduites. En effet, le diamètre hydraulique est couramment utilisé dans les calculs des écoulements dans les égouts ou dans les canaux, là où les écoulements se font dans des géométries qui ne sont pas uniquement circulaires. [5] En fonction du nombre de Reynolds calculé, il est possible d'identifier 2 types d'écoulements principaux : laminaire et turbulent. L'écoulement laminaire présente des lignes de courant bien identifiées. Plus nous nous éloignons des parois, plus l'effet de la viscosité diminue. Par définition, la viscosité correspond à l'ensemble des phénomènes de résistance au mouvement d'un fluide. Elle diminue la liberté de son écoulement et dissipe son énergie. L'écoulement turbulent s'oppose quant à lui au laminaire, dans le sens où celui-ci est caractérisé par des mouvements irréguliers du fluide (tourbillons par exemple) dus à d'importantes variations de pression et de vitesse. L'écoulement du fluide est turbulent à partir d'un nombre de Reynolds estimé à 2000. [6] De plus, il est notable qu'un écoulement laminaire de l'air peut ne pas être en mesure d'entraîner toutes les couches de gaz probablement stratifiées dans le réseau dans le cas où il y aurait un obstacle à la circulation de l'air (opérateur par exemple). Cependant, un écoulement turbulent de l'air permettrait d'homogénéiser les gaz par brassage et les déplacer grâce à l'agitation de l'air produite. Également, il est possible de modifier le type d'écoulement de l'air, à savoir de laminaire à turbulent, en plaçant dans le sens d'écoulement de l'air un dispositif fixe (type hélice par exemple) ou mobile donnant un mouvement rotatif. Ce principe reste théorique et constitue une piste de réflexion à approfondir par la suite.
---	--	---



Une base documentaire rédigée par la CRAMIF et l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) est disponible en complément de cette synthèse : <https://www.inrs.fr/NT-102.pdf>

Les solutions proposées sont nombreuses faces au besoin de ventilation des ouvrages d'assainissement afin d'éviter les risques d'insuffisance respiratoire, COV et autres polluants atmosphériques. La CRAMIF propose donc des solutions afin de remédier directement à ces problèmes. En effet, elle **recommande de respecter les bonnes pratiques (telles que la formation CATEC, entre autres) et de mettre systématiquement en place une ventilation mécanique insufflant de l'air neuf prélevé à l'extérieur, en dehors des espaces confinés (EC).**

AXES DE RÉFLEXION : VENTILATION

• Orientations autour des bonnes pratiques relatives à la ventilation

Propositions :

- Mise en place ventilation mécanique systématiquement (CATEC).
- Soufflage air neuf (pris à l'extérieur),
- Bonnes pratiques à respecter :
 - Prise air neuf protégée de la pollution environnante,
 - Dans le sens du flux d'air naturel (à vérifier sur place),
 - Gaines à positionner dans l'axe longitudinal de l'ouvrage, à hauteur des voies respiratoires,
 - Surveillance du fonctionnement du ventilateur.

Propositions

- Application CATEC
 - Ventilation avant accès
 - Vérification qualité air en 3 points avant descente
- Plan prévention détaillé spécifique à l'intervention avec les éléments de sécurité en EC (y compris les débits de ventilation réels).
- Notes de calculs sur débits à mettre en œuvre (=choix du ventilateur).

L'entreprise **DRON Location** a conçu une **unité pour les interventions sur des chantiers de dépollution** et se présente comme telle :

CONTAIN'R

Solution conçue par DRON Location, intègre les composants obligatoires et indispensables pour vos interventions sur des chantiers de dépollution (amiante, **égout**, plomb, nucléaire). Cette unité intègre, notamment, une balise de mesure de la qualité de l'air respirable

EN QUELQUES MOTS

UNITÉ D'AIR RESPIRABLE

6 À 8 PERSONNES

TOUT EN UN



DRON Location loue et entretient ses matériels selon le système de management de la qualité **certifié AFAQ ISO 9001.**

Elle se compose de différents équipements de mesure de l'air respirable pour les milieux pollués comme les égouts notamment. **Une unité d'air respirable permet de produire en toute sécurité une qualité d'air conforme.** Celle-ci, aspire l'air ambiant (grâce au compresseur) contenant des polluants à éliminer, avant de le réutiliser à des fins respirables. Voici les dimensions de cette unité ainsi que les équipements qu'elle comporte et les services proposés :

SOLUTIONS TOUT-EN-UN

CARACTÉRISTIQUES	
Dimensions (L x l x h)	2,20 m x 2,45 m x 2,26 m
Volume	9m ³
Poids à vide	1 700 kg
Alimentation	400 V / 50 Hz / 32 A Tétr

SERVICES ASSOCIÉS

- + Groupe électrogène secours ou production
- + Option fermeture de sécurité
- + Tuyau d'air spécifique air respirable
- + Nourrice 4 ou 8 postes raccords CEJN ou staubly





Analyseur d'air en continu



Armoire de filtration



Armoire générale



Connexions extérieures directes



Stockage d'air et compresseur



Traitement des condensats

ÉQUIPEMENTS

- ✓ Compresseur de 1 500 L (avec sècheur frigo)
- ✓ 1 000 L de stockage d'air (2 x 500 L en tandem)
- ✓ Armoire de filtration (CO, CO₂, NO_x, H₂O, SO₂, huile, poussière, goût, odeur)
- ✓ Analyseur d'air électronique en continu
- ✓ Captage et traitement des condensats
- ✓ Armoire électrique générale
- ✓ Extracteur automatique sur sonde

(28/09/2022) Intervention de l'auditeur : « La plupart des travailleurs sur le Grand Paris n'ont pas de soucis vis-à-vis de la ventilation. C'est un problème spécifique à traiter en cas par cas. »

Également, l'entreprise **Partnair Industries** absente lors de l'atelier du 28/09/22 n'a pas pu intervenir. C'est donc Laurent DECHESNE qui a repris un extrait de leur présentation de l'étude pour la ville de Paris lors de l'atelier 2019, concernant la ventilation des réseaux d'assainissement.

Les constats réalisés à l'heure actuelle sont les suivants :

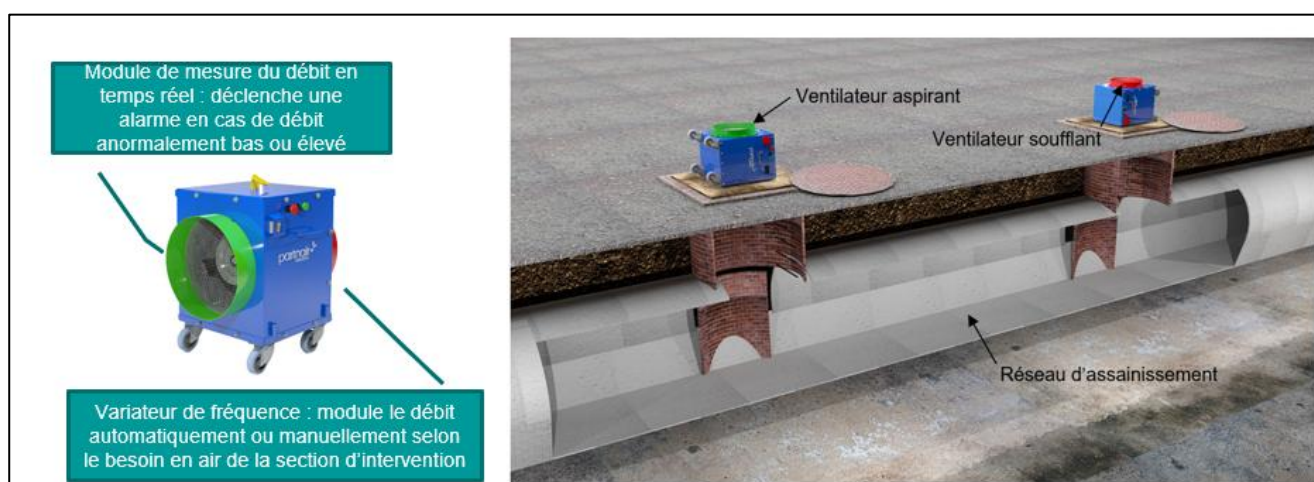
- La ventilation des réseaux d'assainissement est pour l'heure opérée à l'aide d'un ventilateur de petit diamètre, faible débit et faible pression. Il est connecté sur une gaine spiralée qui entre dans le réseau d'assainissement
- La gaine de ventilation est à décontaminer après l'utilisation car elle est en contact avec l'eau souillée
- L'effet de la ventilation est limité à l'orifice de la gaine de ventilation
- Pas de perception d'une ventilation « efficace »
- Dès qu'on ajoute de la gaine sur le ventilateur, et qu'il y a des coudes, le débit résultant est négligeable
- Absence de matériel performant sur le marché
- Absence de test et de littérature sur ceux-ci

Les objectifs visés sont donc de **réfléchir à une ventilation de type « mines et travaux souterrains », dans laquelle la gaine est le tunnel**. Aussi, il faudrait concevoir des équipements performants et adaptés au mieux aux contraintes que nous pouvons retrouver en milieu confiné. Enfin, il faut tester, modéliser, dupliquer, ... afin que nous puissions définir une procédure type avec des équipements plus adaptés.

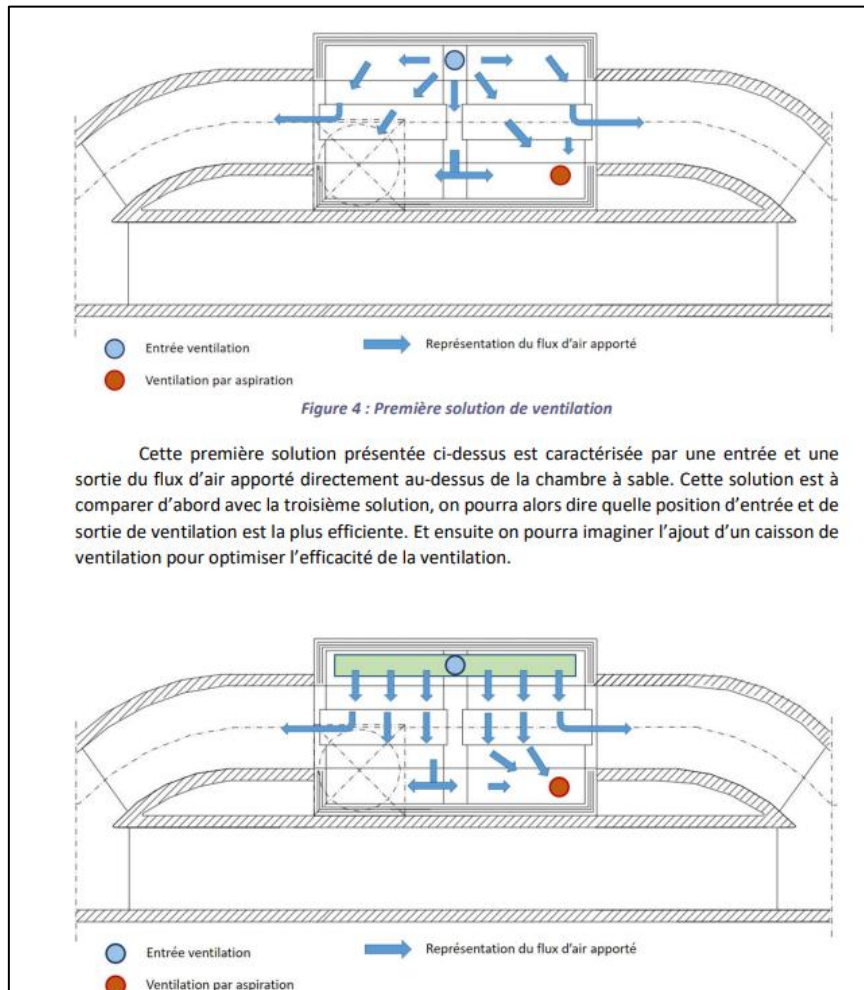
Par la suite, Partnair Industries utilise le **logiciel de dimensionnement AERO** développé par leur soin, **afin de modéliser n'importe quel réseau d'aérage souterrain**.

Le système de ventilation de Partnair Industries est basé sur l'étude de ventilation menée au préalable, en considérant une section spécifique à ventiler. Par exemple, en cas d'intervention d'agents pour effectuer une réparation ou de la maintenance, un flux d'air est créé par le positionnement d'un ventilateur soufflant combiné à un ventilateur aspirant. Cette méthode permet de diriger le flux sur une section précise et permet aussi d'éviter les pertes de charges.

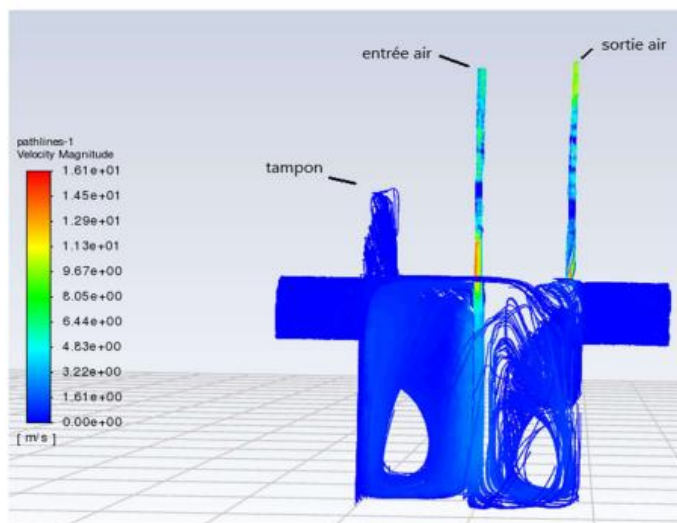
Le système de ventilation se présente comme tel :



Aussi, une pré-étude de la ventilation par l'école Supmecca concernant le réseau et la chambre à sable a été réalisée. Celle-ci a été suivie par la DSEA 94. Voici donc les **pré-études de la ventilation de la chambre à sable et les interprétations faites par Supmecca** :



Dans ces deux géométries, nous paramétrons une entrée d'air d'un débit de 12m/s dans "entrée air" et une sortie à 10m/s dans "sortie air" et des sorties libres pour "entrée réseau", "tampon" et "sortie réseau", la géométrie grise sur les deux figures ci-dessus correspondent au domaine fluide donc ici à l'air contenu dans la chambre à sable. On s'intéresse ici à la vitesse et à la répartition de l'air entrant dans la chambre à sable.



Nous pouvons observer sur la figure 10 que l'air se diffuse bien dans toute la chambre à sable mais à faible vitesse. De plus, nous observons deux zones de recirculation dans la zone basse de la chambre à sable. Cela signifie que dans ces deux zones, l'air ne se renouvelle pas correctement. Cependant, la simulation a été réalisée sans utiliser le caisson de ventilation. On peut donc imaginer que l'installation et l'utilisation d'un caisson de ventilation pourrait solutionner ces problèmes de répartition.

2.3) Capteurs et mesure de la qualité de l'air en continue ou par prélèvements

a) Besoins et retours d'expériences

Pour rappel, un capteur est un dispositif qui convertit l'état d'une grandeur observée en une grandeur exploitable. Les capteurs de qualité de l'air, par exemple, permettent d'identifier les espèces chimiques présentes dans l'atmosphère et de vérifier si les seuils réglementaires sont dépassés ou non

Il est important également de mesurer et d'identifier les espèces chimiques dans l'air car certaines espèces dans les espaces confinés sont nocives pour l'Homme. En effet, nous parlons de gaz d'égout, qui est un mélange complexe de gaz toxiques et non toxiques qui sont produits ou collectés dans les systèmes d'égouts. Ces gaz sont issus de l'émission de composés volatils et de la décomposition de déchets organiques ménagers ou industriels. Ils sont typiques des eaux usées.

Les gaz d'égout comprennent des composés nocifs tels que :

- le sulfure d'hydrogène H_2S
- le méthane CH_4
- le monoxyde de carbone CO
- les composés organiques volatiles (COV)
- l'ammoniac NH_3

Il convient également de noter d'autres formes potentielles de pollution : radioactive (radon), biologique (aérosols contenant des agents biologiques pathogènes), ou encore particulaire et fibreuse (amiante, etc.)

Par ailleurs, il se trouve que la DSEA 94 exprime un besoin en capteur de gaz. En effet, une fois que le gaz est détecté, l'objectif est de connaître sa nature, sa concentration, etc...

b) Solutions et retours d'expériences

Par la suite, **Honeywell** propose des solutions de **détecteurs de gaz COV (Composé Organique Volatil) pouvant différencier plus de 5 gaz simultanément**. Voici donc un exemple de produit que Honeywell a pu développer :

BW ULTRA : détecteur multigaz à pompe 

(jusqu'à 5 gaz en simultané : explo, O₂, H₂S, CO, PID, IR, CL₂, NH₃, O₃, ClO₂ etc...)

- Fonctionnement 12 ou 14h
- 1 bouton unique
- IP 66/67
- Cellule PID (Lampe 10,6ev)
- Très grand écran LCD + Hole watch mode
- Technologie Intelliflash + Coeur
- Compatible Intellidox
- Technologie communication wireless intégrée



Ce détecteur ci-dessus peut par exemple capter 5 gaz en même temps parmi de nombreux gaz. Il possède notamment une technologie de communication sans fil et une autonomie de 12 à 14h.

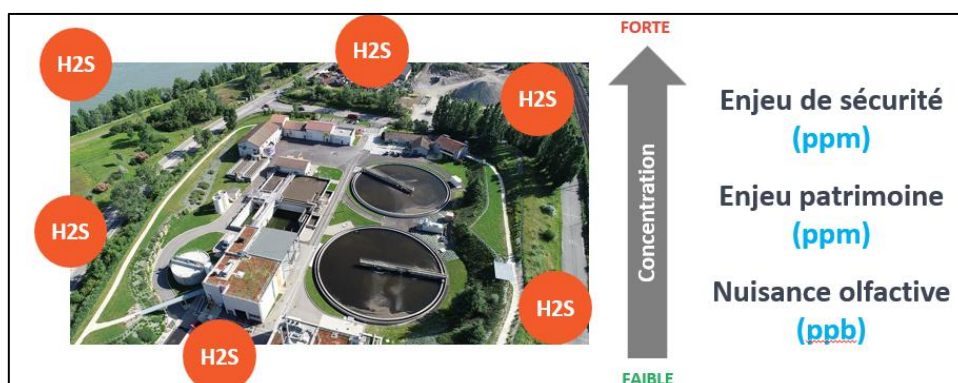
(28/09/2022) Question : « Est-ce un système qui effectue la somme de tous les COV ? »

Réponse de Honeywell : « Le système aspire les molécules et détecte les molécules en-dessous de 10.6. Suivant le PID, le système indique la quantité mais ne permet pas de donner la nature du gaz. »

(28/09/2022) Question : « Est-il possible de travailler sur un système permettant de discriminer les gaz ayant été détectés ? »

Réponse de Honeywell : « Le PID permet d'indiquer qu'un quelconque gaz a été détecté. Il n'y a pas de solution pour la personne pour laquelle le PID sonne. L'opérateur doit évacuer. Il n'y a pas de solution pour le moment afin d'indiquer le type de gaz détecté. Souvent, le PID est en complément avec un passif permettant de savoir quel était le gaz. »

Ensuite, l'entreprise **GreenCityzen** a présenté sa **solution de capteur H_2S connecté**, par Guy Lecurieux Lafayette. Il est rappelé que le **gaz H_2S est un gaz toxique et malodorant** qui dérange les riverains. Voici les effets qu'il peut avoir en fonction de sa concentration :



(PPM)	EFFETS
0.002 - 0.2	SEUIL OLFACTIF
3 - 5	ODEUR FORTE
10	LIMITE OPERATIONNELLE D' EXPOSITION
10 - 50	IRRITATION OCULAIRE
50 - 100	TROUBLES OCULAIRES GRAVES
250	PERTE DE L'ODORAT
300 - 500	TROUBLES RESPIRATOIRES GRAVES - DANGER MORTEL
500 - 1000	TROUBLES GRAVES DU SYSTEME NERVEUX CENTRAL, PARALYSIE RESPIRATOIRE
1000	MORT IMMEDIATE

Cette solution permet d'alerter sur les risques liés aux H_2S , de **réduire les nuisances olfactives** mais également de **préserver le patrimoine (infrastructures)** et de **réduire les coûts liés à leurs entretiens**. La solution se présente comme telle :

ENJEUX

- Alerter sur les risques H_2S
- Réduire les nuisances olfactives
- Préserver le patrimoine
- Optimiser et réduire le cout des traitements



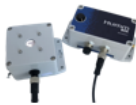


STEP et
voisinage
dans le
Réseau
en aérien

SOLUTION HUMMBOX CLÉ EN MAIN

Capteur H_2S ppm & ppb

Haute précision



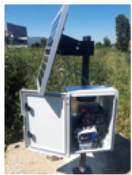
Station météo

Corrélation avec le vent
et la température,
pluie, radiation solaire



Autonomie

Solaire + batterie



**Tableaux de bord et application mobile
API ouverte pour modèle de panache**

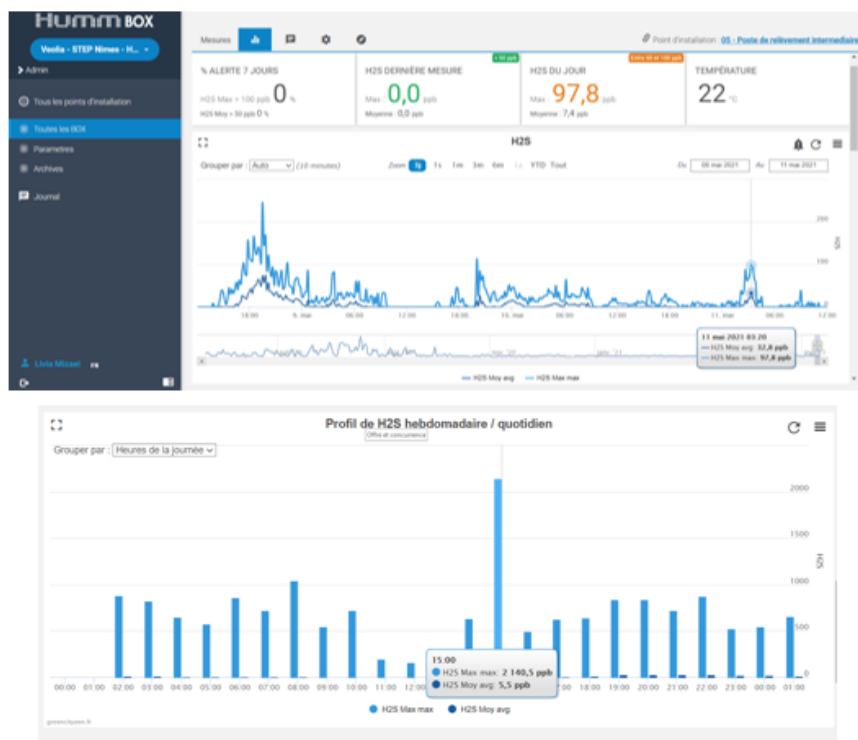
Avec indicateurs de
suivi des engagements



Installation et maintenance

De plus, il est possible de géolocaliser les stations et de déterminer les seuils de déclenchement d'alerte à partir de l'interface de l'application. Aussi, cette dernière a la possibilité présenter des tableaux de bords et des indicateurs de suivi d'impacts de l'activité de la STEP et des traitements sur l' H_2S :

Tableaux de bord et indicateurs



Tableaux de bord et indicateurs

l'historique de niveau H_2S , avec les dernières mesures effectuées, et les taux max atteints

Profils

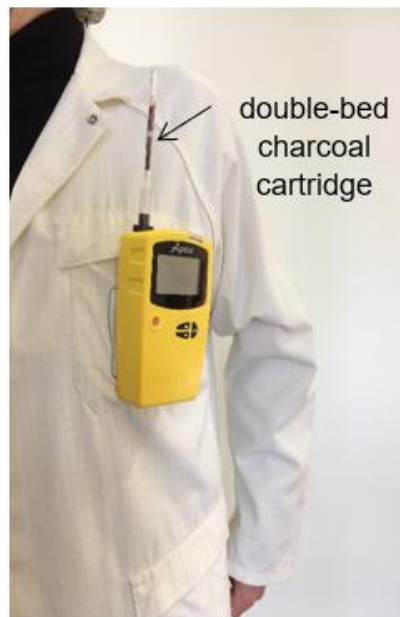
Les profils journaliers et hebdomadaires permettent de voir l'impact de l'activité de la STEP et des traitements sur l' H_2S

(28/09/2022) Question : « L'autonomie est de 1 à 12 ans ? »

Réponse de Guy Lecurieux Lafayette : « Différents types de capteurs sont déployés selon les cas d'usages. Plus il y a de mesures à effectuer, moins la pile dure longtemps. De plus, vous disposez d'une très bonne couverture avec ce type de technologie. »

Par ailleurs, le **laboratoire AR2I** (Analyses Recherches Innovation Instrumentale) a proposé via Laurent Dechesne (Directeur Général du Cluster EMS), une double approche de mesure de la qualité de l'air, reposant à la fois sur le prélèvement de l'air expiré par l'opérateur et sur l'utilisation d'un capteur porté par celui-ci.

Le capteur portatif est une pompe personnelle APEX d'échantillonnage, qui est un appareil de collection de composants volatils par absorption sur une double couche de **cartouche de charbon actif**. Cet appareil se présente comme tel :

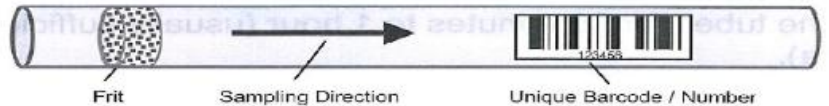


Ce dispositif peut être facilement et rapidement activé par l'opérateur lorsque nécessaire (alerte, zone à risques, odeurs particulières, ...). L'échantillonnage est rapide grâce aux hautes capacités de collection de flux de l'appareil.

Le **collecteur-échantillonneur de COV de respiration alvéolaire du nom de Exp'Air** est un appareil médical qui respecte la CE (Conformité Européenne), il est robuste, reproductible et calibré. L'échantillonnage dure 2 minutes et est très pratique. L'Exp'Air a déjà été testé à l'hôpital, il est utilisable dans un véhicule et possède des batteries longue vie. De plus, le même système de double couche de cartouches de charbon actif de l'échantillonneur d'air ambiant est utilisé ici. Voici donc comment le Exp'Air se présente :



La cartouche de charbon actif est emballée dans un récipient vissé hermétiquement, elle ne présente donc pas de contamination supplémentaire. Elle se présente comme ci-dessous :



Les hydrocarbures volatils sont concentrés dans une spécifique double couche de cartouches de charbon actif.

Les cartouches des 2 dispositifs de mesures sont envoyés en laboratoire où elles sont traitées pas un désorbeur thermique couplé à une chromatographie des gaz. Le tout auquel s'ajoute un détecteur de spectrométrie de masse (ci-dessous).



Les deux modes de mesure sont complémentaires et offrent une analyse comparative plus précise du mode d'exposition des opérateurs aux polluants atmosphériques.

Pour résumer cette solution innovante :

- Concerne la surveillance de la santé des travailleurs exposés aux COV par 2 moyens de mesures différentes et complémentaires : mesures in situ et après intervention dans les réseaux
- Étude de l'environnement dans les espaces de travail à air confiné
- Zones étendues : aéroports, centres villes, usines, etc...
- Épidémiologie

Cette solution n'a pas encore été mise en œuvre dans les réseaux d'assainissement ; une campagne expérimentale pourrait toutefois être envisagée.

2.4) Traitement de l'eau et des sédiments dans les réseaux pour réduction des polluants atmosphériques

a) Besoins et retours d'expériences

Le traitement des sédiments dans les réseaux d'assainissement permet de réduire la formation de gaz nocifs tels que le H_2S notamment. Le sulfure d'hydrogène H_2S est un gaz inflammable, incolore et fortement toxique. Il peut résulter de décomposition bactérienne de la matière organique dans des environnements pauvres en oxygène (méthanisation).

b) Solutions et retours d'expériences

Une solution innovante **de réduction des émissions H_2S des effluents** est proposée par l'entreprise **Idrabel**.

C'est une **technologie de traitement biologique des réseaux d'égouts et des stations de relevage**. En effet, cette innovation est un consommable composé de micro-organismes et de minéraux qui décomposent les contaminants organiques. Cette solution existe depuis plus de 25 ans (utilisée depuis de longues années en Belgique, au Pays-Bas) et voici un exemple concret de son utilisation permettant de convaincre un client italien (Gori) :

Technologie Idrabel

- La technologie consiste en un consommable à base de micro-organismes et de supports minéraux utilisés pour la dégradation des contaminants organiques.
- La technologie est applicable pour :
 - Entretien biologique des égouts
 - Modernisation des stations d'épuration
 - Remise en état des plans d'eau
- GORI utilise BIO-COL pour l'entretien biologique des systèmes d'égouts.



NISIDA
ENVIRONNEMENT

Selon Idrabel : « *La diminution de la libération de H₂S est une conséquence directe de l'augmentation du potentiel redox. Cette augmentation a été détectée dans la grande majorité des installations de lavage et aux points critiques de dégagement des odeurs.* »

Leur technologie a permis la réduction de plus de 80% de rejet de H₂S dans la ville de Via Reola (Italie) en 2 ans et plus de 50% à Belvédère Murat (France) en 1 an.

Le fonctionnement de ce produit est décrit plus en détail dans la vidéo d'animation suivante : [anim IDRABEL BC4 - YouTube](#).

(28/09/2022) Question : « Quelle est la finalité sur le traitement de l'eau ? »

Réponse de Idrabel : « Ce traitement permet la réduction des pannes, la digestion d'éléments nocifs et le curage. Il y a donc des intérêts pour l'empreinte carbone. Cette technologie permet un traitement en amont. Notre marqueur de performance est la plainte des riverains. Le résultat est qu'il n'y a plus aucune plainte. »

(28/09/2022) Question : « Le produit en phase solide est virulent. Existe-t-il en liquide ? »

Réponse de Idrabel : « Cette poudre possède une granulométrie très fine qui va descendre dans les colonnes d'eau. La phase solide est donc beaucoup plus efficace et a un réel intérêt de performance.

(28/09/2022) Question : « Cette technologie peut-elle résoudre les problèmes de cyanobactéries ? Est-ce que des métabolites peuvent être produits ? Comment s'assurer qu'il n'y a pas de problème particulier ? »

Réponse de Idrabel : « Concernant les cyanobactéries, il n'y a pas d'apparition de ces bactéries lors des traitements, cependant en cas contraire, les cyanobactéries apparaissent. Nous n'avons jamais constaté de modification de milieu ni de désordre apparent. Le cours d'eau retrouve son équilibre après le traitement. »

(28/09/2022) Question : « Dans les réseaux d'assainissement, le traitement n'interfère pas avec leur traitement des eaux des réseaux ? »

Réponse de Idrabel : « Il y a un boostage du traitement grâce à cette technologie. »

3) Assistance par surveillance numérique (autres que polluants atmosphériques), automatisation et robotisation des tâches

3.1) Capteurs et logiciel de surveillance et de suivi

a) Besoins et retours d'expériences

Concernant la surveillance et le suivi dans les réseaux d'assainissement, il existe un réel besoin numérique. Il est nécessaire de diminuer les tâches de surveillance dans les réseaux pour les opérateurs afin qu'ils puissent être sollicités autre part pour des actions plus urgentes par exemple. De plus, il s'avère que l'arrêté du 21 juillet 2015 impose la mise en place et le suivi des dispositifs d'autosurveillance, dont certains disposent d'une mesure de hauteur d'eau difficile d'accès et faisant l'objet d'un contrôle périodique.

b) Solutions et retours d'expériences

Ainsi, l'entreprise **3DEAU**, étant un bureau d'étude spécialisé en hydraulique et notamment en modélisation 3D, nous a présenté une solution répondant au besoin qui a été énoncé précédemment. 3DEAU conçoit et fabrique également des produits en Inox afin de **faciliter l'exploitation et la mise en conformité des systèmes d'assainissement** (réduire des déversements, lutter contre l'ensablement...).

Cette société a donc proposé une **solution mobile qui permet de faciliter la vérification depuis la surface de la hauteur mesurée par les capteurs (US ou radar) placés en station d'épuration et réseau d'assainissement**. La cible placée sous la sonde de mesure est alignée avec le fil d'eau du trop-plein de déversement à l'aide du plan laser autonivelant afin de vérifier le zéro du capteur. La mire est translatée verticalement pour le test de hauteurs intermédiaires. Le système est composé des éléments suivants et se présente comme suit :



Pour plus de précision, veuillez vous référer aux vidéos en annexe à la partie **3)Vidéo 3D Eau**.

(28/09/2022) Question : « Vous ne réalisez vos activités que sur de l'eau statique ou sur des déversements également ? »

Réponse : « Les capteurs sont utilisés surtout pour les trop-pleins et les écoulements en réseaux. Cela évite aux égoutiers de descendre dans les réseaux. »

3.2) Drone et robot d'inspection dans canalisation visitable et non visitable

a) Besoins et retours d'expériences

Au sein des réseaux d'assainissement réside un besoin constant de surveillance. Pour cela, des agents réalisent des interventions risquées et dans des conditions de travail éprouvantes afin de surveiller ces réseaux. De plus, il se trouve que parfois, les ouvrages ne sont pas accessibles pour l'Homme. De ce fait la surveillance ne peut pas être effectuée. Ainsi, automatiser cette tâche permettrait de réduire le nombre d'interventions humaines et de les favoriser au sein des réseaux, ce qui améliorerait la sécurité et les conditions de travail des opérateurs.

Lors du GT du 04/02/25, Eau de Paris ont souligné un besoin au niveau de l'usine de production d'eau potable d'Orly, qui traite les eaux de la Seine. Celle-ci fait face à une problématique liée à l'accumulation de sable sous les planchers filtrants de ses bassins de filtration rapide, en service depuis les années 1970. Ce sable, susceptible de se remettre en suspension, peut dégrader la qualité de l'eau filtrée en entraînant particules et microorganismes. Les opérations de curage, autrefois réalisées manuellement, ne sont plus envisageables en raison des risques pour la sécurité des opérateurs. Eau de Paris recherche donc une solution robotisée ou mécanisée permettant d'évacuer ce sable sans intervention humaine, en tenant compte des contraintes d'accès restreint, d'encombrement autour des trappes, de raccordements nécessaires (électricité, eau de service) et de la protection des équipements environnants. Les solutions actuelles ne fonctionnent pas à cause de la limite de filtration des aspirateurs de piscine, qui sont inefficaces dans ce cas.

Bien que ce besoin relève de la production d'eau potable, il illustre parfaitement comment une intervention humaine complexe peut être remplacée par une solution robotisée.

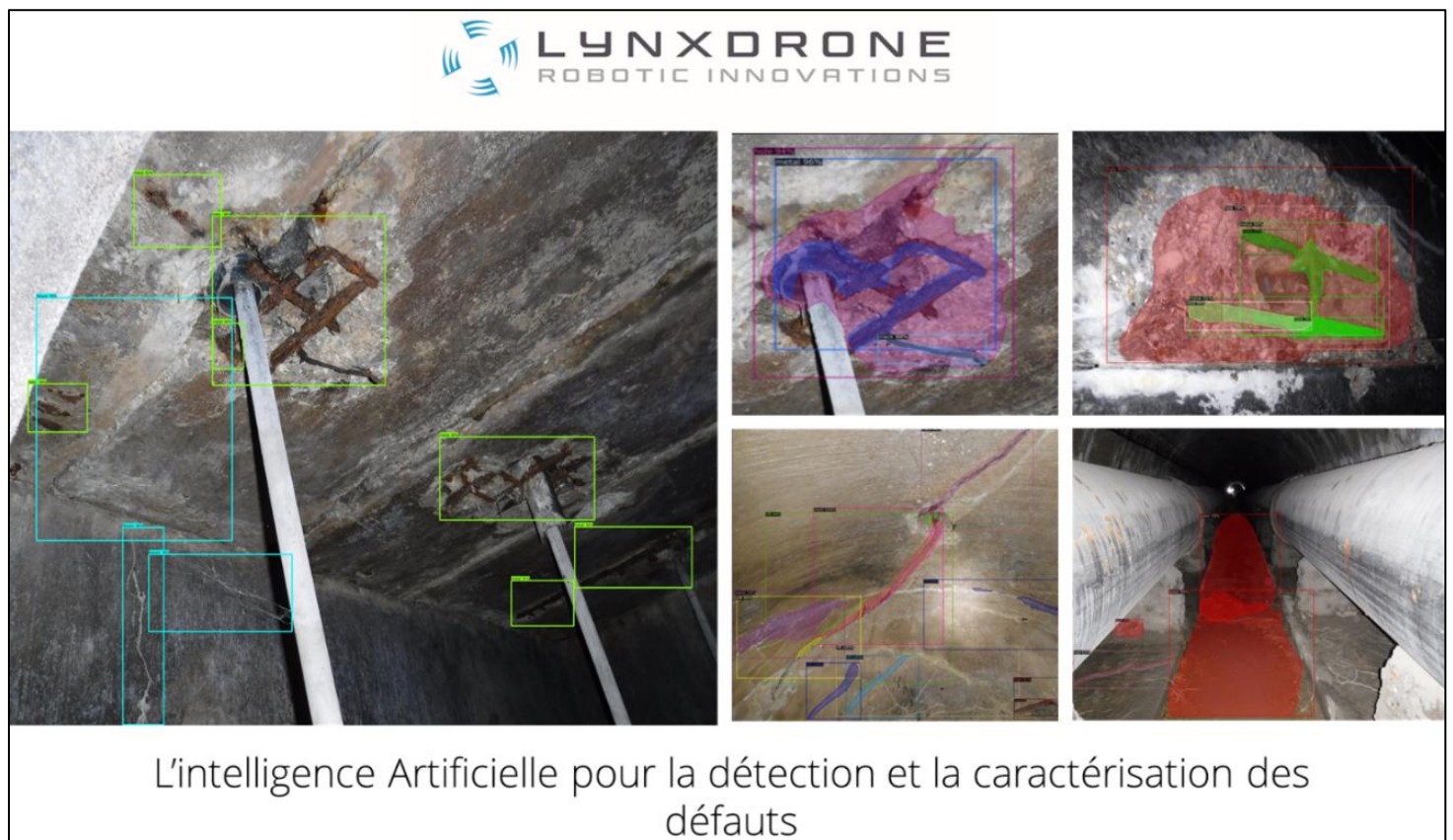
b) Solutions et retours d'expériences

L'entreprise **Lynxdrone** étant absente lors de l'atelier du 28 septembre 2022, leur présentation de l'atelier 2019 sur l'inspection des ouvrages sans présence d'agent en espace confiné, a été reprise par Laurent DECHESNE. Ce projet a été réalisé grâce au soutien et l'accompagnement d'Eau de Paris également.

Lynxdrone conçoit et commercialise des drones et robots autonome et intelligent pour l'inspection et la modélisation des canalisations. Les solutions de Lynxdrone permettent à la fois la **géolocalisation des défauts et des canalisations ainsi que la construction de jumeaux numériques**.



Voici comment le drone gère et exploite les données récoltées dans les réseaux :



Nous remarquons que le drone est capable de détecter différents types d'anomalies pouvant être présentes dans les réseaux d'assainissement, mais aussi de quantifier en effectuant un rapport entre la part d'anomalie et la surface scannée.

Par ailleurs, un **benchmark des technologies de drones et de robots d'inspection** en espace confiné a été réalisé par le **laboratoire de robotique de l'école des Mines** :

- Drones : Amélioration de détection de la position en milieu intérieur.
- Object recognition / scène segmentation and classification in LiDAR data
- Mise au point d'outils, d'algorithmes et d'applications d'analyse temps-réel de flux issus de multiples capteurs, dont des caméras.
- De nombreuses applications ont ainsi été développées dans le domaine des Systèmes de Transport Intelligents. Des outils et algorithmes performants de reconnaissance visuelle de catégorie d'objet (piétons, voitures, visages, panneaux routiers) ont été développés.

À l'occasion du GT numérique et robotique du 04/02/2025, l'entreprise **CAE (Concept Assainissement Environnement)** a présenté une solution permettant **d'assurer une gestion patrimoniale raisonnée grâce à la gestion prédictive**. En effet, le radeau sonar est un drone flottant innovant conçu pour l'inspection et le diagnostic des réseaux d'assainissement. Compact, léger et doté d'une autonomie de 5 heures, il intègre une caméra 360°, un éclairage puissant et un sonar rotatif permettant de réaliser des profils sédimentaires précis. Grâce à ses capteurs embarqués, il mesure également la concentration en gaz (H_2S , CH_4 , CO_2 , O_2) et facilite le positionnement par un système de balises. Sa coque en composite anti-corrosion et sa propulsion aérienne lui confèrent robustesse et adaptabilité, faisant de cet outil une **solution performante pour améliorer la sécurité des interventions et optimiser la maintenance des réseaux**.

LE RADEAU SONAR

BESOIN

=

ASSURER UNE GESTION PATRIMONIALE RAISONNÉE
GRÂCE À LA GESTION PRÉDICTIVE



LES AVANTAGES D'UN DRONE FLOTTANT

- Sécurité : éviter ou limiter la présence humaine dans des ouvrages à risque
- Permettre une visite de l'ouvrage en fonctionnement réel (ventilation inutile)
- Limiter les rejets polluants dans le milieu naturel
- Eviter une mise au chômage difficile et coûteuse

SOLUTION = DRONE FLOTTANT ÉQUIPÉ



(04/02/2025) Echanges complémentaires :

- Le drone est équipé d'une tablette et peut mesurer différents paramètres. Enregistrement à chaque seconde de données et d'images
- Distance de corde flottante de 1km
- Diamètre minimal de 500mm et maximal 600mm
- Le radeau est autonome mais peut-être guidé par signal (tablette)
- Le radeau est un service, c'est une prestation
- 5h d'autonomie. En fonction du courant, la durée des interventions varie

L'entreprise **Infraneo** développe des solutions d'inspection innovantes basées sur l'utilisation de drones adaptés aux contraintes des réseaux d'assainissement. Lors du GT du 04/02/25, Infraneo a présenté 3 types de drones. En effet, selon les conditions d'accès et d'environnement, plusieurs types de drones peuvent être mobilisés : des drones flottants pour les galeries en charge, des drones roulants pour les conduites accessibles mais encombrées, et des drones volants pour les ouvrages difficiles d'accès. **Ces technologies permettent de limiter l'exposition des opérateurs aux environnements dangereux tout en améliorant la précision et l'efficacité des diagnostics.**

Cycle de l'Eau



Inspections drones flottants, roulant, volant



Drone flottant



Drone roulant



Drone volant

(04/02/2025) Echanges complémentaires :

- Le drone peut aller jusqu'à 100m de distance et ne présente pas de problèmes de communication lors des virages pour le géoréférencement de l'ouvrage.

Veolia a présenté lors du GT du 04/02/25 une solution innovante d'inspection des réseaux par robot quadrupède, permettant de **réduire significativement l'exposition des personnels aux espaces confinés et aux risques associés**. Ce robot est capable de se déplacer dans des environnements complexes, tout en assurant la mutualisation des inspections et un géoréférencement de classe A de l'ensemble des ouvrages grâce à un relevé LIDAR. Les données collectées sont restituées conformément à la norme NF 13508-2, y compris sur les ouvrages visitables, et permettent la modélisation 3D des réseaux. **Cette technologie contribue à la fois à la sécurité des opérateurs et à l'amélioration de la qualité des diagnostics.**

Inspection par robot quadrupède

- Un robot terrestre quadrupède, piloté à distance capable d'assurer la visite des ouvrages et leur géo-référencement.



- Sécurité des opérateurs – pas de nécessité d'accès en espaces confinés (CATEC)
- Plage d'utilisation large (à partir de 700mm)
- Pilotage longue distance
- Capacité d'intervention autonome en visite de suivi
- Batteries longues durées
- Robots étanches – IP67

(04/02/2025) Echanges complémentaires :

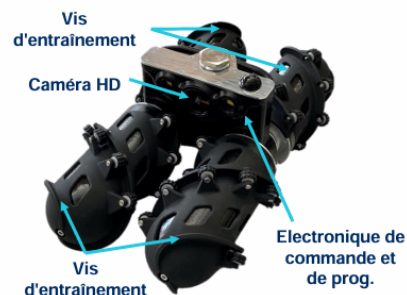
- Il y a une IA (Intelligence Artificielle) dans le robot quadrupède et peut donc revenir car il connaît son chemin. Possibilité de mettre plusieurs types de capteurs embarqués. Le robot est complètement autonome et pilotable
- Y a-t-il des problèmes de transmission sans-fil avec le robot ? (Sachant qu'il n'y a pas de descente d'antenne ni de pilotage en filaire)
- Le robot est en expérimentation, pas d'exploitation

SARP a présenté le 04/02/25 le système Predire, une solution d'inspection et de diagnostic des canalisations d'eaux pluviales et usées. Ces robots autonomes (D150, D200 et D340) permettent une **exploration fiable des réseaux, avec une technologie innovante, conforme aux normes de sécurité, et éprouvée par des tests en conditions réelles**. Cette technologie est dotée de l'intelligence embarquée. Le système Predire est équipé d'un inclinomètre anti-retournement, garantissant une meilleure stabilité durant les inspections. Son comportement est configurable, ce qui permet d'adapter son fonctionnement selon les besoins de la mission. Un magnétomètre assure la gestion précise de la fin de mission. Enfin, des capteurs d'humidité et de pression surveillent en continu les conditions environnementales pour sécuriser les opérations.

Zoom sur les innovations

Caractéristiques techniques et innovation :

- Traction autonome par 4 vis d'Archimède amovibles
- Adapté à divers terrains (sable, boue, etc.)
- Système étanche
- Caméra HD intégrée
- Géo-localisation



Cluster EMS IDF - Comment optimiser la gestion patrimoniale de votre réseau d'assainissement ?

VEOLIA 101

(04/02/2025) Echanges complémentaires :

- Le drone va assez lentement. Il fait 1m/10sec
- Réalisation d'un repérage pour ne pas perdre les drones avant de les lancer (on sait qu'il y a 10-15% des réseaux non visitables par ces derniers)
- Ne fonctionne pas dans les réseaux en chute
- La qualité photo est satisfaisante pour repérer ou pour faire un pré-diagnostic
- Un inclinomètre est sur le drone lui permettant de se replacer, repositionner avant de reprendre son chemin
- L'appareil effectue des allers-retours seul

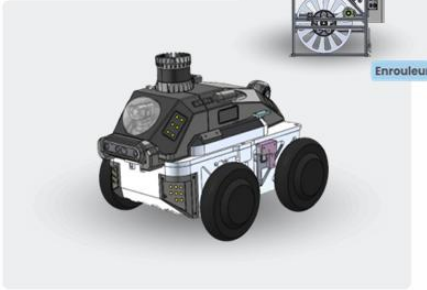
La société **Lynxdrone**, spécialisée dans le développement de solutions robotiques innovantes pour l'inspection et la sécurité des réseaux, a présenté dans le cadre du GT du 04/02/25 plusieurs de ses technologies phares ainsi que des cas d'usages. Le drone Horus 1, conçu pour les environnements confinés, offre une capacité d'inspection aérienne précise dans les canalisations difficilement accessibles. Le robot IRIZ est dédié à l'exploration terrestre et au diagnostic des ouvrages grâce à sa mobilité adaptée aux conduites complexes. Enfin, le robot SCORP combine robustesse et polyvalence pour intervenir dans des conditions exigeantes, en apportant une aide précieuse au suivi patrimonial des réseaux d'assainissement. **Ces solutions illustrent l'amélioration de la sécurité, de la fiabilité et de l'efficacité des opérations d'inspection.**

NOS PRODUITS : DRONES

Drone Horus 1



Robot IRIZ



Robot SCORP



Solutions autonomes et intelligentes
Inspection et numérisation 3D des zones dangereuses ou inaccessibles

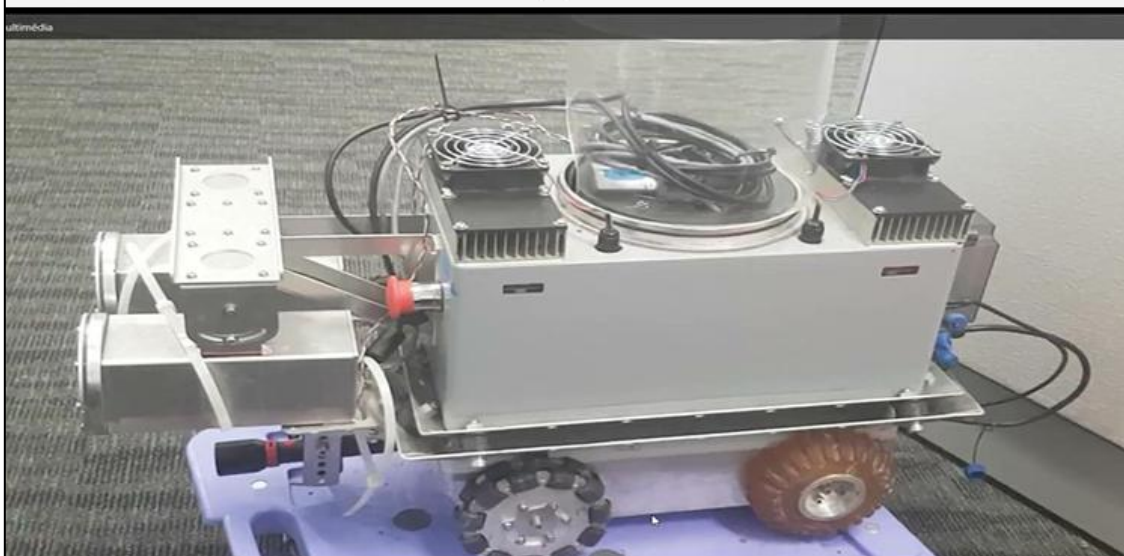
(04/02/2025) Echanges complémentaires :

- Lynxdrone fabrique des solutions, réalise des prestations ou vendre des équipements avec formation
- Pas de limite de hauteur pour les ouvrages exploitables car le drone est volant
- IHM (Interface Homme Machine) pour l'adaptation de drone à sa mission

Le 04/02/25, la **Sorbonne Université** a présenté ses avancées dans le domaine de l'inspection robotisée des drains, en nous partageant un système innovant développé à Singapour. Ce dispositif repose sur une stéréovision complète, fruit d'un travail de sélection des optiques et caméras, accompagné de la création d'algorithmes sur mesure. Le robot est équipé de deux caméras Point Grey capables de restituer 1024 niveaux de gris. Cette technologie assure une portée d'observation allant jusqu'à 7 mètres, permettant une **précision accrue dans l'analyse des réseaux d'assainissement**.

Ce système détecte les obstacles en conditions extrêmes ainsi que les fissures, les défauts et les fuites grâce au système de détection embarqué.

Prototype de Robot



(04/02/2025) Echanges complémentaires :

- La reconstitution 3D se fait en temps réel.

Suez a développé des solutions d'inspection avancée des réseaux d'assainissement visant à améliorer la détection rapide des désordres tout en renforçant la sécurité des agents. Le robot présenté permet de limiter les risques d'accidents en réduisant l'exposition humaine aux environnements confinés. Des travaux sont également en cours pour intégrer des capacités d'analyse par intelligence artificielle, en 2D et 3D, afin d'optimiser le diagnostic. Le dispositif présente toutefois certaines contraintes, notamment une limite de communication fixée à 200 mètres et l'incapacité à franchir les virages, ce qui conditionne ses usages actuels.

3.3) Actionneur et automatisation

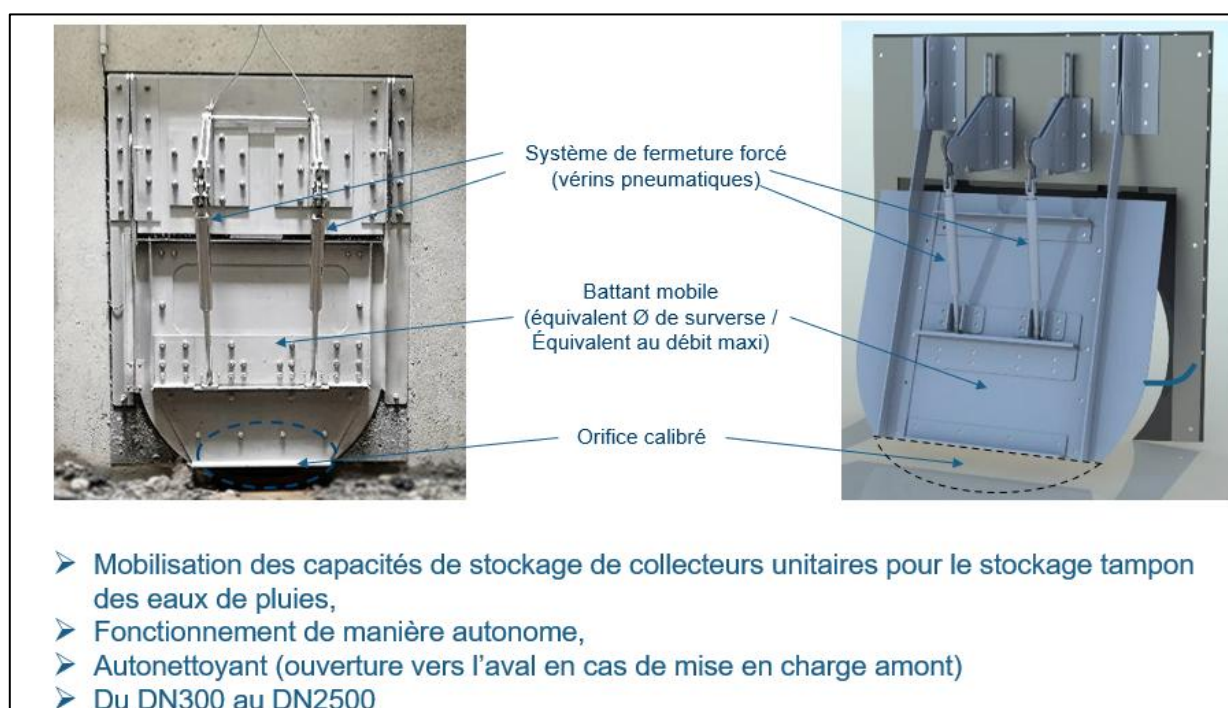
a) Besoins et retours d'expériences

Lors de l'atelier du 28 septembre 2022, aucun intervenant n'a présenté de besoin quant aux actionneurs pilotables. Cependant, il subsiste toujours un besoin d'automatisation de certaines tâches réalisées par les égoutiers. En effet, lorsque le niveau d'eau dans les réseaux d'assainissement est trop élevé, l'intervention humaine est difficile voire impossible. Cela pose notamment un problème pour les opérations de curage nécessitant l'utilisation de ballon obturateur (cf. **1.4) Usage des ballons obturateurs**).

b) Solutions et retours d'expériences

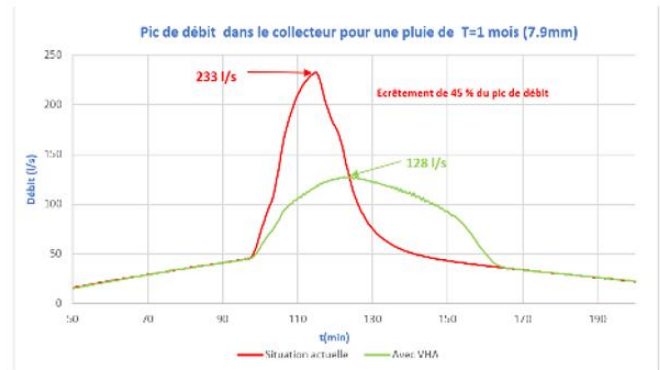
Sur le thème de l'automatisation et la robotisation de certaines tâches, nous avons eu droit à une intervention de la société **F-Reg**. Celle-ci présente ses **solutions de vannes de chasses et vannes pilotées pour l'auto-curage des réseaux à faible pente**. Le déploiement de cette solution dans les réseaux permettrait de réduire les interventions humaines ou de les concentrer dans des zones plus accessibles et mieux ventilées, comme les chambres à sable (Cf § « chambre à sable »)

Une vanne est un panneau vertical mobile disposé dans une canalisation pour en régler le débit. Voici comment se présente une vanne hydrodynamique autonome :

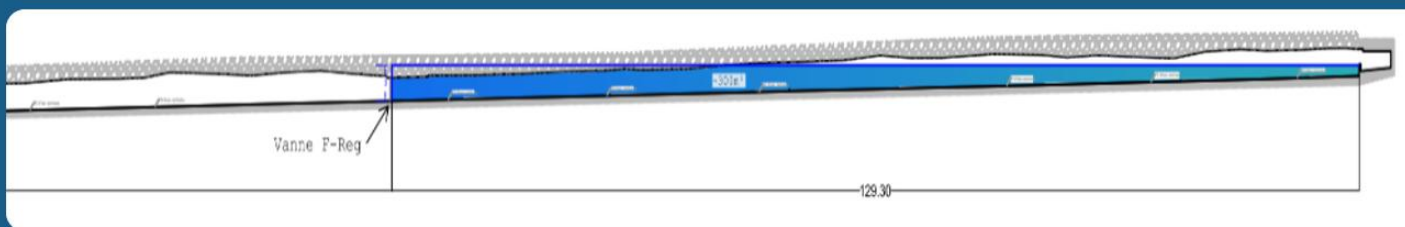


Ainsi, une de leur solution de vannes a pu être testée en condition réelle, comme à Monaco par exemple. En effet, une double vanne de régulation a été placée dans un collecteur de 2,1m de diamètre. Nous remarquons qu'avec une Vanne Hydrodynamique Autonome (VHA), le débit maximal passe de 233 L/s (situation actuelle) à 128 L/s, soit une réduction de 45% :

Double-Vanne de régulation dans un collecteur Ø2100 - Monaco



- Stockage tampon de 300m³ dans une galerie visitable
- 1 vanne pour régulation précise sur cunette + une vanne sécuritaire au-dessus (Q_{max} = 3 m³/s environ)
- Réduction des pointes de débit en entrée STEP
- Aucun travaux, conception sur-mesure



(28/09/2022) Question : « Les vannes se situent-elles seulement sur les réseaux non-visitables ? Y a-t-il un danger s'il y a une présence dans les réseaux visitables ? »

Réponse : « Les vannes se situent sur les réseaux visitables, comme les vannes de chasses d'eau. Ce sont les hauteurs d'eau qui déclenchent l'ouverture. Le but est de ne plus faire descendre les opérateurs dans les réseaux. »

L'entreprise **KSB** est un acteur international reconnu dans le domaine des pompes et systèmes de pompage, notamment pour les applications liées à l'eau et à l'assainissement. Avec son modèle innovant AmaRex Pro, l'entreprise propose une "pompe intelligente" combinant haut rendement énergétique et réduction des coûts d'exploitation. Équipée d'un moteur IE5, d'une roue optimisée et de fonctions avancées comme le rognage virtuel et la détection automatique des bouchages, cette solution offre l'un des meilleurs rendements du marché tout en limitant les interventions de maintenance. Cette pompe est simple d'installation et est dotée d'une interface client intuitive, elle illustre la manière dont l'innovation technologique peut renforcer la sécurité, l'efficacité et la durabilité des réseaux d'assainissement.

Les actionneurs, pompes et composants électroniques connectés constituent également des solutions permettant de limiter les interventions des opérateurs dans les réseaux, notamment pour la maintenance curative.

La réponse est AmaRex Pro La pompe intelligente KSB



Economie d'énergie: Haut rendement



Moteur IE5



Roue D-Max



Rognage virtuel



Meilleur rendement du marché



Economie de coûts: Intelligence



Détection automatique des bouchages



Débouchage automatique



Protection moteur intégré



Débouchage boosté



Installez la, oubliez la



Livré prêt à l'emploi



Interface client



Prêt pour le remplacement

(04/02/2025) Echanges complémentaires :

« Conseil de ne pas de broyer des macrodéchets, pour ne pas les transformer en filaments qui passeront le dégrilleur et se reformeront par la suite. »

4) Transmissions des données et communication sans fil dans les réseaux d'assainissement et liaisons avec les capteurs connectés

4.1) Besoins et retours d'expériences

Le conseil départemental de Seine Saint-Denis a été représenté en septembre 2022 par un préventeur à la DEA en Seine Saint-Denis. Leurs équipes communiquent avec des talkies-walkies qui présentent un problème de bande passante. La problématique rencontrée par la DEA 93 est donc : « Comment faire pour communiquer en réseau d'assainissement ? ».

De plus, nous savons que la communication est difficile entre les égoutiers et la surface en raison de distance importante et de la réverbération. Aussi, les dialogues ne sont généralement pas fiables car ils sont composés de cris ou de bruits métalliques impulsionnels, ce qui ne garantit pas la sécurité des égoutiers en cas d'urgence.

4.2) Solutions et retours d'expériences

a) Benchmark sur les dispositifs de transmissions sans fil

L'école Centrale d'Électronique a réalisé, pour un projet de fin d'étude, un **benchmark et des pré-études sur les différents dispositifs de transmissions de données dans les réseaux d'assainissement** :

Projet de fin d'Etude de l'Ecole Centrale d'Electronique

- *État de l'art et pré-études de dispositifs de transmission interopérables des données et communication dans les réseaux d'assainissement : capteurs, communication vocale, commande de robots et actionneurs sans fil...*
- *Cahiers de Charges de dispositifs de transmissions*

Pré-études partagée avec la présentation de cet atelier

D'autres études ?

b) Transmission ultrasons

L'entreprise du nom de **Stimshop**, représentée par Arthur Aubertin lors de l'atelier du 28/09/22, a proposé une solution de **communication sans fil avec la surface grâce à l'utilisation d'ultrasons pour le transfert de données** :



Transfert de données par ultrason



- **UNIVERSEL** : fonctionne en milieux contraints (explosif, métallique, humide) et sans réseaux
- **SIMPLE** : transfert par des haut-parleurs et micros existants
- **SECURISE** : inoffensif, robuste
- **FIABLE** : résiste à l'effet Doppler, au bruit.

Taux de succès maximum

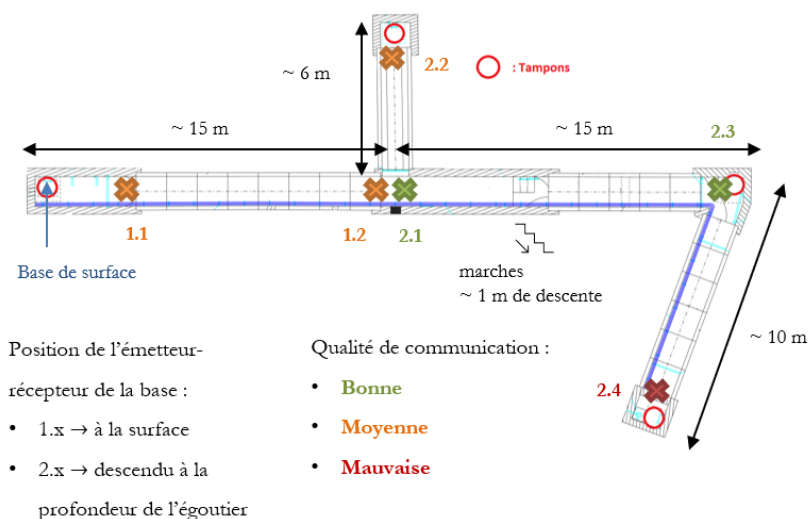
Limitations :

- Bas débit
- Communication en champ libre



Nous remarquons que cette solution fonctionne de façon viable avec des haut-parleurs et des micros, dans n'importe quel type de milieu contraint sans réseaux. Cependant, celle-ci possède un débit faible et ne se réalise qu'en champ libre. Aussi, la qualité de la communication s'améliore si les émetteurs-récepteurs sont en ligne de mire :

Faisabilité préliminaire



Mesures pré-COVID à l'égout école du Val de Marne fin 2019

Résultats :

- Ligne de mire : bonne communication (jusqu'à 30 m)
- Sans ligne de mire : dégradation de la communication

Enfin, voici la solution de transmission de données sans fil par ultrasons que propose Stimshop en fonction des besoins :

Attendus

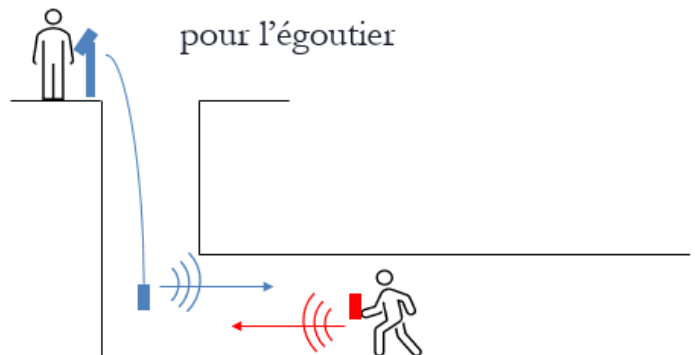
- Durée max d'une intervention : ~ 6 h
- Distance maximale : 50 m
- Possibilité de palier(s) : ~ tous les 6/8 m
- Télécommande doit être
 - Compacte
 - Étanche
 - Accessible
 - Ergonomique

Solution proposée

Communication surface/opérateur

bidirectionnelle :

1. Une **base** à la surface avec un émetteur-récepteur filaire déporté
2. Une **télécommande** émettrice-réceptrice pour l'égoutier



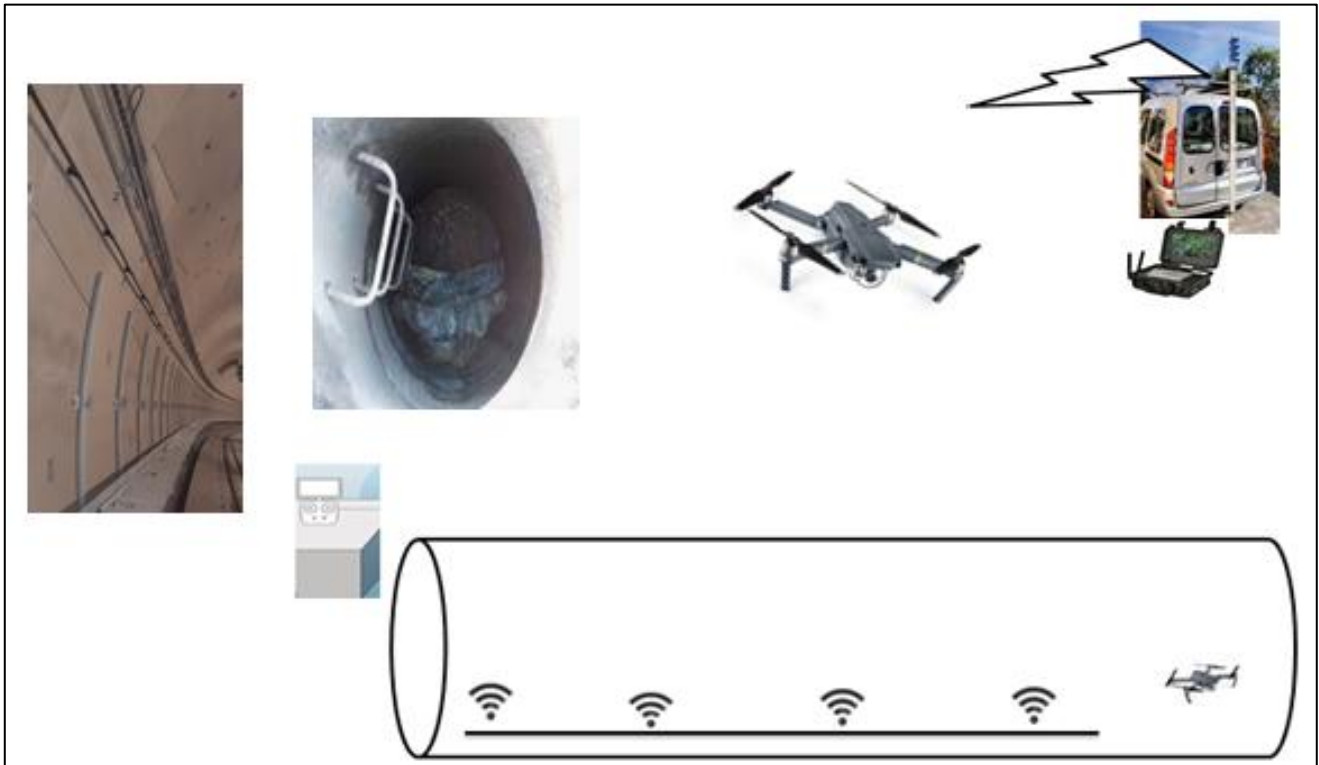
(28/09/2022) Question : « La transmission est-elle faite par ultrason ? et qu'en est-il de la base ? »

Réponse : « Actuellement, les opérateurs utilisent des gestes rudimentaires et pseudo-normés (selon les équipes) afin de communiquer. L'idée est d'avoir une base en surface avec un contrôle large et ergonomique, comme une tablette par exemple, et un récepteur en sous-terrain sous forme de "télécommande", avec un contrôle restreint, en associant par exemple des signaux lumineux et sonores pour l'alerte opérateur. »

c) Transmission en milieu confiné

Dans le but de faciliter et de sécuriser le travail des égoutiers, l'entreprise **Dimotec** propose une solution de **transmission de données en temps réel**. Elle consiste à déployer des bulles de télécommunications en environnement contraint (tunnel, sous-sol, ...) qui sont opérationnelles en tous lieux. Ces dernières permettent tous types de communications (voix, data et vidéo) et tous types de technologies (Wi-Fi, 4G, 5G).

Le déploiement du système antenneur spécifique se présente comme tel :



L'infrastructure radio (Wi-Fi, LTE (Long-Term Evolution) 4G/5G) permet aux agents d'être connectés au PCC (Poste de Commandement Communal) et de collecter les informations grâce à divers équipements comme des smartphones, caméras, capteurs, etc...

De plus, ce type d'installation peut faire fonctionner des équipements autonomes tels que des drones ou encore permettre d'obtenir la localisation des opérateurs. En outre, cette solution peut assurer la sécurité des agents lors des interventions en réseaux d'assainissement.

(28/09/2022) Question : « N'y a-t-il pas de possibilité d'avoir un enrouleur de câble ? »

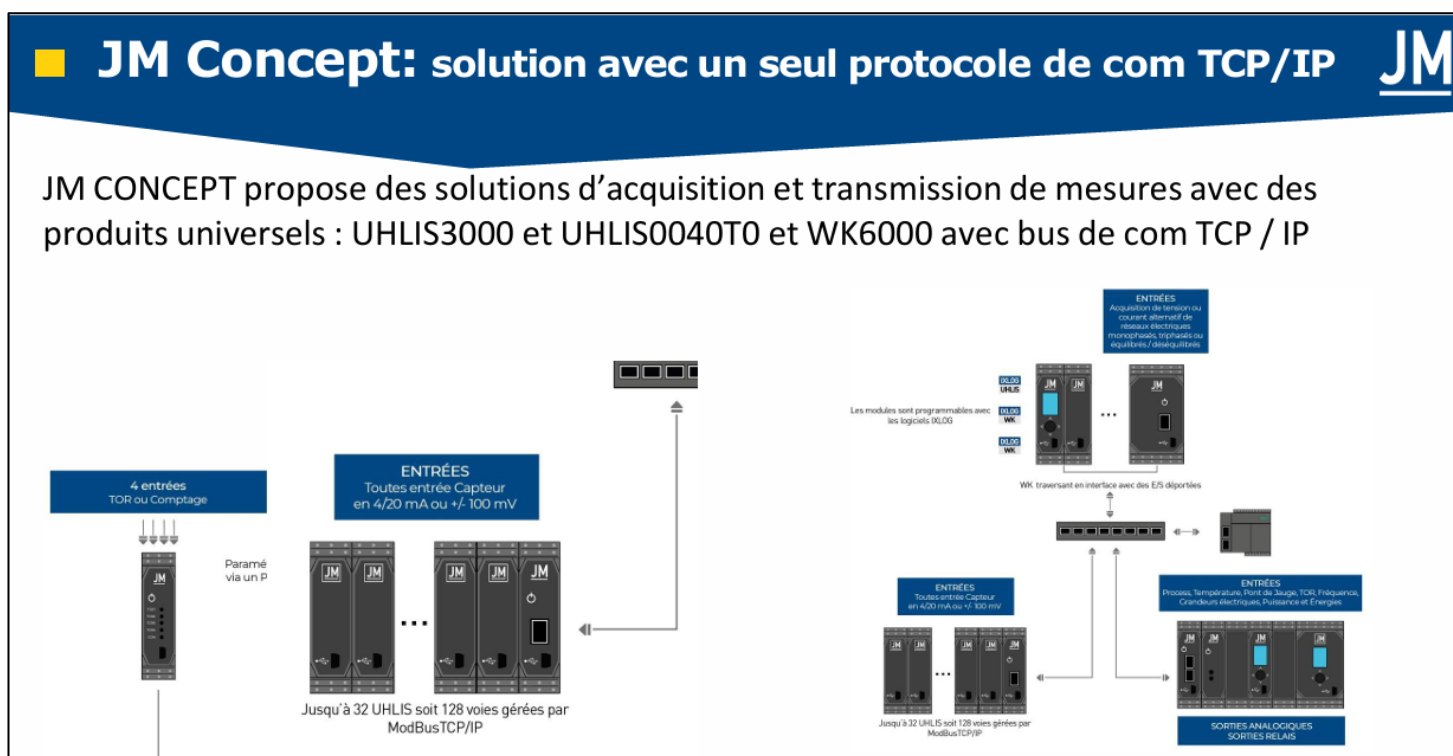
Réponse : « Nous sommes en train d'étudier la situation, sur un équipement pseudo-mobile. »

La société **JM Concept** est spécialisée dans la conception de solutions d'acquisition et de **transmission de mesures industrielles**. Elle propose des produits universels permettant de centraliser et de traiter différents types de signaux capteurs (analogiques, numériques, comptage, etc.). Ces équipements, programmables via logiciel, utilisent un seul protocole de communication standardisé, le TCP/IP, facilitant l'intégration, l'interopérabilité et la gestion de nombreuses voies de mesure dans un même système.

Le TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) est un ensemble de protocoles de communication qui permet l'échange de données entre des équipements informatiques reliés à un réseau.

- IP (Internet Protocol) s'occupe d'identifier chaque appareil avec une adresse unique et de diriger les paquets de données jusqu'à leur destination.
- TCP (Transmission Control Protocol) assure la fiabilité des échanges en découpant les informations en paquets, en vérifiant leur bonne réception et en les réassemblant dans le bon ordre.

Autrement dit, TCP/IP est le langage universel qui permet aux machines de communiquer entre elles sur les réseaux, y compris Internet.



(04/02/2025) Echanges complémentaires :

- « Il n'y a pas de communication entre opérateurs, seulement de la transmission sans-fil entre capteurs et automates. »
- « La sécurisation de données n'est pas assurée par JM Concept car ils travaillent sur l'automate du client. C'est au client de sécuriser ses données. »

5) Gestion et traitement des données, cartographie et modélisation des réseaux : application et intégration de la sécurité

5.1) Besoins et retours d'expériences

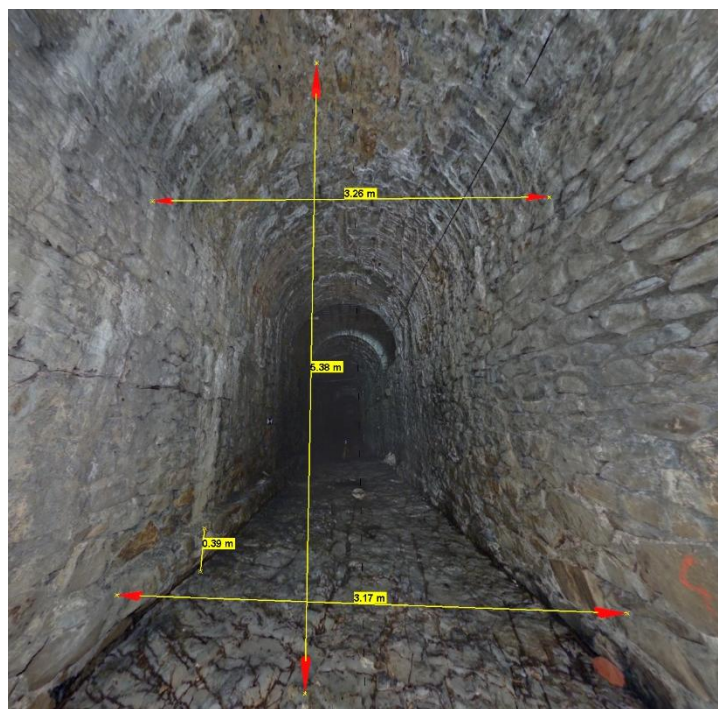
Dans les réseaux d'assainissement, les interventions sont généralement planifiées en fonction des risques, des conditions et du contexte de la mission. Toutefois, lorsque la zone d'intervention est insuffisamment étudiée ou connue, des difficultés d'organisation des activités et de mise en œuvre des mesures de sécurité peuvent survenir.

Il manque donc des données pouvant être intégrées à des applications BIM (Building Information Modeling, du 3D) et SIG (Système d'Information Géographique, du 2D).

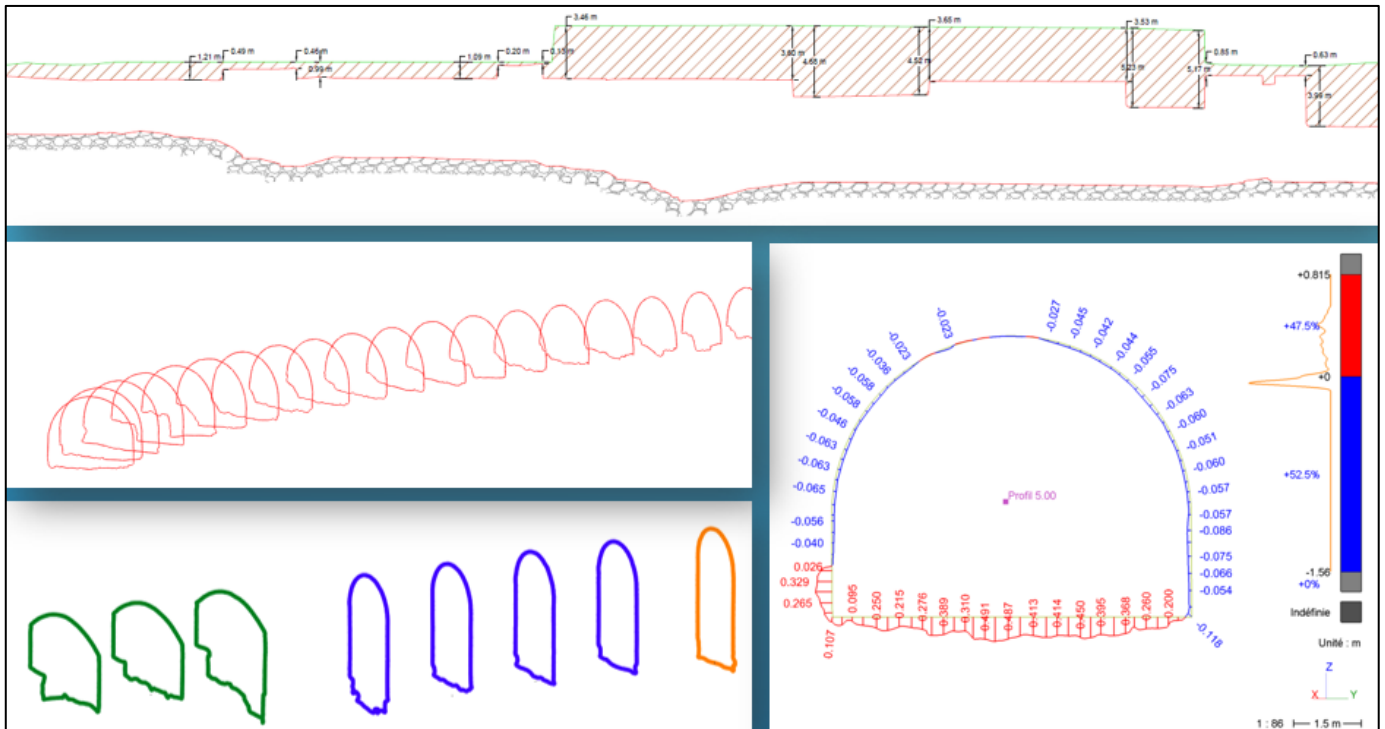
5.2) Solutions et retours d'expériences

La société **Cabinet Richer** a présenté lors de l'atelier du 28 septembre 2022 un **système mobile d'acquisition 3D** du nom de I-PARRC, **afin de répondre à la problématique de surveillance et de contrôle des galeries souterraines**, des ruisseaux couverts notamment.

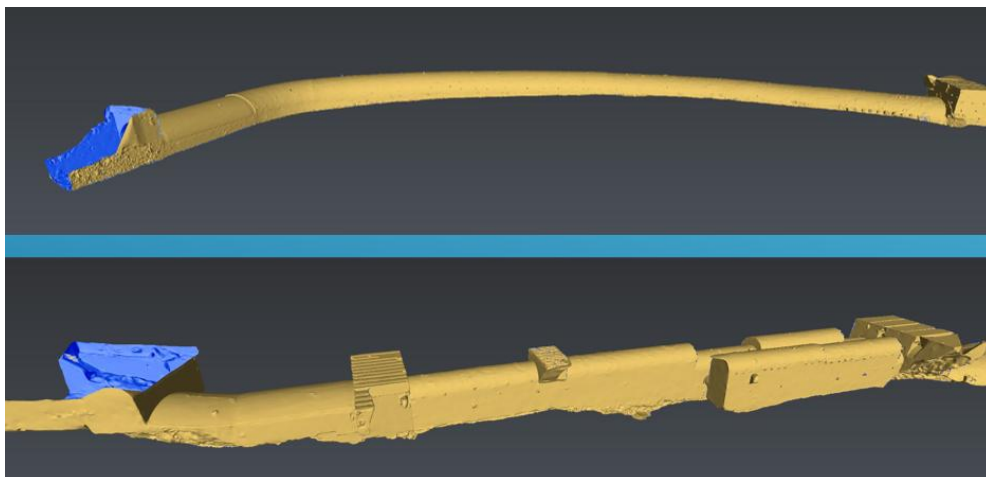
Ce système permet d'obtenir des vues immersives en 3D d'un ouvrage, grâce à un relevé de mesures précises comme nous pouvons le voir :



En effet, grâce à ces mesures précises, le système est capable de modéliser géométriquement l'ouvrage et d'établir une esquisse :



À la suite de quoi, il est possible de réaliser une modélisation complète et obtenir une maquette 3D de l'ouvrage :



(28/09/2022) **Question** : « Est-ce un drone ? Est-il valable qu'importe la profondeur ? »

Réponse : « Ce n'est pas un drone, il s'agit d'une caméra à 360°, de deux profileurs LIDAR, d'une centrale inertielle et d'un éclairage, le tout couplé à un ordinateur. La modélisation 3D permet de réaliser des simulations. Le système est véhiculé par l'Homme et est valable pour n'importe quelle profondeur. »

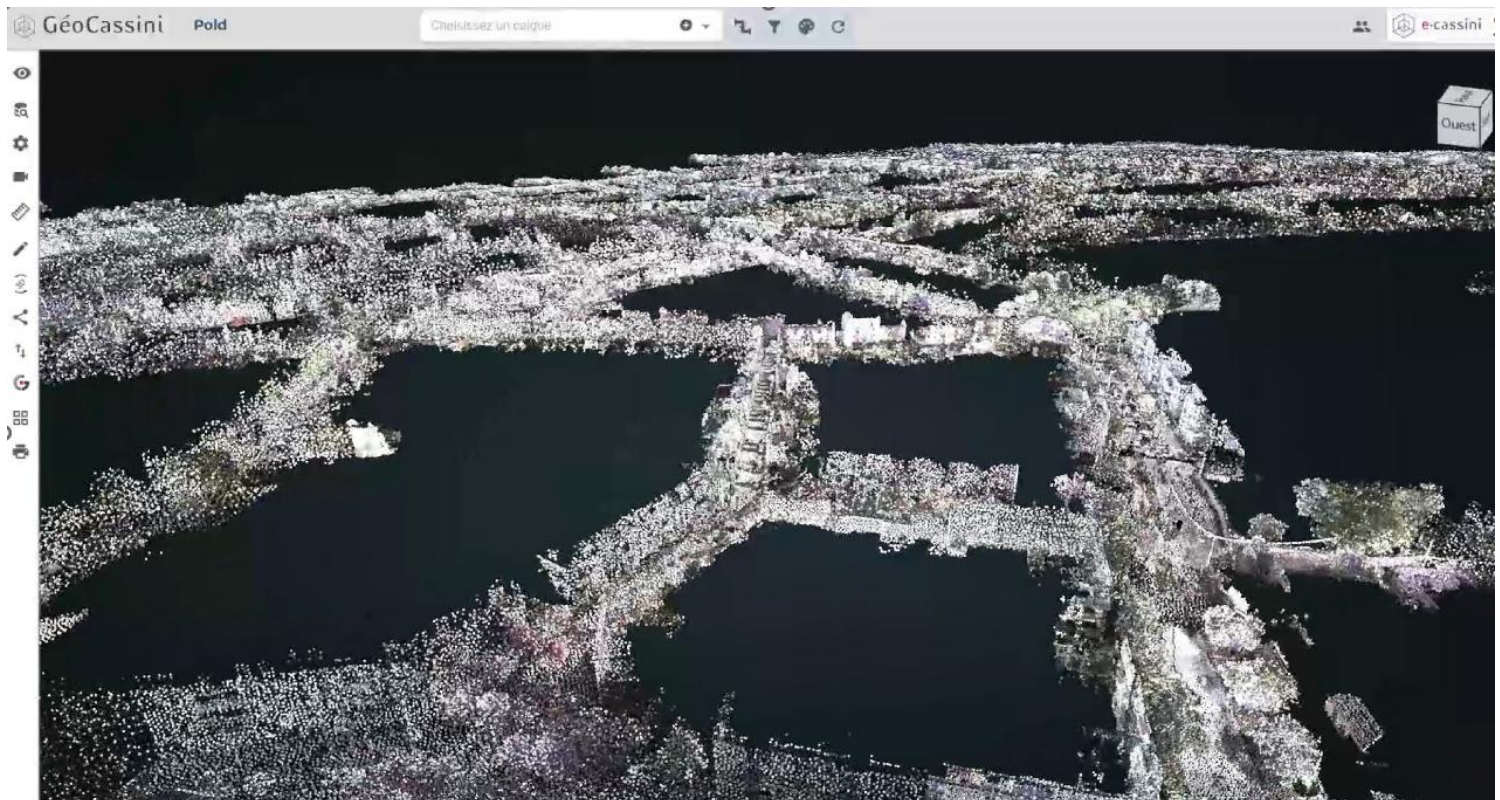
(28/09/2022) **Question** : « Y a-t-il des problèmes lors du travail dans des lieux non secs ? »

Réponse : « L'humidité n'est pas gênante, mais c'est compliqué pour les lieux contenant des fluides. En effet, les lidars ne traversent pas les fluides. Dans ce cas-là, il faut faire des mesures complémentaires à partir d'un scanner bathymétrique, par exemple, ou par mesures classiques. »

(28/09/2022) **Question** : « Quel est l'encombrement du système ? »

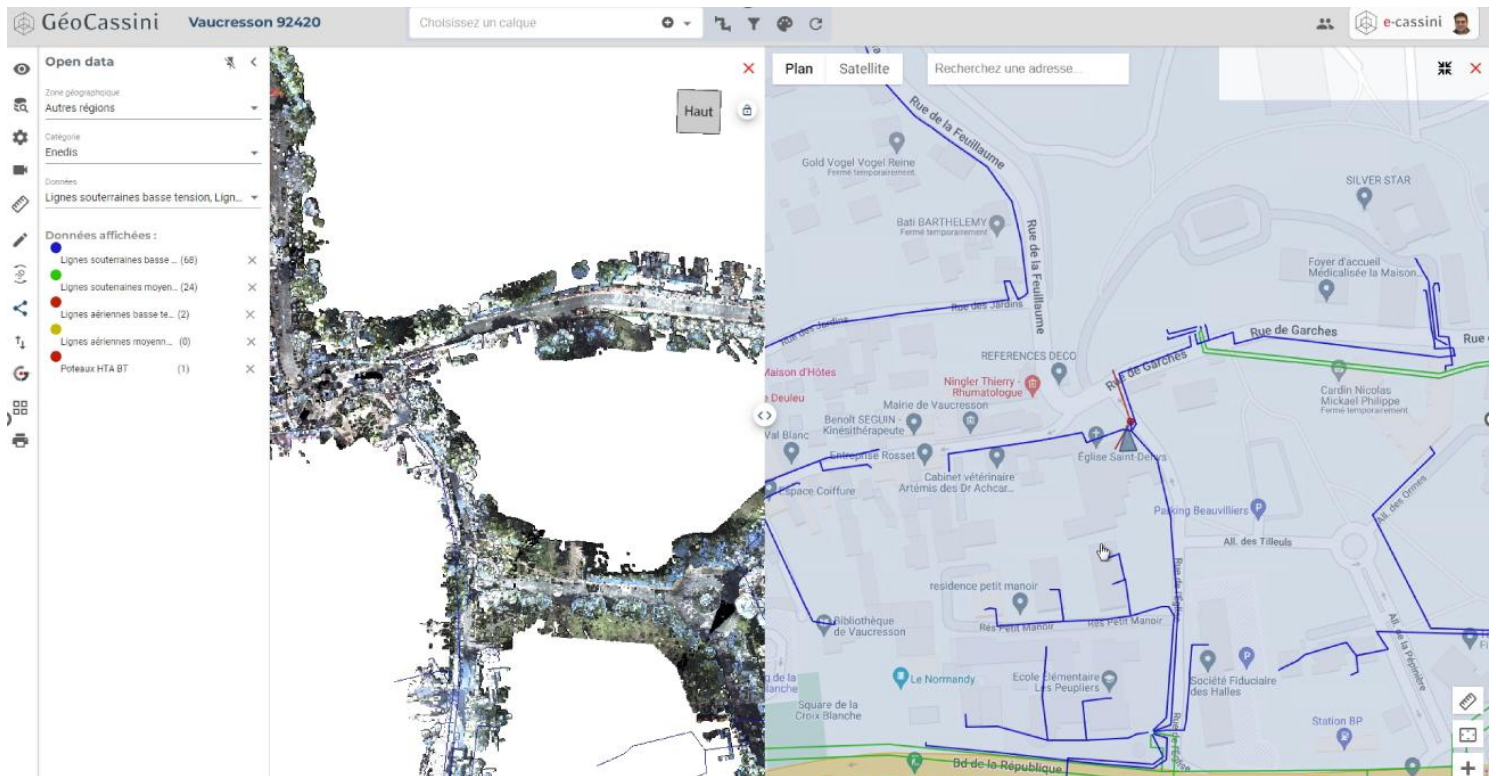
Réponse : « À l'origine c'est un sac-à-dos, on peut régler la hauteur de la caméra. Le poids est d'une dizaine de kg. Nous travaillons sur un système à porter à la main. »

Par la suite, **Veolia** propose une solution afin de pouvoir **numériser, modéliser, simuler, puis intervenir en réseaux d'assainissement**. En effet, le logiciel Geo Cassini peut réaliser des jumeaux numériques de territoire et donc permettre la gestion d'un réseau d'assainissement :

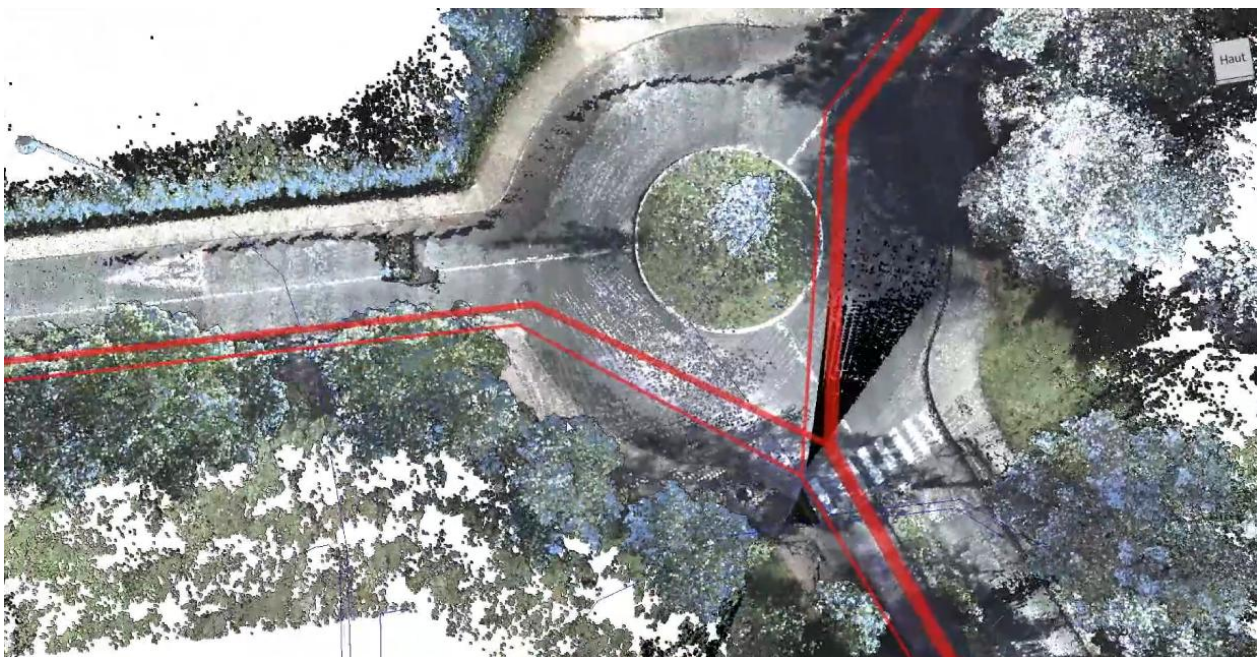


Un jumeau numérique est une réplique numérique d'un objet, d'un processus ou d'un système qui peut être utilisée à diverses fins.

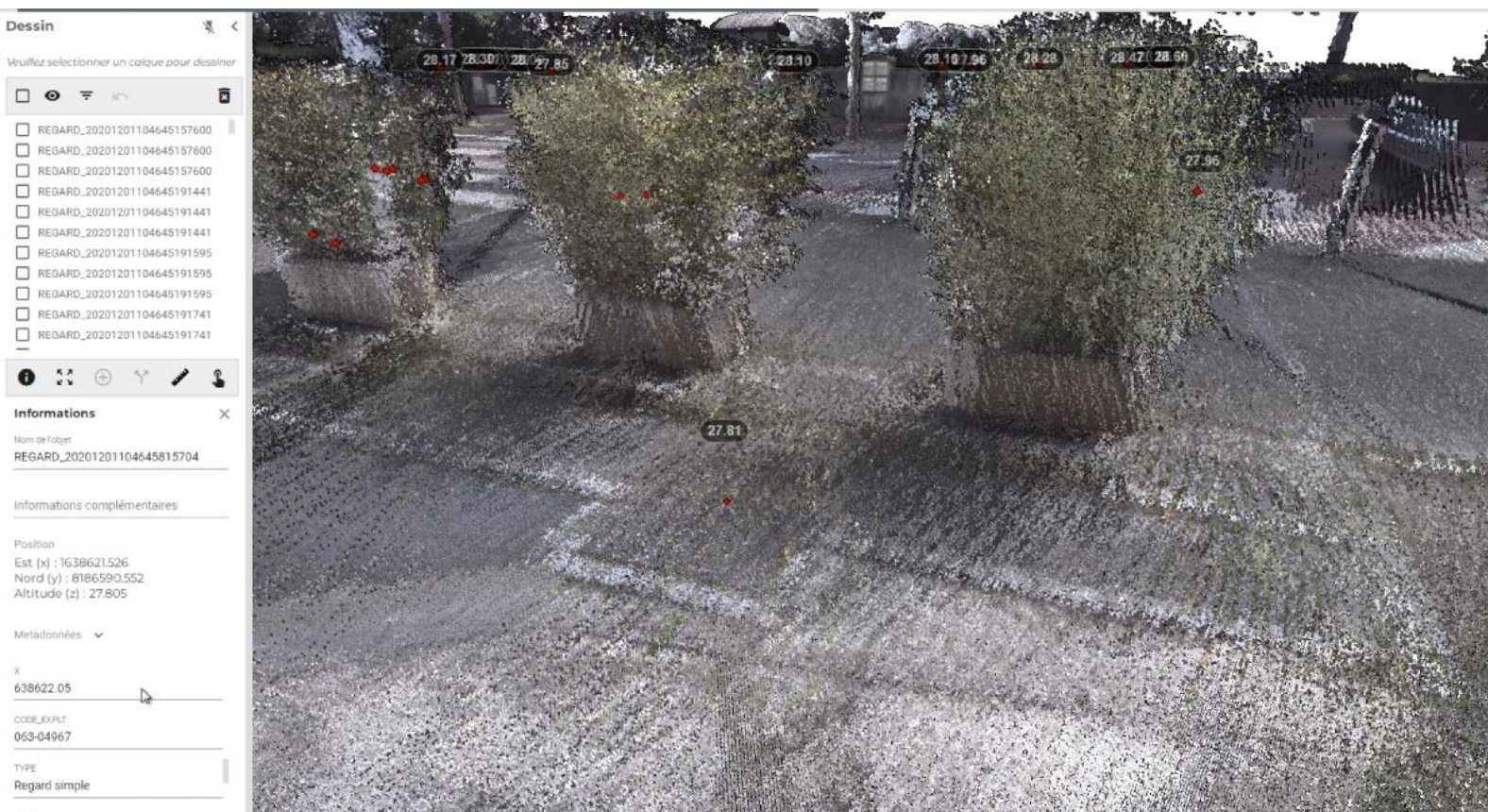
Il est également possible de synchroniser les vues 2D et 3D, afin de se rendre à un lieu précis sur la modélisation ou afin d'identifier des structures en particulier par exemple :



Le logiciel peut modéliser les réseaux d'assainissement (en rouge), ce qui donne lieu à de nombreuses possibilités d'actions par la suite telles que le suivi du parcours de l'eau sous le sol :



Geo Cassini permet de consulter et de modifier les métadonnées, nous pouvons donc passer du SIG au 3D :



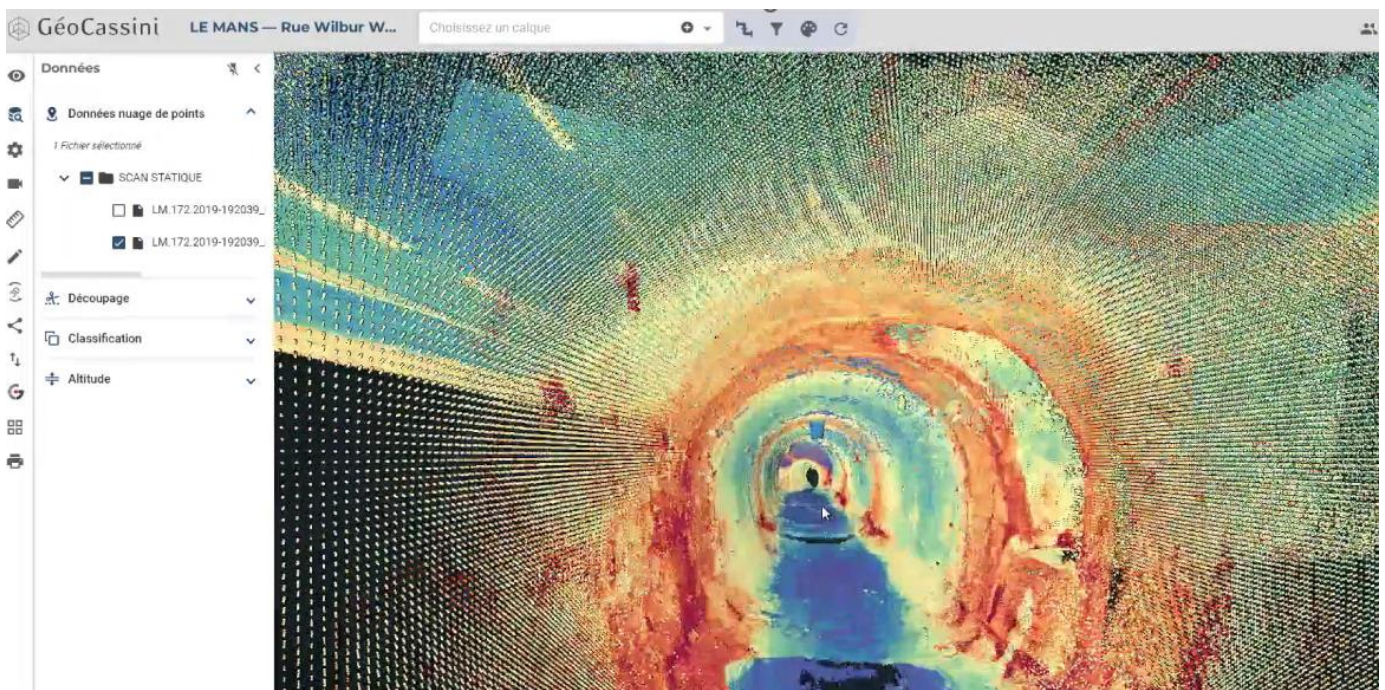
Nous pouvons aussi effectuer du recollage à partir de vidéos des réseaux en fouille ouverte, comme ci-dessous :



Ensuite, **Veolia** propose une solution robotique afin **d'explorer les réseaux en toute sécurité et pouvoir collecter des données exploitables** avec le logiciel Geo Cassini notamment. Effectivement, nous parlons ici d'un « chien robot » d'inspection tout terrain, pouvant explorer des ovoïdes ou zones sensibles pour l'humain. Ce chien robot possède une caméra 360° en constante rotation qui collecte des données sur l'environnement alentour. Il est aussi équipé d'une lampe sur le dessus. Le robot se présente comme tel :



Ainsi, le robot peut récolter des données sous forme de nuage de points, à partir desquels nous pouvons constituer une représentation en trois dimensions. Voici un exemple de restitution de nuage de points :



Une démonstration du logiciel a eu lieu le matin du 12 octobre 2022.

(28/09/2022) **Question** : « Quelles sont les dimensions du robot ? »

Réponse : « Les dimensions sont similaires à celles d'un robot militaire, un chien de grande taille. »

Question : « Comment dirige-t-on le robot dans un espace clos ? »

Réponse : *Pas de réponse concernant la direction du robot, car l'intervenant spécialisé était absent*

Question : « Le robot peut-il se déplacer dans les courants puissants et profonds ? »

Réponse : « Le robot peut intervenir dans un collecteur avec du courant, jusqu'à une certaine limite de courant. »

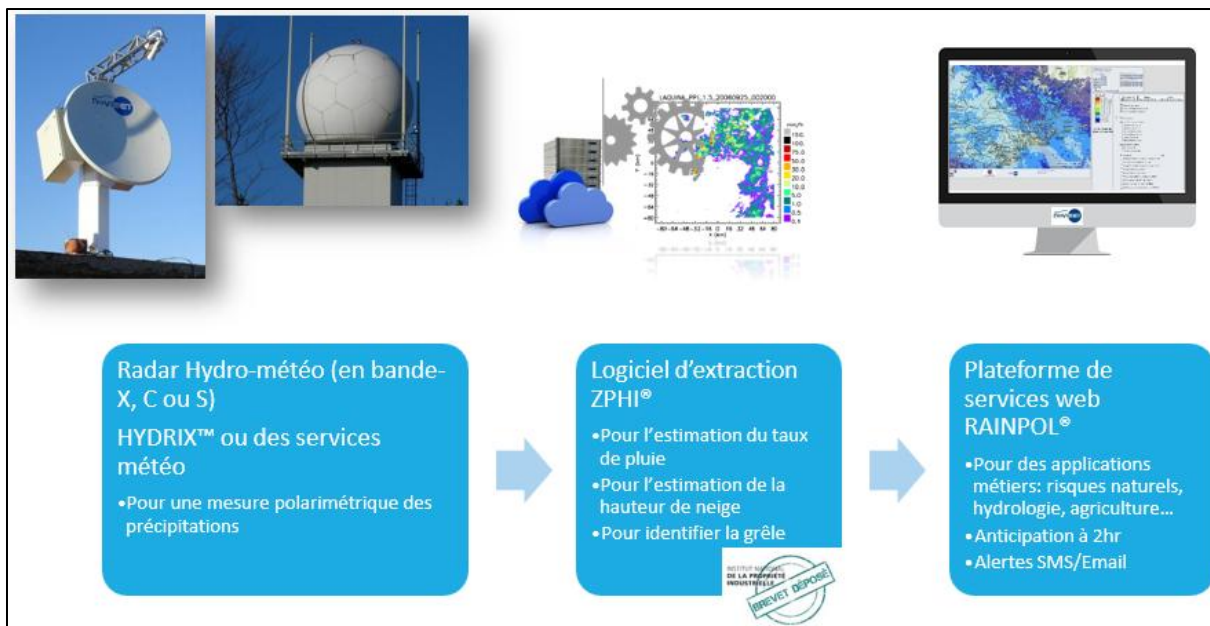
L'école des Mines a présenté, lors de l'atelier, les risques industriels et naturels qu'il peut y avoir ainsi que des **propositions d'amélioration des interventions** :

Risques industriels et naturels par les Ecoles de Mines

- La prévention des conséquences d'accidents technologiques et les catastrophes naturelles.
- La vulnérabilité d'un territoire soumis aux risques industriels (incendie, explosion, dispersion, pollution marine) et naturels (inondations ou feux de forêts).
- La protection en définissant les moyens qui pourraient être mis en place pour limiter les conséquences d'un phénomène accidentel ou d'une catastrophe naturelle. Il s'agit d'évaluer et valider leur efficacité et notamment de proposer des outils permettant d'aider à la décision par exemple pour l'évaluation des distances de sécurité
- La gestion des crises qui s'appuie sur des outils d'aide à la formation des acteurs de la gestion de crise et adaptée aux attentes des décideurs.

Lors de cet atelier, la société **Novimet** a présenté une solution de **système pluviométrique à haute résolution en temps réel**, notamment au service des acteurs en dépendance critique des événements pluvieux. **La mise en charge rapide des réseaux d'assainissement et des eaux pluviales constitue un risque de sécurité important** ; une connaissance précise et locale de la pluviométrie est donc essentielle.

La solution consiste en un radar hydro-météo à double polarisation pour mesurer les précipitations (pluie/neige/grêle). Ces mesures sont ensuite envoyées vers le logiciel d'extraction de données ZPHI qui transmettra et rendra disponibles les informations sur la plateforme web Rainpol :



Les services Rainpol pour les opérateurs de l'eau et de l'assainissement sont les suivants :

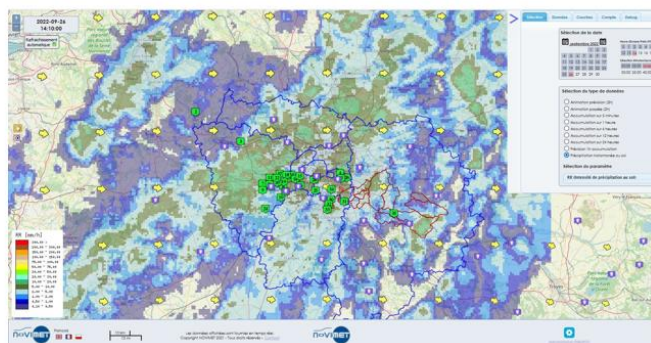
- La gestion et planification des travaux (maintenance ou autres) dans les ouvrages grâce à une information personnalisée sur les précipitations précises.
- La gestion du réseau d'assainissement à travers le couplage de données de précipitations dans les modèles clients.

Voici ci-dessous les fonctionnalités de la plateforme web Rainpol :

Fonctionnalités RAINPOL®

Ses principales caractéristiques sont :

- ✓ Animation sur les dernières 1-2 heures (par pas de 5min).
- ✓ Animation de la prévision à 1-2 heures (par pas de 5min).
- ✓ Visualisation de la vitesse et direction de déplacement des précipitations.
- ✓ Accès à un historique remontant à la souscription du service par l'utilisateur.
- ✓ Alertes automatiques sms/email
- ✓ Périodes de retour
- ✓ Accès personnalisé composé :
 - ✓ D'une carte centrée sur sa zone d'intérêt – avec choix de fonds de carte
 - ✓ Pluviomètres virtuels et bassins versants virtuels spécifiques.
 - ✓ Alertes automatique sur pluviomètres ou bassins versants (email et sms)



Ici, le lien vers la page d'identification de la plateforme Rainpol sur le web :

<https://www.rainpol.com/login.php>

(28/09/2022) Intervention de Novimet : « La solution radar Novimet est autonome et n'a pas besoin de données de calibration au sol (ex : pluviomètres). »

3DEAU a présenté à l'occasion du GT du 04/02/25 un scanner laser permettant de relever de manière exhaustive et précise la géométrie d'un ouvrage avec une portée de 45m. Il est possible d'assembler différentes stations de scans pour reconstituer avec précision les ouvrages.

Il y a cependant quelques limites actuelles, telles que les zones mortes du scan dues au fait que le scanner ne voit pas sous l'eau, la fragilité de l'outil par rapport aux conditions des réseaux d'assainissement ou encore la liaison qui est parfois instable entre le scan dans le réseau et la tablette en surface.

Présentation du scanner 3D



Leica BLK360 G2

- Le BLK360 est un scanner laser haute performance de nouvelle génération qui capture une numérisation complète d'images en seulement vingt secondes.
- Le système à 4 caméras capture des images HDR, offrant une plus grande plage dynamique et des nuages de points colorisés.



Mise en œuvre à Lille (59)

(04/02/2025) Echanges complémentaires :

- Le dispositif reproduit les ouvrages d'assainissement en modèle numérique précis
- L'appareil ne mesure pas sous l'eau. Impossibilité de fonctionner en présence d'eau

EPI met en œuvre une démarche de sécurité en constante évolution dans la pratique des égouts, en particulier dans le contexte des réseaux parisiens. L'entreprise applique les préconisations de la SAP tout en allant plus loin, par exemple avec l'usage de doubles croches manucroches permettant un arrimage renforcé dans les collecteurs. Dans une logique d'innovation, EPI 94 étudie également le recours aux drones pour ses inspections, afin de limiter l'exposition des agents aux environnements à risque, de gagner du temps dans les relevés et de faciliter les descentes nécessaires au contrôle de l'intégrité des ouvrages.

PRATIQUE DES ÉGOUTS – EXEMPLE DES ÉGOUTS PARISIENS

La vision de la sécurité à EPI en égout

Nous limitons également le temps d'exposition durant les phases d'étude en ayant recours à des scanners 3D pour gagner en temps de prises de mesure et en qualité.



(04/02/2025) Echanges complémentaires :

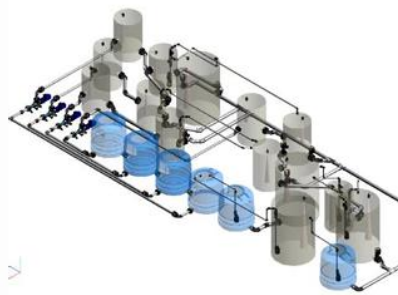
- Le scannage 3D est réalisé grâce à une tablette ou un smartphone. Plus on se focalise sur une zone, meilleure sera la qualité de la modélisation
- Le drone sera testé mais n'est pas construit par EPI, c'est de la prestation

Ixsane a présenté lors du GT du 04/02/25 la technologie SOCRATIC, **un système de gestion intelligente des réseaux d'assainissement** visant à renforcer leur sécurité et leur efficacité. Entièrement automatisé et sans intervention humaine, il s'adapte en temps réel aux dysfonctionnements et permet de choisir les lois de contrôle à appliquer selon la situation. Basé sur l'analyse continue de données mesurées, il s'inscrit dans une logique d'automatisation industrielle, avec une installation en parallèle qui minimise les modifications de l'architecture existante. Compatible avec différentes infrastructures, SOCRATIC peut être déployé sur tout type de réseau, quelle que soit sa taille, sans recourir à des systèmes de prévision des précipitations. Ce système a été testé et validé sur une plateforme expérimentale :

Test et validation

Plateforme expérimentale évolutive

- ix 150 m²
- ix Simulation de pluie
- ix Déversoir d'orage
- ix Bassin tampon
- ix Pompes
- ix Bassin versant
- ix Station d'épuration des eaux usées
- ix Milieu naturel
- ix Capteurs



ixsane

Bibliographie

- [1] Jean-Michel Guilhen, Services des Données et Études Statistiques. 29 septembre 2023. [en ligne]. Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. Disponible sur < [La dépense de gestion des eaux usées en 2020 | Données et études statistiques \(developpement-durable.gouv.fr\)](#)>. Consulté le 20 décembre 2023.
- [2] INRS. *ED 695, 5^{ème} Edition Principes généraux de ventilation*. Juillet 2022. [en ligne]. Disponible sur < <https://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-695/ed695.pdf> >. Consulté le 16 octobre 2023.
- [3] INRS. *ED 703, 4^{ème} Edition Pratiques de ventilation*. Février 2015. [en ligne]. Disponible sur < <https://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-703/ed703.pdf> >. Consulté le 16 octobre 2023.
- [4] DSEA 94, *Formation Intervention en Espace Confiné*, Val-de-Marne, 14 février 2023. Risque gaz. Page 20.
- [5] WIKIPÉDIA, *Diamètre hydraulique*, 24 juillet 2011. [en ligne]. Disponible sur < [Diamètre hydraulique — Wikipédia \(wikipedia.org\)](#) >. Consulté le 29 mars 2024.
- [6] LOUAPRE David, *Le nombre de Reynolds*, 22 août 2011. [en ligne]. Science étonnante. Disponible sur < [Le nombre de Reynolds – Science étonnante \(scienceetonnante.com\)](#)>. Consulté le 14 avril 2024.
- [7] E-COOLING, *Ecoulement laminaire ou turbulent*. [en ligne]. Disponible sur <[Considérations physiques avant la simulation d'écoulement CFD \(e-cooling.de\)](#)>. Consulté le 29 mars 2024.
- [8] INRS et CRAMIF, *Prévention des risques chimiques dans les espaces confinés*, septembre 2022. [en ligne]. Disponible sur < <https://www.bing.com/> >. Consulté le 12 mars 2024.

Annexes

1) Tableau des thèmes détaillés de sécurité des réseaux d'assainissement au Cluster EMS

Thèmes	Sous-Thèmes / Description des solutions présentées
1-Dispositifs de sécurisation et aides techniques : renforcer la sécurité du travail des égoutiers, diminuer sa pénibilité, et améliorer l'hygiène ; Conception ou amélioration de tous dispositifs et techniques	Soulève tampon : prévention du risque de mauvaise posture.
	Sécurisation des regards de voirie et descente d'égout (signalétique, longes...).
	Autres aides techniques aux travaux : à terme robot ou aides techniques électromécaniques d'aide aux travaux des opérateurs
	Amélioration de l'hygiène et le repos des agents : base vie
2-Modéliser, mesurer et protéger les égoutiers aux risques d'insuffisance respiratoire, aux expositions des composés organiques volatils et autres polluants atmosphériques	Masque auto-sauveteurs et EPI : exemple de définition du cahier des charges avec l'appui de l'Ensam pour la préparation avec la DSEA d'un partenariat d'Innovation.
	Ventilations des ouvrages : modélisation analytique et numérique, essais en laboratoire ou sur site, équipement aéraulique et de ventilation, ouvrage pour ventilation naturelle et modifications des ouvrages et réseaux
	Capteurs et mesure de la qualité de l'air en continue par capteurs portatifs/permanents ou par prélèvements
	Traitement de l'eau (huiles, polluants) et des sédiments dans les réseaux pour réduction de polluants atmosphériques
3-Assister par la surveillance numérique (autres que polluants atmosphériques), automatisation et robotisation des tâches	Capteurs et logiciels associés de surveillance et de suivi Drone et robot d'inspection dans canalisation visitable et non visitable : état des tuyauteries, des réseaux (fissures) et dépôt (déclencher par exemple un curage), robot permettant la cartographie 3D Actionneur et automatisation : exemple volet pour chasse d'eau de F-REG
4-Transmettre des données et communication sans fil dans les réseaux d'assainissement et liaisons avec les capteurs connectés : <i>Thématique transversale et essentielle aux autres thématiques</i>	Choix des techniques de transmissions : US, HF/UHF, transmission lumière (type LIFI), autres ? Test audio permettant de garantir la communication : • Entre opérateurs dans le réseau • Entre l'extérieur et opérateurs réseaux • Avec le centre ou aides hors site (exemple pompier)
5-Gérer et prévoir par le traitement des données, cartographie et modélisation : outils numériques et logiciels intégrant la sécurité et à la qualité des interventions	Présentation des solutions techniques à l'Atelier Numérisation Réseaux / Métrologie en 2020, Atelier sécurité de 2018 et Forum Eau 2019, 2021 et 2022. Les données peuvent être intégrées à des applications BIM (3D) , SIG (2D) : • Logiciels d'organisation d'activités et de suivi dont historiques des interventions et paramètres de sécurité et de risques • Monitoring des interventions par le management des données et l'IA

2) Bibliographie de la CRAMIF

SOURCES DOCUMENTAIRES

- **R 447** : *Prévention des accidents lors des travaux en espaces confinés – 2009.*
- **R 472** : *Mise en œuvre du dispositif CATEC® : Certificat d'aptitude à travailler en espaces confinés dans le domaine de l'eau potable et de l'assainissement – 2012.*
- **R 494** : *Mise en œuvre de dispositifs de ventilation en travaux souterrains linéaires – 2016 (pour la réalisation des travaux neufs) .*
- **ED 6184** : *Espaces confinés –2014*
- **ED 6026** : *Interventions en espaces confinés dans les ouvrages d'assainissement. Obligations de sécurité – 2010.*
- **Travail et sécurité, TS N°789** : *Dossier : Les espaces confinés – 2017.*

Article à paraître HST dispositif CATEC

3) Vidéo 3D Eau

Vidéo de fonctionnement : <https://www.youtube.com/watch?v=ADtc8oPGYPo>

Vidéo de présentation complète : <https://www.youtube.com/3DEAU>

4) Tableau des seuils d'exposition en fonction des COV

RISQUE GAZ			
COV	Seuil olfactif (ppm)	VME (ppm)	VLE (ppm)
Benzène	5	1	-
Acétone	100	500	-
DCM	200 à 300	50	1000
Méthanol	5	200	-
Xylène	1	50	100
Toluène	-	20	100
Ethylbenzène	-	20	100
MIBK	0,7	20	50
Epichlorhydrine	-	-	2

40



5) Liste des inscrits présents aux ateliers

a) Le 14/03/2018

ATELIER CONFLUENCE - AMELIORATION CONDITIONS DE DESCENTE ET SECURITE DES EGOUTIERS EN RESEAUX D'ASSAINISSEMENT - 14 MARS 2018				
INSCRITS ET PARTICIPANTS				
STRUCTURE	NOMS	PRENOM	E-mail Participant	Présents / Excusé
ANTHES	BRASSENS	Xavier	xbrassens@yahoo.fr	Excusé
	ROUSSEAU	Baptiste	batrousseau@hotmail.com	Excusé
AIRJIN	MEILHOC	Adeline	meilhoc@gmail.com	Présent
	ADLER	Emmanuel	aconsult@wanadoo.fr	Excusé
3deau	ODINOT	Nicolas	nicolas.odinot@3deau.fr	Excusé
AH2D	LEON	Philippe	contact@ah2d.fr	Présent
AIRJIN	MEILHOC	Adeline	adeline@airjin.net	Présent
AR2I	SARBACH	Christian	sarbach@ar2i.fr	Présent
ARTELIA	CRABOS	Nicolas	nicolas.crabos@arteliagroup.com	Présent
ARTELIA	PETIT	Alain	alain.petit@arteliagroup.com	Présent
CAE BE	JANSSON CHARRIER	Marielle	m.jansson@cae-be.fr	Présent
CAE BE	JANSSON	Marine	marine.jansson@cae-be.fr	Présent
CD93	DECATE	SYLVIE	sdecate@seinesaintdenis.fr	Présent
CD93	STANCIC	Natalia	nstancic@seinesaintdenis.fr	Présent
CD93	ETIENNE	Carine	caretienne@seinesaintdenis.fr	Excusé
CD93	BELHOMME	G	gbelhomme@seinesaintdenis.fr	Présent
CD93	DUPONT	Patrice	pdupont@seinesaintdenis.fr	Présent
CLIC-IT	LAVIE	Julien	julien.lavie@clic-it.eu	Présent
Cluster EMS	GIMENEZ	Miléna	milena.gimenez@clusterems.org	Présent
Cluster EMS	DECHESNE	Laurent	laurent.dechesne@clusterems.org	Présent

CRAMIF	HERVE	Francoise	francoise.herve1@cramif.cnamts.fr	Présent
CRAMIF	JARRIGE	Geneviève	genevieve.jarrige@cramif.cnamts.fr	Présent
CRAMIF	GICQUEL	Magali	magali.gicquel@cramif.cnamts.fr	Présent
CRAMIF	HASNI PICHARD	Hélène	helene.hasni-pichard@cramif.cnamts.fr	Présent
CRAMIF	RENEVOT	Valérie	valerie.renevot@cramif.cnamts.fr	Présent
DEPOLLUTION CONSEIL	LE MILLIER	CLEMENT	clement.lemillier@depollution-conseil.fr	Présent
DSEA 94	JURIC	Valérie	valerie.juric@valdemarne.fr	Présent
DSEA 94	GIMENEZ	Benoit	benoit.gimenez@valdemarne.fr	Présent
DSEA 94	BOMPARD	Philippe	Philippe.Bompard@valdemarne.fr	Présent
DSEA	KARLESKIND	Eve	eve.karleskind@valdemarne.fr	Présent
DSEA CD 94	BENJAMIN	Magali	magali.benjamin@valdemarne.fr	Présent
DSEA SERCOB	DORE	Jeannick	jeannick.dore@valdemarne.fr	Présent
DSEA94	LESAGER	Stéphane	Stephane.Lesager@valdemarne.fr	Présent
EPI 94	GENISSEL	Bruno	b.genissel@epi94.fr	Présent
EPT Plaine Commune	CURUTCHET	FLORENT	florent.curutchet@plainecommune.com.fr	Présent
EPT Plaine Commune	MANSEUR	Nassima	nassima.manseur@plainecommune.com.fr	Présent
GAZ DETECT	LESIEU	Jean-François	jean-francois.lesieu@gazdetect.com	Présent
GAZ DETECT	COLLIN	Didier	didier.collin@gazdetect.com	Présent
Géoinstrumentation	LAMARQUE	Isabelle	isabelle.lamarque@geo-instrumentation.fr	Présent
EPT GOSB	HEUGEBAERT	Laure	laure.heugebaert@grandorlyseinebievre.fr	Présent
HYDREAUETUDE	ONDELLA	Gilbert	gilbert.ondella@gmail.com	Présent
IDETEC	CADIOU	François	fcadiou@idetec-sas.fr	Présent
Jarriquez	AGOSTINUCCI	Mathieu	contact@jarriquez.com	Présent
MINES PARISTECH	CRAMPONT	Delphine	delphine.crampont@mines-paristech.fr	Présent
O service	TOUATI	Julien	j.touati@o-service.com	Excusé
O service	CROUZET	Pierre Louis	pierre-louis.crouzet@veolia.com	Excusé
PHOTOSPACE	CANDELA	Jérôme	jerome.candela@photospace.fr	Excusé
ROBOTSWIM	TIRABY	Christophe	christophe.tiraby@robotswim.com	Présent
SEGEX	LEVELEUX	Charlotte	cleveleux@groupe-segex.com	Présent

SIAAP	YZOARD	Laurent	laurent.yzoard@siaap.fr	Présent
SIAAP	MAZA	Hakim	hakim.maza@siaap.fr	Présent
SIAAP	BROWNE	Olivier	olivier.browne@siaap.fr	Présent
STRUCTURE REHABILITATION	BENSLIMANE-LAVIGNE	IDRISS	idriss.benslimane@structure-rehabilitation.fr	Excusé
STRUCTURE REHABILITATION	LANDAUD	J	j.lандаud@structure-rehabilitation.fr	Présent
SUEZ	BARON	Emmanuelle	emmanuelle.baron@suez.com	Présent
SUPRATEC	VITA	Julia	j.vita@supratec.fr	Présent
SUPRATEC	TAPIA PARDO	Miguel Angel	ma.tapiapardo@supratec.fr	Excusé
TECHNI PROCESS	FRYDMAN	Alain	alain.frydman@techni-process.fr	Présent
VEOLIA	VALENCE	Alberto	alberto.valence@veolia.com	Présent
VEOLIA	DE BEAUREGARD	Jean	jean.de-beauregard@veolia.com	Présent
VEOLIA SARP CIG	BASSEIRA	Stéphane	stephane.basseira@veolia.com	Présent
Ville de Paris	DESODIN	Inès	ines.desoudin@paris.fr	Présent
Ville de Paris	LAVIRON	Luc	luc.laviron@paris.fr	Présent
Ville de Paris	MELCHIOR	Céline	celine.melchior@paris.fr	Présent
Ville de Valenton	RATTER	Patrick	patrick.ratter@ville-valenton.fr	Présent
Ville d'Ivry-sur-Seine	CARBONARI	Jean-Luc	jlcarbonari@ivry94.fr	Présent

b) Le 19/09/2019

INTERVENANTS	PRENOM	COURRIEL	STRUCTURE	PARTICIPATIONS
BOURGEON	Sylvain	sylvain.bourgeon@ecomasure.com	ECOMASURE	Présents
CASTEL	Séverine	severine.castel@paris.fr	Ville de Paris / Service Eau	Présents
CLICHE	Benoit	benoit.cliche@dutility.fr	Digital Utility	Présents
KELTOUMI	Rabha	rabha.keltoumi@paris.fr	Ville de Paris / Service Eau	Présents
CRAMPONT	Delphine	delphine.crampont@mines-paristech.fr	ARMINES Institut Carnot M.I.N.E.S	Présents
DECATE	SYLVIE	sdecate@seinesaintdenis.fr	CD93 / DEA	Présents
DE BEAUREGARD	JEAN	jean.de-beauregard@veolia.com	Véolia eau	Présents
EBONGUE	Agnès	aebongue@seinesaintdenis.fr	CD 93 / DEA	Présents
DENON	Audray	audray.denon@valdemarne.fr	CD 94 / DSEA	Présents
JURIC	Valérie	Valerie.Juric@valdemarne.fr	CD 94 / DSEA	Présents
LAMARQUE	Isabelle	isabelle.LAMARQUE@geo-instrumentation.fr	GEO INSTRUMENTATION	Présents
KALINOWSKI	Julien	j.kalinowski@partnairindustries.com	Partnair Industries	Présents
KARKESKIND	Eve	Eve.Karleskind@valdemarne.fr	CD 94 / DSEA VAL DE MARNE	Présents
PALACCI	Dominique	domi@stimshop.com	STIMSHOP	Présents
ROUHANA	Jad	Jad.rouhana@lynxdroner.fr	Lynxdroner	Présents
FERON	Amélie	amelie.feron@ensam.eu	ENSAM	Présents
CHEVASSON	Guillaume	guillaume.chevasson@ensam.eu	ENSAM	Présents
MEUNIER	Lucas	lucas.meunier@ensam.eu	ENSAM	Présents
LEON	Philippe	philippe.leon@ah2d.fr	AH2D	Excusés
SARBACH	Christian	sarbach@ar2i.fr	AR2I	Excusés
HAMON	Lea	lea.hamon@supbiotech.fr	SUPBIOTECH	Présents
LIN	Alison	alison.lin@supbiotech.fr	SUPBIOTECH	Présents
TISSERAND	Benjamin	benjamin.tisserand@supbiotech.fr	SUPBIOTECH	Présents
AUBERTIN	Arthur	arthur@stimshop.com	STIMSHOP	Présents
GIMENEZ	Miléna	milena.gimenez@clusterems.org	Cluster EMS	Présents

DECHESNE	Laurent	laurent.dechesne@clusterems.org	Cluster EMS	Présents
MOTHRE	Sophie	sophie.mothre@supbiotech.fr	SUPBIOTECH	Présents
LAUEFFER	Marc	marc.laeuffer@paris.fr	Ville de Paris / Service Eau	Excusé
Participants	Prénom	E-mail	Structure	Présents
AMOUGOU	Charles	C.Amougou@razel-bec.fayat.com	RAZEL BEC FAYAT	Présents
BABINET	Alexandre	alexandre.babinet@reseau.sncf.fr	SNCF Réseau / Dpt DD Division Eau et Sol	Présents
BARON	Emmanuelle	emmanuelle.baron@suez.com	SUEZ Eau France	Présents
BOMPARD	Philippe	Philippe.Bompard@valdemarne.fr	CD94 / DSEA VAL DE MARNE	Présents
CRABOS	Nicolas	nicolas.crabos@arteliagroup.com	ARTELIA VT	Présents
DI CARLO	Eric	dao@geoconsulting.fr	GEO Consulting	Présents
DOGAN	Corinne	corinne.dogan@assurance-maladie.fr	CRAMIF	Présents
DOKHAN	Mathieu	animation3@pikpik.org	PikPik Environnement	Présents
FRYDMAN	alain	alain.frydman@techni-process.fr	techni process	Présents
JOUELOT	Pierre	pierre.jouvelot@mines-paristech.fr	MINES ParisTech	Présents
MOREL	Sylvain	sylvain.morel@icam.fr	ICAM	Présents
STOCCHETTI	Gaël	gael.stocchetti@semmaris.fr	SEMMARIS - MIN DE RUNGIS	Excusés
YZOARD	Laurent	laurent.yzoard@siaap.fr	SIAAP	Présents
MUKUNA	Héloïce	heloice.m@gmail.com	Sorbonne Université	Excusés
STAHL	Guillaume	guillaume.stahl@suez.com	SUEZ Eau France	Excusés
DE JONGHE	Arieth	ariethdejonghe@hauts-de-seine.fr	Service Eau	Excusés
DE VANSAY	Etienne	vanssay@rincent.fr	FIMEA	Présents
MOREL	Sylvain	sylvain.morel@icam.fr	ICAM	Présents
MASINI	Joséphine	josephine@stimshop.com	STIMSHOP	Présents
DUPONT	Patrice	pdupont@seinesaintdenis.fr	CD 93 / DEA	Excusé
HOULLIER	Clément	c.houllier@supratec.fr	SUPRATEC	Présents

c) Le 28/09/2022 : atelier sécurité et conditions de travail des égoutiers dans les réseaux d'assainissement de la Métropole parisienne

NOM	Prénom	Structure (ordre alphabétique)
LAFROGNE	Pauline	3D EAU
BONNECHERE	Claire-Marie	Artelia
GUILLET	Tiphaine	Artelia
LE GOURRIEREC	Magali	CD 92
NGUYEN	Timothy	Cluster EMS
PEDRA	Sylvie	Conseil Département Val de Marne
RAYNAL	Tonia	Conseil Départemental Val de Marne
HERVE	Françoise	CRAMIF
DOGAN	Corinne	CRAMIF
JANES	Agnès	CRAMIF
WEHRUNG	Theo	DEA
GUILLON	Anne	Département des Hauts-de-Seine
MORNAT	Loic	Département du Val-de-Marne / DSEA / Service Sécurité du Personnel et des Chantiers
DUGAST	Morgan	Département Val de Marne
BOMPARD	Philippe	Département Val de Marne
ROUSSEAU	Jean Claude	Dimotec
SIX	Stéphane	DRON Location
ETIENNE	Jean-Marc	DRON Location
MASSIEUX	Paul	DRON Location
FRESNEAU	Rodolphe	DSEA Val de Marne
MARQUANT	Jean-Claude (Remplacé par ALAOUI Houda)	Egis

LONGCHAMPS	Gilles	EPT Est Ensemble – Direction de l’eau et de l’assainissement
CARBONARI	Jean-Luc	Etablissement Public Territorial Grand-Orly Seine Bièvre
CURINIER	Emmanuel	F-Reg
DI CARLO	Eric	GEO Consulting
LECURIEUX LAFAYETTE	Guy	GreenCityzen
FAUTIER	Amanda	Honeywell
LUCAS	Elodie	Horiba
VERHEYDEN	Régis	Idrabel
CARDONNEL	Ondine	Métropole de Lyon
MOREAU	Emmanuel	Novimet
VIRANTIN	Franck	RAE France
LE DIGUERHER	Briac	RATP/INFRA/ESO
PEYTIER	Damien	Selas Jean Michel Richer
RICHER	Jean-Michel	Selas Jean Michel Richer
BLANQUEFORT	Marc	Semofi
MOULIN	Stéphane	Semofi
DA SILVA	Anthony	SEVESC 92
PARENT	François	SODEX Formation
BERRIER	Thierry	SODEX Protection
GANET	Thierry	SODEX Protection
FRABOULET	Luc	Stimshop
AUBERTIN	Arthur	Stimshop
HUBERT	Laurent	Suez Eau France
DE CHEZELLES	Marie-Cecile	Suez Eau France
LAMONTRE	Fanny	Suez Eau France
CATHELINÉAU	Antoine	Terideal
DE BEAUREGARD	Jean	Veolia
BARIZZA	Annick	Veolia Eau

d) Le 11/12/2023 : GT qualité de l'air et ventilation des réseaux d'assainissement

Nom participant	Prénom participant	E-mail Participant	Structure	Fonction
DURAND	Antoine	antoine.durand@aerodynamiqueeiffel.fr	Aérodynamique Eiffel	Ingénieur d'études aérodynamiques
DELPLANQUE	Valentin	valentin.delplanque@aerodynamiqueeiffel.fr	Aérodynamique Eiffel	Ingénieur aéraulique
FRANCO	Jean-Marie	jean-marie.franco@aerodynamiqueeiffel.fr	Aérodynamique Eiffel	Direction opérationnel
POSTAIRE	Eric	postaireeric@gmail.com	AR2I	Conseiller Scientifique
KOUYATE	DJAKARIDIA	kouyate@ar2i.fr	AR2I	Directeur Scientifique
LE GOURRIEREC	Magali	mlegourrierc@hauts-de-seine.fr	CD92 - Direction de l'Eau	Chargé de suivi du Contrat de Délégation
LEVAL	Claire	cleval@hauts-de-seine.fr	CD92- Direction de l'Eau	Chargée de mission Stratégie de l'Innovation – Pilotage et Coordination
DECATE	Sylvie	sdecate@seinesaintdenis.fr	CD93/DEA	Cheffe du service Entretien Exploitation des Réseaux
BATTISTONI	François	francois.battistoni@cetiat.fr	CETIAT	Ingénieur d'Affaire & Expert en ventilation
HERVE	Françoise	francoise.herve1@assurance-maladie.fr	CRAMIF	Contrôleur de sécurité
BELTRAME	Raphaël	r.beltrame@dbvib.com	dB Vib Groupe	Responsable commercial chez dB Vib Ingénierie
SIRET	Loic	loic.siret@dewesoft.com	DEWESOFT	PDG
ROUSSEAU	Jean Claude	jcrousseau@dimotec.fr	DIMOTEC	Président
MASSIEUX	Paul-Henri	pamassieux@dron.com	Dron location	Responsable achats et innovation
GOMES	William	wgomes@dron.com	Dron location	Chargé d'études techniques et innovation

THEAUDIN	Yvan	yvan.theaudin@dronoxy.fr	Dronoxy	Président
KNECHT	Tiffany	tiffany.knecht@valdemarne.fr	DSEA - SIDRA	Ingénieure Assainissement
BOURGÈS	Médéric	mederic.bourges@valdemarne.fr	DSEA - SIDRA	Technicien en charge des interventions sur les pollutions accidentelles et des enquêtes associées
FLUNEAU	Lucien	lucien.fluneau@valdemarne.fr	DSEA 94	Technicien Assainissement
FLEURY	AMELIE	amelie.fleury@eaudepartis.fr	Eau de paris, direction de la distribution	Animatrice QSE
DE VANSSAY	Etienne	vanssay@fimea.fr	Fimea	Directeur de Rincent Air Président de Fimea Président de Vivre&Entreprendre
CHEUNG	Isabelle	isabellecheung75@gmail.com	ICWF Ltd	SDGs Explorer
DEVALS	Jean-Philippe	jean-philippe.devals@saint-gobain.com	Industrie	Prescripteur Voirie
CHEN	Weize	weize.chen@isae-supmeca.fr	ISAE-Supméca	élève
AKROU	Kouadio Joseph Romuald	kouadio.akrou@isae-supmeca.fr	ISAE-Supméca	Étudiant
CHEVRET	Bertrand	bchevret@jmconcept.com	JM Concept	responsable commercial Ile de France / Normandie et Hauts de France
CABAGNO	Julien	j.cabagno@icloud.com	My NDS	Gérant
DA SILVA	Fernanda	fdasilva@pcbpiezotronics.fr	PCB Piezotronics	Responsable Administration des Ventes
MEDRANO	Christian	cmedrano@pcbpiezotronics.fr	PCB Piezotronics	Chef de Marché Industrie et Transports
COURBOT	Maiwenn	mcourbot@pcbpiezotronics.fr	PCB Piezotronics	Responsable Marketing et Digital
BONNAVION	GUILLAUME	gbonnavion@pcbpiezotronics.fr	PCB Piezotronics	Expert Aérodynamique

LE DIGUERHER	Briac	briac.le-diguerher@ratp.fr	RATP/Infra/ESO	RQSE
GAGNY	Couloubaly	gagny1@gmail.com	Régie Public de l'eau et assainissement , Est - Ensemble	Ingénieur en prévention des risques professionnels .
LOMBARDIN	Jean-Pierre	Jean-pierre.lombardin@veolia.com	SARP IDF	Directeur QHSE
MAGUER	Adrien	adrien.maguer@veolia.com	SARP Ile de France	Responsable Bureau d'études
DOGAN	Corinne	corinne.dogan@assurance-maladie.fr	CRAMIF (sécurité sociale)	Contrôleur de sécurité
BLANQUEFORT	Marc	marc.blanquefort@semofi.fr	Semofi	Responsable de service
DA SILVA	Anthony	anthony.da-silva@suez.com	SEVESC ARA 92 filiale du groupe SUEZ	Chef de service Exploitation des réseaux
LIERE	Aurélie	aurelie.liere@suez.com	SEVESC ASY 78 filiale du groupe SUEZ	Chef du service Usine et Epuration
CARLIER	Frank	fcarlier@sodexformation.com	SODEX Formation	Formateur Espaces Confinés, CATEC.
PARENT	FRANCOIS	fparent@sodexformation.com	Sodex Formation	Directeur de la formation
RAVLIC	Anita	anita.ravlic@paris.fr	STEA - Ville de Paris	Responsable du pôle musée des égouts, communication et relations internationales
HUBERT	Laurent	l.hubert@suez.com	SUEZ Eau France - Direction grands comptes IDF	Responsable Contrats Grands Comptes
FRYDMAN	Alain	alain.frydman@techni-process.fr	TECHNI PROCESS	Responsable d'agence
CABIOCH	Alexandre	alexandre.cabioch@th-industrie.com	th-industrie	Technicien
BEVAN	Claude	c.bevan@orange.fr	X	Expert aéraulique retraité

e) Le 04/02/2025 : GT numérique et robotique au service des réseaux d'assainissement

Nom participant	Prénom participant	Fonction Pro. Acheteur	Nom de la structure	Types de structure	Présent
ALTUNOK	Marion	Responsable Contrats Grands Comptes	SUEZ Eau France	Entreprise	présent
AMATO	Olivier	Directeur Général	GROUPE WE	Entreprise	présent
BOURDIER	Benoît	Référent Communauté Territoires intelligents et durables	Cap Digital	Autres	présent
CARBONARI	Jean-Luc	/	EPT GOSB	Collectivité	présent
CHAMBAZ	Clément	Directeur voirie et cycle de l'eau	Etablissement Grand-Orly Seine Bièvre	Collectivité	présent
CHEVRET	Bertrand	Responsable commercial nord	JM CONCEPT	Entreprise	présent
COLLIER	Denis	/	Concept Assainissement Environnement (CAE)	Entreprise	présent
COMBEAU	Baptiste	Ingénieur d'Affaires	EPI	Entreprise	présent
COUTIÈRE	Matthieu	Co-fondateur	LeakLynx	Entreprise	présent
COUTY	Arnaud	Responsable de secteur	KSB	Entreprise	présent
DE SNOECK	Aline	Développeuse de boucles d'économie circulaire	NEO-ECO	Entreprise	présent
DEVALS	Jean-Philippe	prescripteur	Saint-Gobain PAM	Entreprise	présent
DOMINGOS	Anthony	Manager de service assainissement	VEOLIA Eau - Compagnie Générale des Eaux	Entreprise	présent
DORMOY	Thierry	Directeur offres Assainissement et réseaux Eaux pluviales	Veolia	Entreprise	présent
DUMORA	Julie	Responsable projets robotique	SUEZ	Entreprise	présent
DURAND	Céline	Responsable du service d'optimisation des activités industrielles	Eau de Paris	Acteurs publics ou privés	présent
FALSE	Tristan	Chef du bureau exploitation du réseau	CD93 / Direction de l'eau et de l'assainissement	Collectivité	présent
FLUNEAU	Lucien	Chargé d'assainissement	Département du Val-de-Marne (DAQUAMA)	Collectivité	absent
GALON	Virginie	Service Appui Technique et Investigations	CD92	Collectivité	présent
GIUDICELLI	Alexandre	Directeur Collectivités France	SARP - Veolia	Entreprise	présent
GUELF	Aziza	Responsable Pôle Etudes	Concept Assainissement Environnement (CAE)	Entreprise	présent
HUBERT	Laurent	Responsable Contrats Grands Comptes	SUEZ Eau France	Entreprise	présent

JANSSON	Margaux	Directrice projet - Responsable OPR	Concept Assainissement Environnement - CAE	Entreprise	présent
JANSSON CHARRIER	Marielle	Gérante	Concept Assainissement Environnement (CAE)	Entreprise	présent
KERBARH	Stéphanie	Resp. développement	PEPCI Formation	Recherche / Ecole	présent
LAFROGNE	Pauline	Ingénieur de projet	3D EAU	Entreprise	présent
LALLAHEM	Sami	CEO	ixsane	Entreprise	présent
LANDAUD	Julien	Responsable Métier Cycle de l'Eau	INFRANEO	Entreprise	présent
LE GOURRIEREC	Magali	chargé d'opération DSP	Conseil Départemental des Hauts de Seine	Collectivité	présent
MEKNACI	Meriem	Chargée de projet valorisation de l'eau en ville	Association Espaces	Autres	présent
MORNAT	Loïc	Chef Service Sécurité du Personnel et des Chantiers	DSEA 94	Collectivité	présent
OUARTI	Nizar	Chercheur	ISIR, Sorbonne Université	Recherche / Ecole	présent
OULADZIANE	Ibrahim	hydraulicien-Hydrogéologue	ARANA ENVIRONNEMENT	Entreprise	absent
RAVERAUD	Dominique	/	Bureau Cluster	Acteurs publics ou privés	présent
RAVLIC	Anita	Responsable du pôle communication, relations internationales et musée des égouts de Paris	Ville de Paris	Collectivité	absent
ROSSIGNOL	Guillaume	Responsable exploitation	EPT GRAND ORLY SEINE BIEVRE	Collectivité	absent
ROUHANA	Jad	Président	Lynxdrone	Entreprise	présent
TOLLARD	Virginie	Vice-présidente eau assainissement	Intercommunalite PARIS EST MARNE BOIS	Collectivité	présent
TOMASSINI	Blandine	Technico-Commercial	Terideal	Entreprise	présent

6) Article du Le Monde du 3 novembre 2025

C'est un métier ! » : les égoutiers, une profession à la pénibilité exceptionnelle malgré les progrès de la prévention CHRONIQUE

Jules Thomas

Malgré les progrès de la prévention et l'ajout progressif d'équipements de protection individuelle, les agents chargés du bon fonctionnement des réseaux d'assainissement demeurent une profession à part, à la pénibilité exceptionnelle.

2015 : cela ne fait que dix ans que les égoutiers de la Ville de Paris ont l'obligation de porter un masque filtrant lorsqu'ils opèrent, et un masque intégral depuis 2020. Le port du casque est devenu obligatoire en 1984, tandis que le détecteur jaune « 4 gaz » – les agents le surnomment le « canari » –, qui sonne lorsque la teneur en gaz toxiques est trop élevée, est arrivé en 2007. Cela peut sembler récent, pour une profession surexposée aux risques : c'est ce que retrace l'exposition « Habits d'égoutiers », qui se tient cet automne au Musée des égouts de Paris.

En remontant dans le passé, les clichés sont frappants : dans les années 1960 ou 1970, on y observe des hommes en bleu de travail classique accroupis dans les eaux usées et la pénombre, dont les équipements de sécurité se limitent à des bottes en cuir et des bandelettes pour protéger leurs jambes. L'équipement a bien changé : la tenue d'aujourd'hui, exposée dans les couloirs du musée – d'authentiques tunnels des égouts –, a quelque chose de celle du spationaute.

L'essentiel du travail d'un égoutier consiste à inspecter, réparer et nettoyer les réseaux souterrains de canalisations où circulent les eaux usées et pluviales. Autrefois plus d'un millier, ils ne sont plus que 260 à la Ville de Paris, notamment grâce à la mécanisation de plusieurs opérations : par exemple, les sables qui encombrant les égouts ne sont plus ramassés manuellement, mais grâce à des bateaux-vannes. « Cette baisse est aussi due à l'externalisation de nombreuses activités, comme l'extraction des bassins de dessablement ou la maçonnerie », déplore Julien Devaux, égoutier et secrétaire adjoint de la CGT-FTDNEEA (filiale de traitement des déchets, nettoyage, eau, égouts, assainissement).

Le reste des réseaux en France étant géré soit par des fonctionnaires en régie, soit par des salariés de sous-traitants, on peut difficilement connaître le nombre de spécialistes des égouts sur le territoire. Mais les effectifs sont bien plus conséquents à Paris, car l'intégralité des 2 600 kilomètres du réseau haussmannien est visitable. Les plus petits collecteurs mesurent 1,70 mètre de haut, et à peine un mètre de large. « Ça reste un métier risqué, mais la qualité des équipements s'est fortement améliorée, juge Antoine Guillou, adjoint à la maire de Paris, chargé de la propreté et de l'assainissement. Le taux d'absence est certes plus élevé que dans d'autres professions, mais l'accidentologie a diminué avec le temps. » Les limites de l'automatisation « On s'est battus pour avoir ces protections, mais ça peut toujours s'améliorer car les masques peuvent être trop encombrants et nous empêcher de bien communiquer », détaille M. Devaux, qui déplore aussi le manque de médecins du travail : « Un égoutier doit être vu une fois par an, or la moyenne c'est plutôt tous les quatre ou cinq ans. » « Les risques restent les mêmes », explique-t-il. Biologiques, avec les bactéries provenant des eaux usées et excréments ; chimiques, avec notamment l'hydrogène sulfuré, un gaz mortel émanant des matières organiques ; de chute et de noyade, car les agents

peuvent tomber dans des torrents d'eau ; de brûlure, car le réseau d'eau chaude peut fuiter. L'automatisation du métier a ses limites, puisque la plupart des engins électroniques sont menacés par la corrosion.

En compensation, les égoutiers parisiens travaillent 33 h 55 par semaine. « Les égoutiers commencent et finissent tôt, et le temps de travail comprend l'habillage et la douche, ce qui fait que les durées d'intervention sont de 3 à 4 heures par plage », explique M. Guillou. Dans les vestiaires du musée, dont 12 des 14 employés sont des égoutiers susceptibles d'intervenir à tout moment, on distingue d'ailleurs des sols de deux couleurs différentes : marron, pour la zone sale, et bleue de l'autre côté des vestiaires et des douches, pour l'espace de vie, « propre ».

La reconnaissance de la pénibilité s'exprime aussi par un régime spécifique pour les égoutiers fonctionnaires (mais pas pour ceux du privé), dit « superactif », propre au milieu insalubre : il leur permet de partir à la retraite à taux plein à 54 ans (52 ans avant la réforme de 2023), à condition d'avoir cumulé trente-deux ans de service, dont douze ans dans les services souterrains. La rémunération nette mensuelle moyenne d'un égoutier parisien atteint 2 400 euros. La CGT-FTDNEEA a d'ailleurs déposé un préavis de grève à partir du 4 novembre pour demander leur revalorisation, ainsi que celle des éboueurs et d'autres métiers de la municipalité.

Jules Thomas

Lire aussi | Egoutier, un métier exposé à un air chargé de polluants

Lire aussi | Article réservé à nos abonnés A Paris, le musée des égouts s'est refait une beauté