

LA PHYTO-ÉPURATION DE L'AIR PAR LES PLANTES: UNE RÉALITÉ ?

DAMIEN CUNY (FACULTÉ DE PHARMACIE – UNIVERSITÉ LILLE 2)
& MARC-ANTOINE CANNESAN (ASTREDHOR SEINE-MANCHE)

LA PHYTO-ÉPURATION DE L'AIR PAR LES PLANTES:

I) ASPECTS GÉNÉRAUX

LA PHYTO-ÉPURATION DE L'AIR PAR LES PLANTES : UNE RÉALITÉ ?

La phyto-épuration de l'air s'est développée pour les environnements intérieurs.

Les principales sources de pollution de l'air intérieur

Équipements

- 1 ameublement (bois collés)
- 2 ventilation et climatisation mal entretenues
- 3 chaudières, cheminées, poêles mal entretenus
- 4 production d'humidité des machines à laver, sèche-linge...
- 5 poubelles, stockage des déchets
- 6 cheminée ou poêle mal entretenus

Activités humaines

- 7 bricolage, émanations des voitures, motos...
- 8 produits de toilette et cosmétiques, humidité
- 9 aspirateur, produits d'entretien, parfums d'intérieur, bougies, encens...
- 10 cuisson
- 11 tabagisme

Occupation des locaux

- 12 plantes (allergènes, engrais, pesticides)
- 13 métabolisme
- 14 animaux

Sol

- 15 émanations naturelles (radon), sols contaminés

Matériaux de construction et de décoration

- 16 peintures, vernis, colles
- 17 isolants
- 18 revêtements de sols, murs, plafonds

Air extérieur

- 19 pollution locale (gaz d'échappement, activités industrielles ou agricoles), pollens, bactéries, particules...



- **La pollution extérieure.**

- **Les installations à combustion** : chauffages fixes, appareils de production d'eau chaude, cheminées, chauffages d'appoint, appareils de cuisson.

- **Les activités humaines** : tabagisme, respiration, bio contamination.

- **Les produits domestiques** : produits d'entretien, de soin, de bricolage.

- **Les matériaux** de construction et d'aménagement.

Les principales origines des polluants intérieurs (Source : ADEME)

LA PHYTO-ÉPURATION DE L'AIR PAR LES PLANTES : UNE RÉALITÉ ?

Nous passons **80% à 90%** de notre temps dans un environnement intérieur.

L'exposition aux polluants intérieurs engendre des risques de développer certaines pathologies :

- Irritations (respiratoires, oculaires, cutanées), somnolence, maux de tête, fatigue ;
- Allergies : manifestations respiratoires ++ ;
- Infections (bactéries, champignons) ;
- SBS = syndrome des bâtiments malsains ;
- Intoxications aiguës (mortelles CO) ;
- Pathologies à long terme (cardiovasculaires, perturbations endocriniennes, cancer..).

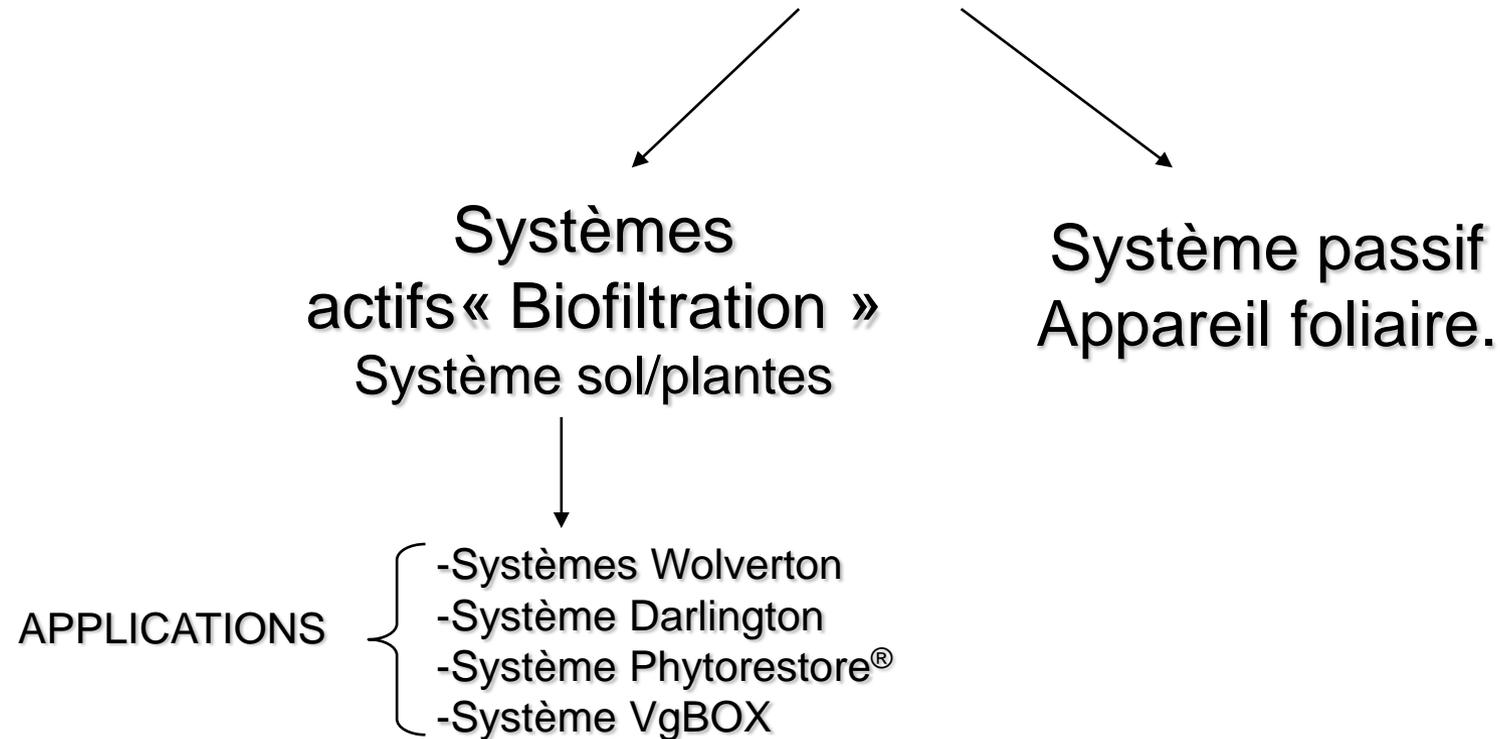


• Principales stratégies de remédiation

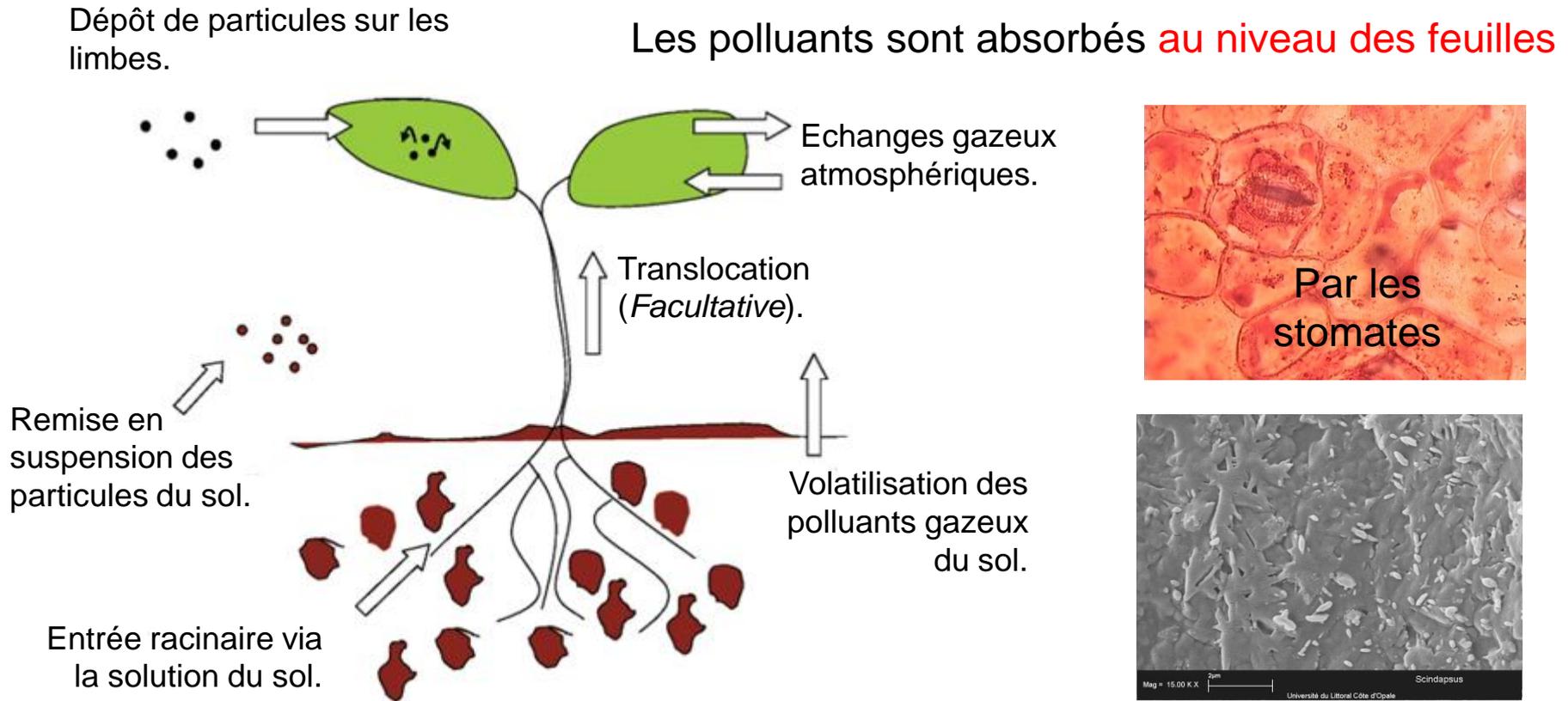
- Eviter de polluer
- Aérer (aération directe, VMC...)
- Vigilance/ T et H.
- Traitement/filtration de l'air
- Phyto-épuration

PHYTO-REMEDIATION de l'AIR INTERIEUR

Utilisation de plantes (avec ou sans association avec des microorganismes) pour extraire, accumuler et/ou dégrader les contaminants du milieu où elles se développent.



ENTRÉE DES POLLUANTS DANS LES VÉGÉTAUX

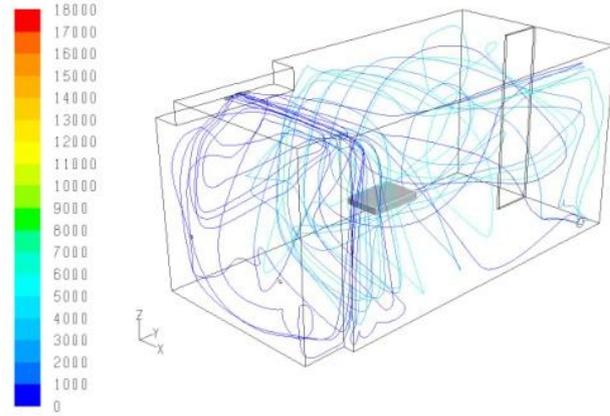


Collins et al. 2006

Par les racines : **attention** il existe tout un cheminement du polluant dans le sol.

- De nombreux systèmes sol/plante possèdent les propriétés intrinsèques de pouvoir accumuler certains polluants gazeux.
- Quelque soit le mode d'injection et le polluant, c'est le sol qui semble jouer le rôle le plus important dans les phénomènes d'épuration observés en enceinte.
- Ces capacités varient d'une plante à une autre et, pour une même plante, d'un polluant à l'autre = il n'y a pas de panacée.
- Des polluants rentrent dans les feuilles et provoquent des dégâts cellulaires. Les plus importants ont été observés pour la génotoxicité du benzène.
- Ces résultats ont été obtenus en laboratoire, dans des conditions très contrôlées et dans des contraintes de volume, d'aération, d'exposition...très éloignées des conditions réelles.

TRAVAUX D'ÉVALUATION DES SYSTEMES PASSIFS EN CONDITIONS REELLES



Modélisation de la circulation de l'air

Sources de polluants utilisées

Chauffage à pétrole



Parquet en Pin



Encens



Disposition des plantes dans la chambre test

- L'ensemble des essais réalisés **ne permet pas de conclure quant à un potentiel impact des plantes** sur l'élimination des polluants étudiés, qui seraient émis dans une pièce par des sources réelles de pollution, dans des conditions réalistes de ventilation et de configuration.
- Les végétaux ont des capacités intrinsèques d'accumulation des polluants
- Le substrat joue également un rôle important

Mais

- Ces capacités ne sont pas suffisantes pour assurer une diminution significative des concentrations en polluants atmosphériques
- Ces capacités sont bien inférieures à celles atteintes par l'aération.

Quelles solutions envisager ?

- La nécessité de développer des systèmes dans les locaux où les fenêtres ne peuvent être ouvertes et/ou les systèmes d'aération ne sont pas performants
- Développement de systèmes actifs de **bio filtration** : développer des systèmes à meilleur rendement (basés principalement sur l'activité microbologique des substrats) alliant les autres apports des végétaux (amélioration du cadre de vie, aspects psychologiques...)
- Des systèmes existent déjà mais ont été peu voire pas évalués :
 - performances épuratrices dans des conditions réalistes ?
 - effets des polluants sur les végétaux => durée de vie du système ?
- Partir de solutions techniques existantes [y compris pour des applications industrielles de traitement d'effluents canalisés] et développer l'ingénierie : murs végétaux filtrants

LA PHYTO-ÉPURATION DE L'AIR PAR LES PLANTES:

II. LE PROGRAMME ASTREDHOR : "DEPOL'AIR" (2014-2016)

LE PROGRAMME ASTREDHOR : "DEPOL'AIR" (2014-2016)

1- OBJECTIFS DU PROGRAMME DEPOL'AIR

2- LES PARTENAIRES

3- LE PROGRAMME "AIR INTÉRIEUR" / PREMIERS RÉSULTATS

4- LE PROGRAMME "AIR EXTERIEUR" / PREMIERS RÉSULTATS

5- PERSPECTIVES

1. OBJECTIFS DU PROGRAMME

1/ DÉVELOPPER DES SOLUTIONS TECHNIQUES, BASÉES SUR LA BIOFILTRATION VÉGÉTALE, POUR DIMINUER LES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES (INTÉRIEURS ET EXTÉRIEURS) :

⇒ **ÉTUDE DE MODULES VÉGÉTALISÉS, ENSEMENCÉS EN MICRO-ORGANISMES ET VENTILÉS**

CE DÉVELOPPEMENT INTÈGRE LE CHOIX DES VÉGÉTAUX LES PLUS ADAPTÉS AUX CONTRAINTES DES INSTALLATIONS AINSI QUE LA CARACTÉRISATION DES PERFORMANCES ÉPURATRICES.

2/ DIFFÉRENTS OUVRAGES, NOTAMMENT DE MURS VÉGÉTALISÉS, ONT ÉTÉ INITIÉS EN VUE DE LIMITER L'EXPOSITION DES PERSONNES AUX POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES SUR DIFFÉRENTS SITES : STATIONS D'ÉPURATION, PARKINGS, GARES... UNE RÉELLE EFFICACITÉ N'A QUE RAREMENT ÉTÉ ÉVALUÉE ET NÉCESSITE ENCORE UNE APPROCHE SYSTÉMATIQUE

⇒ **SUIVI DE LA TOUR VÉGÉTALISÉE « AIR DE CAUX™ »**

2. LES PARTENAIRES

Astredhor Seine-Manche ↔ Arexhor Seine-Manche

Université de Lille : Pr Damien Cuny E.A. 4483,

Impacts de l'Environnement Chimique sur la Santé Humaine.

Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques, Faculté des Sciences
Pharmaceutiques et Biologiques

Université de Lille : Dr. Benjamin Hanoune MR CNRS 8522,

Physico-chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère (PC2A),
Université des Sciences et Technologies de Lille

Plant'air pur

Degrémont France Assainissement, SUEZ, Eaux de Normandie

Syndicat d'eau Fauville Ouest en Cœur de Caux

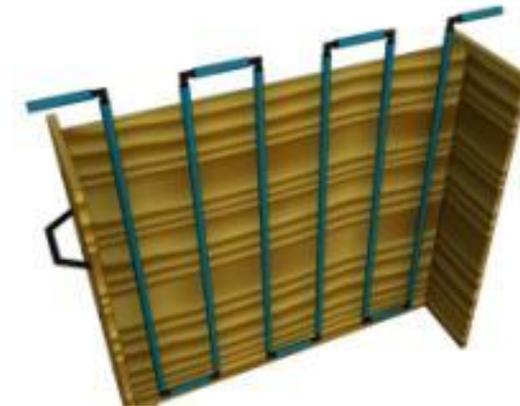
Plante & Cité

Fournisseurs substrat/micro-organismes : Premier Tech Falienor

3. LE PROGRAMME « AIR INTÉRIEUR »

PROTOTYPE :

3 MODULES QUI REPRÉSENTENT 1 M²,
INCLUANT 16*3 PLANTES SOIT 48
PLANTES



3. LE PROGRAMME « AIR INTÉRIEUR »

- **LES ESPÈCES VÉGÉTALES UTILISÉES**
- **SUBSTRAT** DE CHEZ PREMIER TECH FALIENOR COMPOSÉ DE TOURBE BLONDE IRLANDAISE F1, DE FIBRE DE COCO MEDIUM, DE PERLITE MOYENNE, DE FIBRE DE BOIS WOODTECH ET CONTENANT DE LA CHAUX ET 1.2 KG/M3 TOPSUBTRA 12-12-17.
- **AGENTS DE BIOTISATION** : MYCORHIZE P-501, MÉLANGE DE *BACILLUS SPP.* ET *PSEUDOMONAS SPP.* (PREMIER TECH)

			
<u>Tradescantia pallida</u>	<u>Nephrolepis obliterated</u>	<u>Hedera helix</u>	<u>Dracaena ker gawl</u>
			
<u>Chlorophytum comosum</u>	<u>Aglaonema commutatum</u>	<u>Spathiphyllum sweet chico</u>	<u>Crassula portulacea</u>

3. LE PROGRAMME « AIR INTÉRIEUR »

- CALENDRIER:

2 SÉRIES RÉALISÉES:

VALIDATION TENUE DES PLANTES ET DU SUBSTRAT

TEST DE DIFFÉRENTS MICRO-ORGANISMES À DIFFÉRENTES CONCENTRATIONS

POMPE ET DÉBIT D'AIR

TYPE DE POLLUANT RÉALISTE UTILISÉ : BATON D'ENCENS

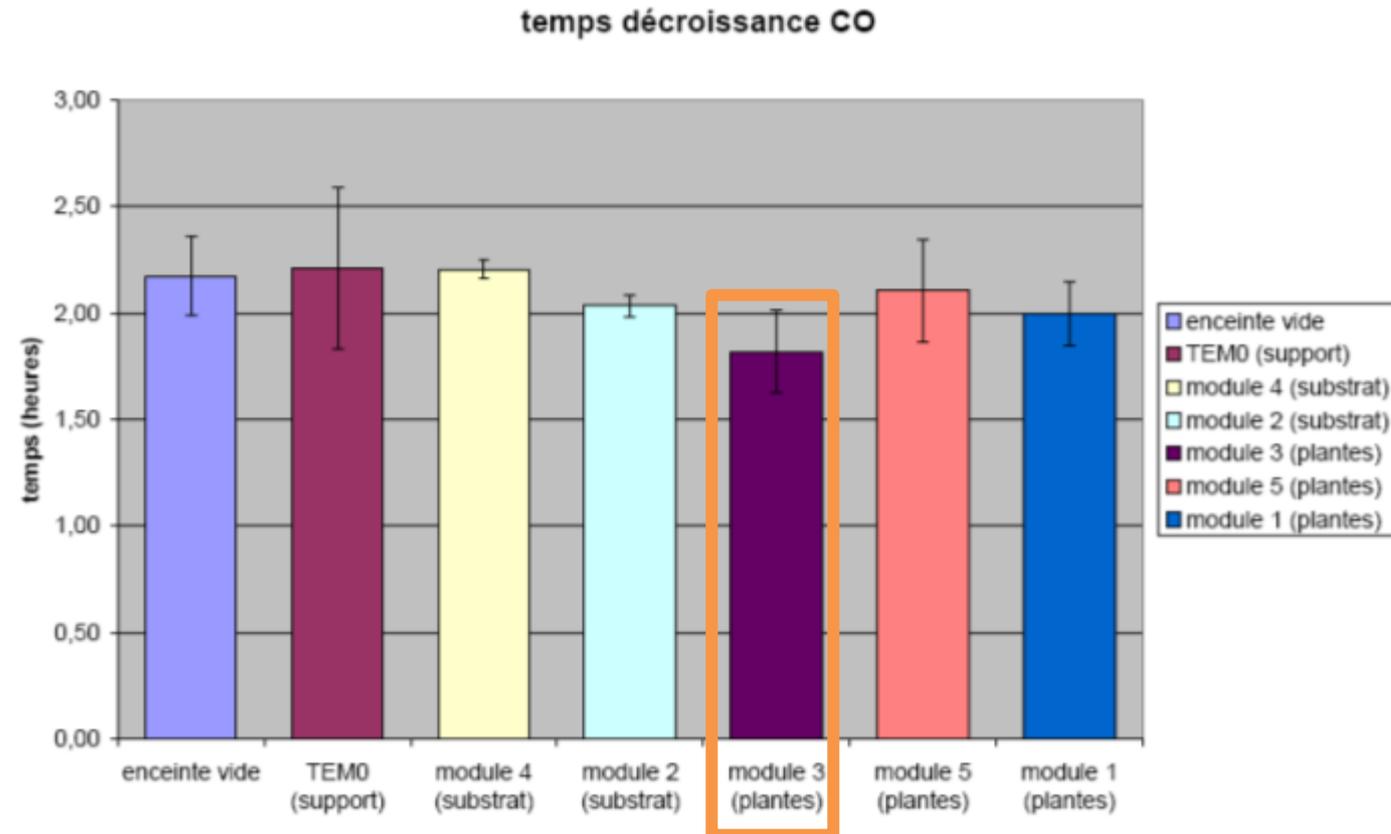
3^{ÈME} SÉRIE EN COURS



3. LE PROGRAMME « AIR INTÉRIEUR »

CUBE (UNIVERSITE DE LILLE) :
ENCEINTE D'EXPOSITION DE 8 M³

→ ÉVALUER LES CAPACITÉS DES SYSTÈMES
À DIMINUER LES CONCENTRATIONS EN UNE
GAMME DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES



MODULE VÉGÉTALISÉ ET ENRICHIS ↴

4. LE PROGRAMME « AIR EXTÉRIEUR »

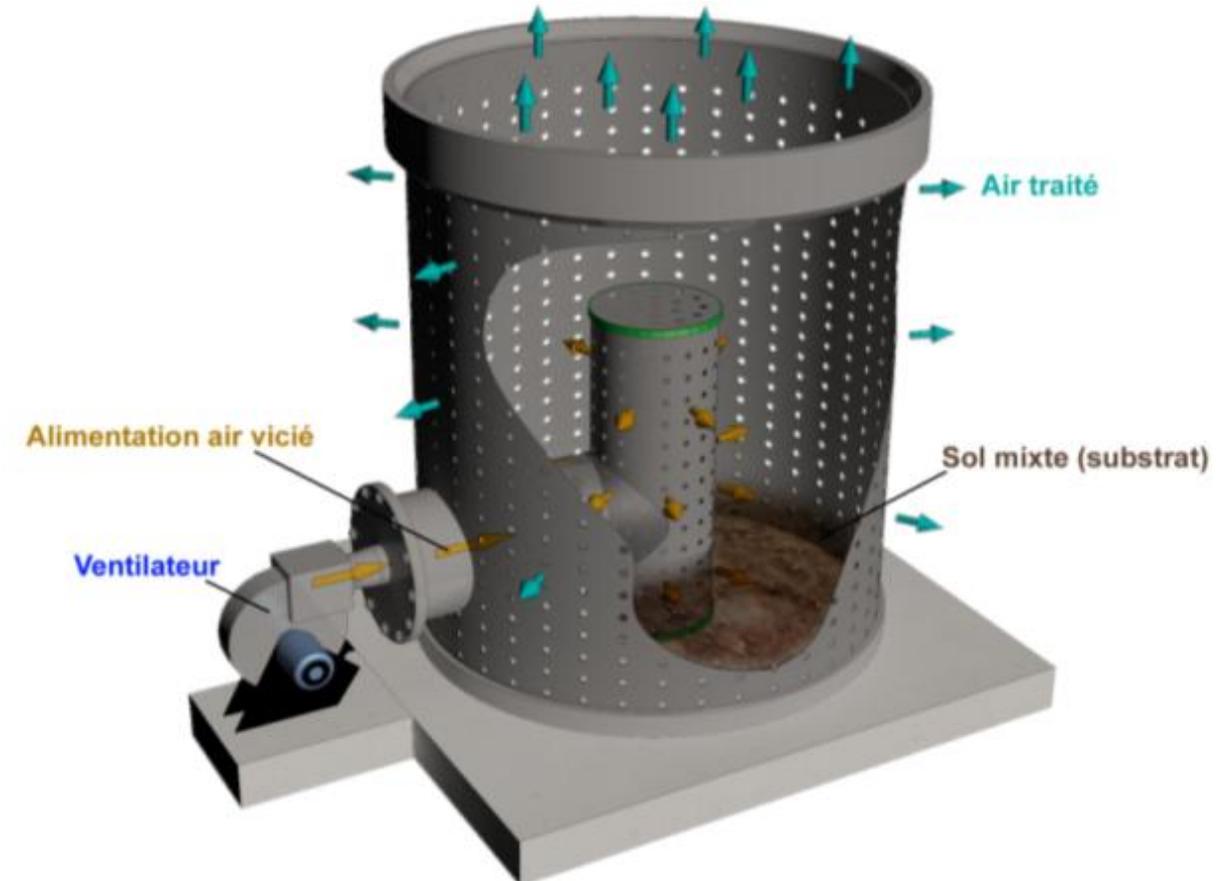
TOUR CYLINDRIQUE VÉGÉTALISÉE (3 M DE HAUT)

VENTILATEUR (1000 M³/H)

TUYAU D'ALIMENTATION

SOL MIXTE :

- ▶ SQUELETTE MINÉRAL : POUZZOLANE 15-20
- ▶ TERRE SABLO LIMONEUSE + MATIÈRE ORGANIQUE



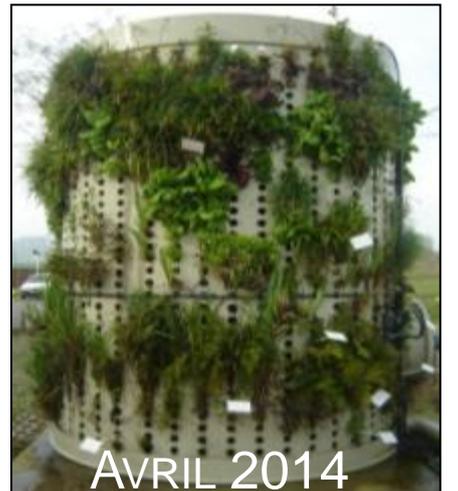
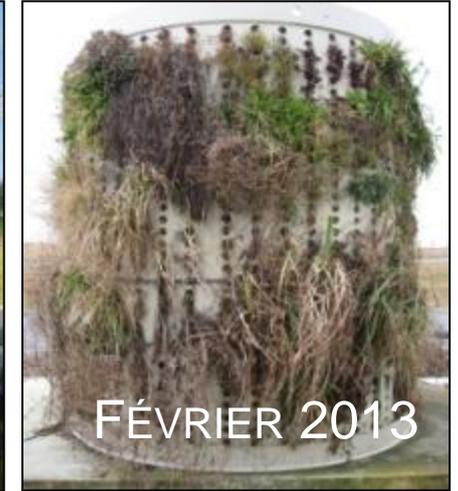
PROTOTYPE : La tour « Air de CauxTM »
(Concept Degrémont France Assainissement/Plante & cité)

4. LE PROGRAMME « AIR EXTÉRIEUR »

- **GEUM RIVALE**
- **LYSIMACHIA NUMMULARIA**
- **LYTHRUM SALICARIA**
- *MYOSOTIS PALUSTRIS*
- *SYMPHYTUM OFFICINALE* (*)
- **LUZULA SYLVATICA**
- **GALIUM ODORATUM**
- *DRYOPTERIS CARTUSIANA*
- *DRYOPTERIS DILATA*
- *ATHYRIUM FILIX-FEMINA*
- *BLECHNUM SPICANT*
- *OSMUNDA REGALIS*
- *THELYPTERIS PALUSTRIS*
- **DIANTHUS SUPERBUS**
- *ERICA TETRALIX*
- **IRIS PSEUDACORUS**
- *JUNCUS EFFUSUS* 'SPIRALIS'
- *MENTHA AQUATICA* (*)
- *CALTHA PALUSTRIS*
- **CAREX RIPARIA**
- *CAREX ACUTIFORMIS*
- **RUMEX MONTANUM**
- **RUMEX ARIFOLIUS**
- *EPILOBIUM HIRSUTUM*
- *EUPATORIUM RUGOSUM* (*)
- *FILIPENDULA VULGARIS*

En gras : les espèces les mieux adaptées

(*) : espèces envahissantes



4. LE PROGRAMME « AIR EXTÉRIEUR »

SUIVI DES VÉGÉTAUX :

RÉSISTANCE DES VÉGÉTAUX AU COURS DES HIVERS

FOUGÈRES NON ADAPTÉES (PH BASIQUE)

SURVEILLANCE RÉGULIÈRE INDISPENSABLE

REPLANTATION DE CERTAINES VARIÉTÉS EN MAI 2014

- ▶ *Carex acutiformis*
- ▶ *Carex riparia*
- ▶ *Gallium odoratum*
- ▶ *Geum rivale*
- ▶ *Luzula sylvatica*

SUIVI DU SUBSTRAT :

TASSEMENT

ANALYSES RÉGULIÈRES (PH, MO, BMI ...)

SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'EAU D'ARROSAGE:

EAU DU CLARIFICATEUR ANALYSÉE RÉGULIÈREMENT

4. LE PROGRAMME « AIR EXTÉRIEUR »

- EFFICACITÉ D'ÉPURATION DE L'AIR DU DISPOSITIF?

ANALYSE OLFACOMÉTRIQUE = 304 UOE/M³.



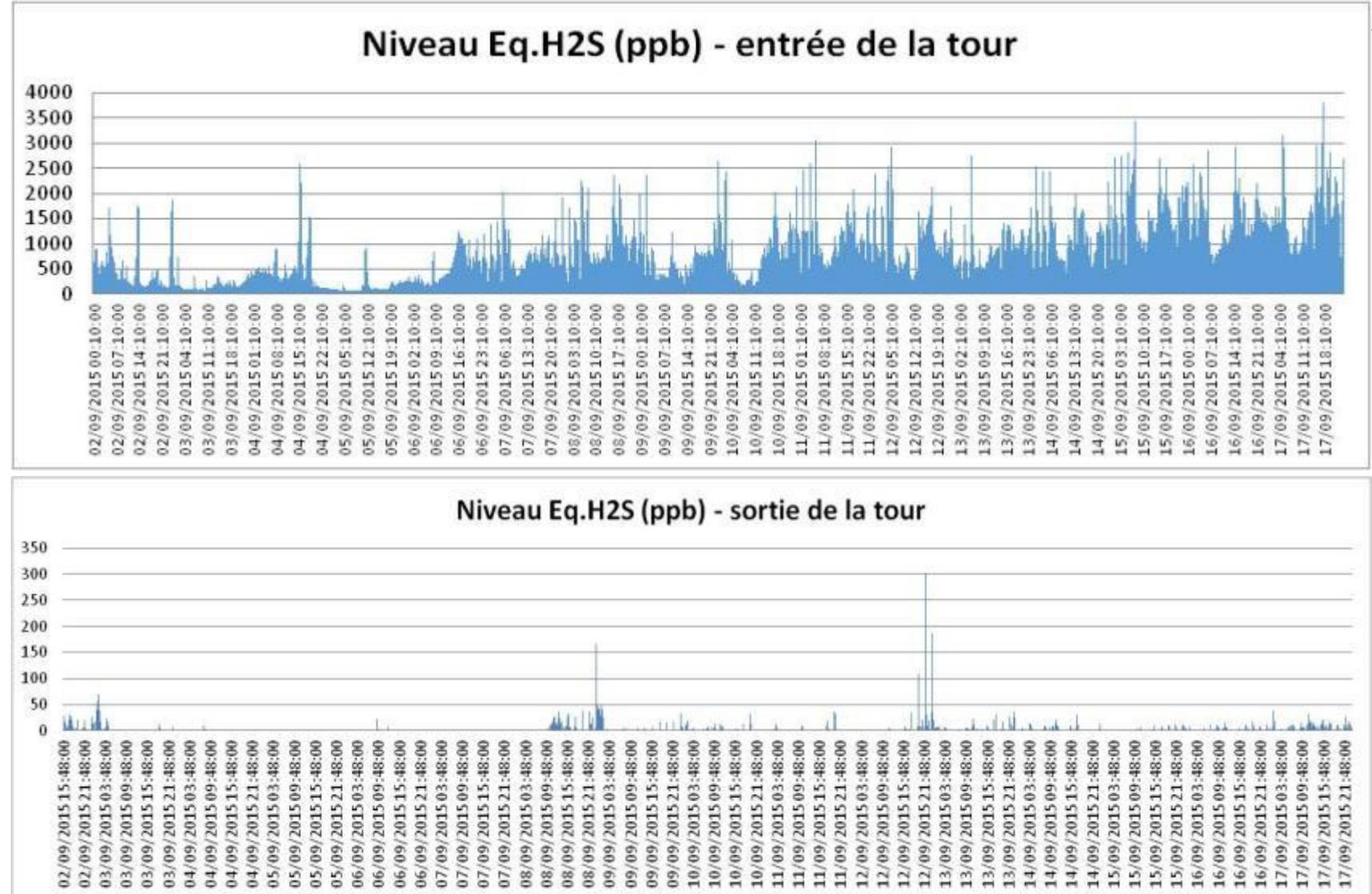
MESURES EN TEMPS RÉEL PAR DEUX
CAPTEURS AUTONOMES POUR
COMPOSÉS SOUFRÉS :

- ▶ 1 CAPTEUR DE SENSIBILITÉ 0-20 I
- ▶ 1 CAPTEUR DE SENSIBILITÉ 0-2 PMM
(1 AN, N/E/O/S, ET DIFFÉRENTES HAUTEURS)



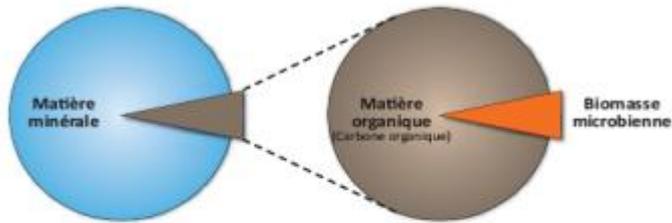
4. LE PROGRAMME « AIR EXTÉRIEUR »

GRAPHIQUES METTANT EN COMPARAISON LES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS EN AMONT ET EN AVAL DU BIOFILTRE.



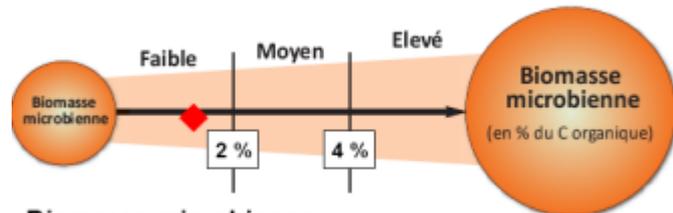
4. LE PROGRAMME « AIR EXTÉRIEUR »

BIOMASSE MICROBIENNE DU SOL

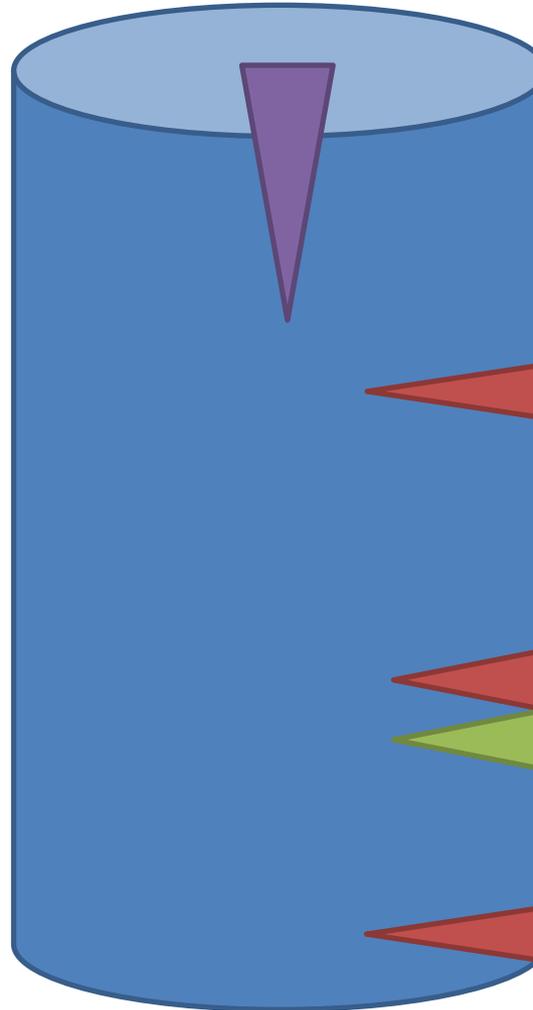


■ Matière minérale : **92.4 %** du sol sec
 ■ Matière organique : **7.6 %** du sol sec

- Résultats de l'analyse



Biomasse microbienne :
1.34 % du carbone organique
 soit 594 mg C microbien/kg sol sec.



	BM Hiver	BM été
0-25 cm	1,02%	1,03%
25-50 cm	0,99%	0,84%
50-75 cm	0,84%	0,58%
75-100 cm	0,59%	0,54%
0-25cm		1,92%
0-25cm	1,34 %	1,92%
0-25cm		0,48%

5. PERSPECTIVES

PROGRAMME "AIR INTÉRIEUR" :

2 NOUVELLES SÉRIES EN 2016

- RENFORCEMENT DU POUVOIR ÉPURATEUR EN TRAVAILLANT SUR LA COMPOSITION DU SUBSTRAT (AJOUT DE CHARBON ACTIF PAR EXEMPLE), OU EN TRAVAILLANT LES MÉLANGES ET DOSES DE MICROORGANISMES
- TESTS SUR D'AUTRES POLLUANTS (TOLUÈNE, ACÉTONE, ACÉTALDÉHYDE, ET NOX). NOUVEAUX POLLUANTS AJOUTÉS PAR INJECTION DIRECTE DES COMPOSÉS.

PROGRAMME "AIR EXTÉRIEUR" :

- RÉCOLTE DES DONNÉES DES CAPTEURS SUR L'ANNÉE
- AUTRES ANALYSES OLFACOMETRIQUES
- SUIVI DES ANALYSES SUR PLANTES, EAU, SUBSTRAT ET MICROORGANISMES



Une station qui purifie l'eau... et l'air !

Pour lutter contre les nuisances olfactives, la nouvelle station d'épuration de Fauville-en-Caux, en Seine-Maritime, s'est équipée d'un prototype de filtration innovant : une tour désodorisante qui collecte l'air vicié pour le traiter dans un filtre biologique végétalisé. Un procédé simple, esthétique et fonctionnel.

Depuis fin 2012, la commune de Fauville-en-Caux, près du Havre, a ouvert les vannes d'une station d'épuration pour le moins atypique. Entièrement reconstruite pour être mise en conformité avec la Directive Européenne sur les Eaux Résiduaires Urbaines et augmenter sa capacité à 5 900 équivalents habitants, cet ouvrage a été doté d'un procédé qui génère le moins de nuisances olfactives possibles. *"Pour éliminer les odeurs en sortie de station, les unités de désodorisation conventionnelles sont généralement équipées de systèmes de filtration à charbon actif, mais nous avons voulu intégrer un procédé biologique de filtration verticale, autrement dit une tour biofiltrante, afin d'être remarqué et de sensibiliser les administrés et les professionnels de l'inté-*



La Tour Air de Caux™ a été récompensée d'un Oxygen Award, décerné aux institutions qui ont œuvré de manière concrète à améliorer la qualité de l'air.

Un process innovant

prunte un réseau de canalisation du substrat, permettent la mise

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

AVEC LE CONCOURS FINANCIER DE

FRANCEAGRI-MER



VAL'HOR

