



Construire des sols urbains en réutilisant les déchets de la Cité

*Réunion du club U2B
« Urbanisme Bâti et Biodiversité »*

18 Mars 2015

S. Guimont, Valterra Dépollution Réhabilitation





Valorisation des déchets organiques



- Epandage de boues
- Compostage
- Curage de lagunes
- Déshydratation
- Transport



Dépollution et Gestion de sites



- Recherche et Développement
- Dépollution sol, sédiments, effluents
- Requalification de sites dégradés



Ingénierie de l'eau et de l'assainissement

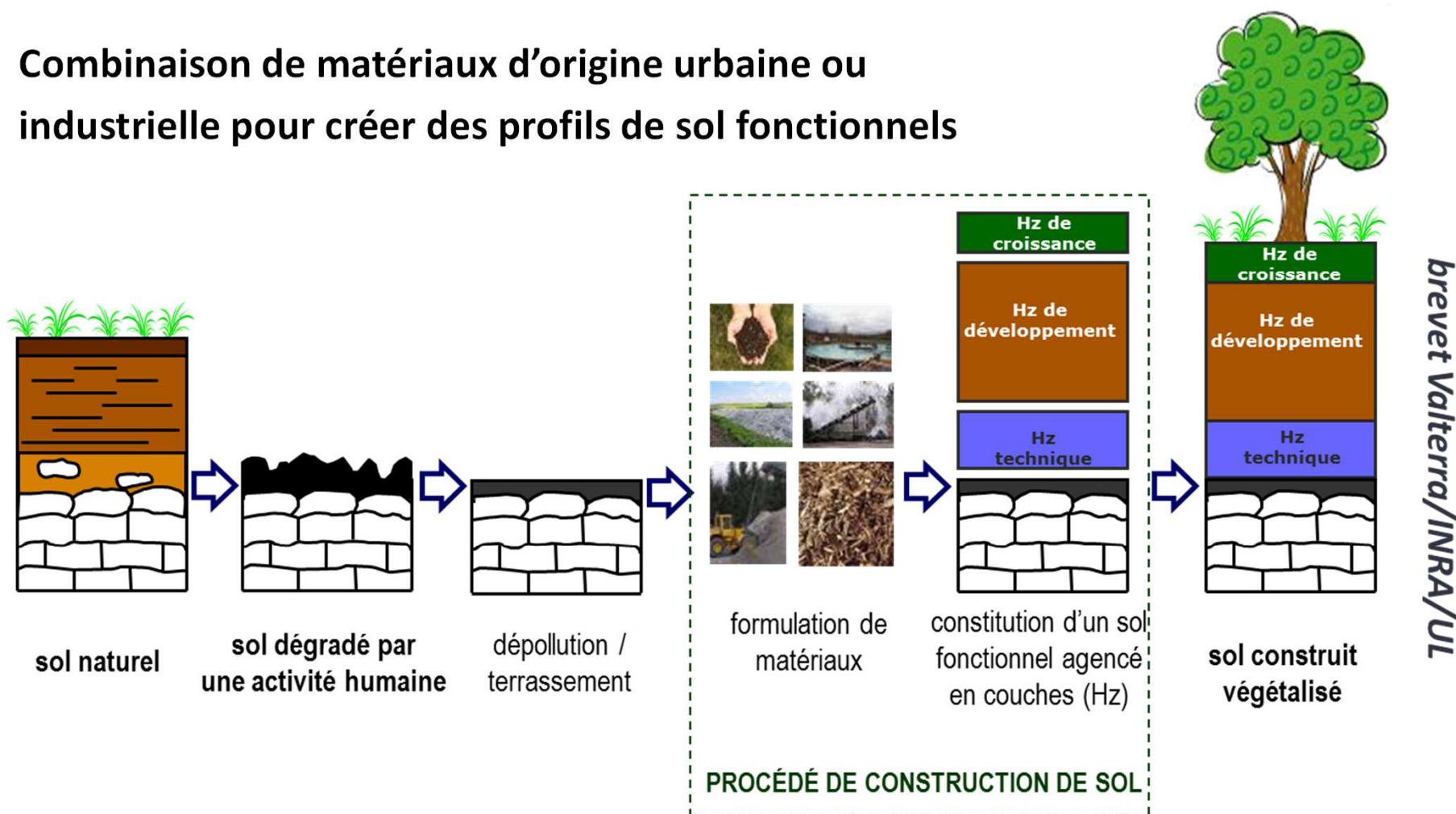


- Etude d'assainissement
- Diagnostic
- Contrôle



Procédé de construction de sol

Combinaison de matériaux d'origine urbaine ou industrielle pour créer des profils de sol fonctionnels





Réhabilitation d'une ancienne cokerie

Contexte :

- Client : Établissement Public Foncier de Lorraine
- Friche industrielle après dépollution
- Parcelle de démonstration du procédé de construction de sol
- Nouvel Usage du site : Espace paysager

Données / résultats :

Superficie = 1 ha

Utilisation de sous-produits papetiers, terre traitée et compost

- => Intégration paysagère durable & restauration écologique
- => Recyclage de déchets et sous-produits



État initial



Chantier

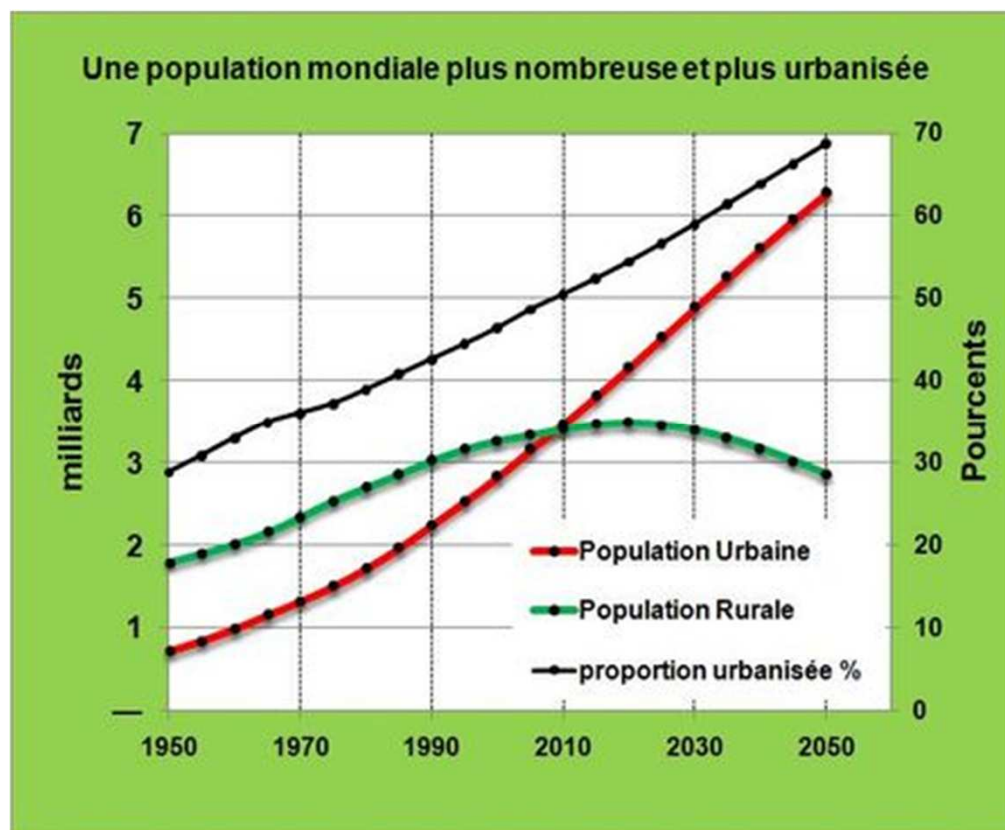


Etat final



Le système urbain

- **2015** : 50 % de la population mondiale en ville, 70% en 2050
- **80% dans les pays d'Europe de l'Ouest et aux USA**





Le système urbain

Etalement urbain

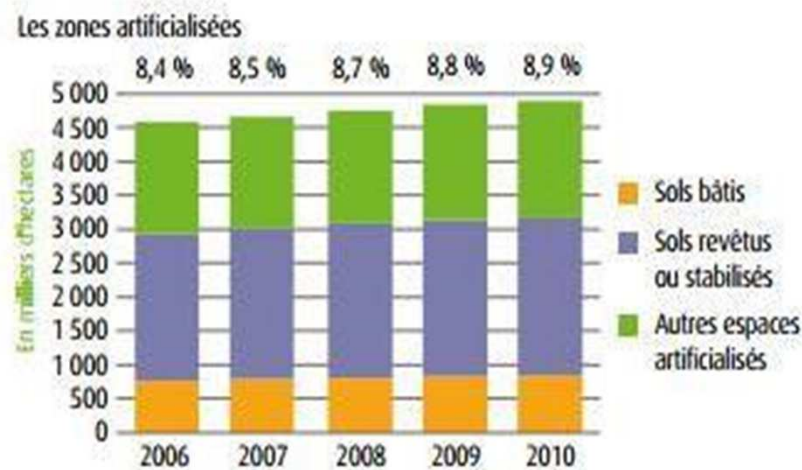
- habitat pavillonnaire avec jardins
- zones d'activités commerciales et industrielles en périphérie des villes



Evolution de l'occupation des sols dans les aires urbaines françaises de 1990 à 2000 (IFEN 2006)

Artificialisation du sol

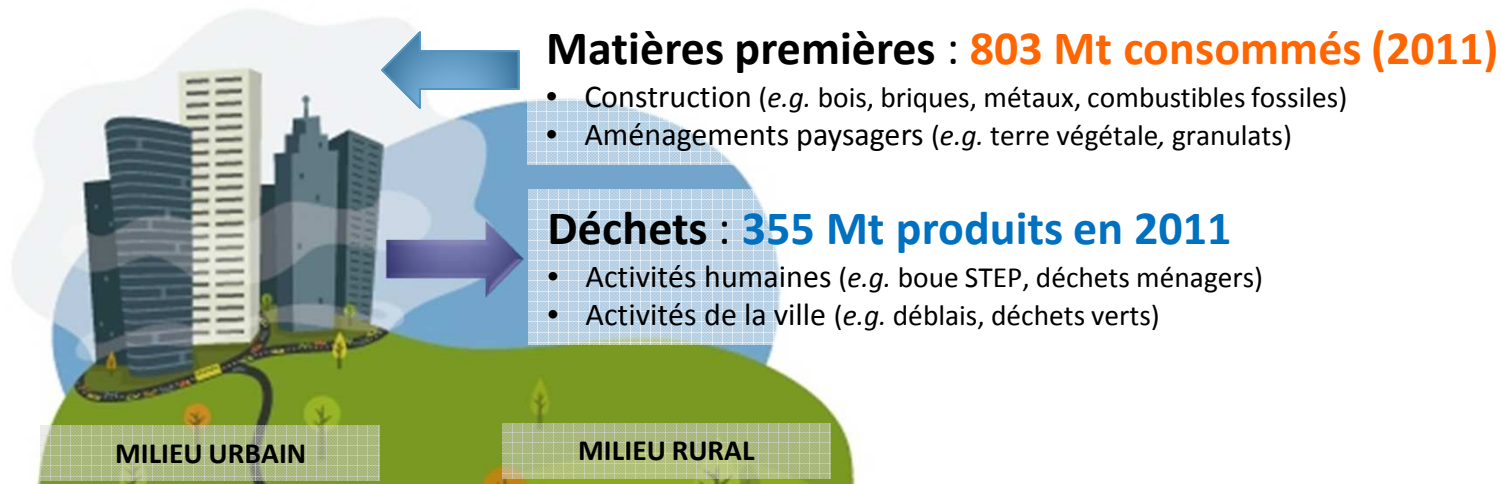
- ~9 % du territoire français
- 3,6 % du territoire européen



Ministère chargé de l'Agriculture, Enquête Teruti-Lucas, série révisée avril 2011 (France métropole)



Contexte urbain et problématique



- **Besoin de reconstituer des sols fertiles en milieu urbain pour assurer la pérennité du végétal**

=> utilisation de matériaux non renouvelables (ie terres agricoles et granulats de carrière)

=> consommation de 4,5 Mt de terre végétale par an (~ 1000 ha décapés par an)

- **Production de déchets et sous-produits en France**

=> 355 Mt par an



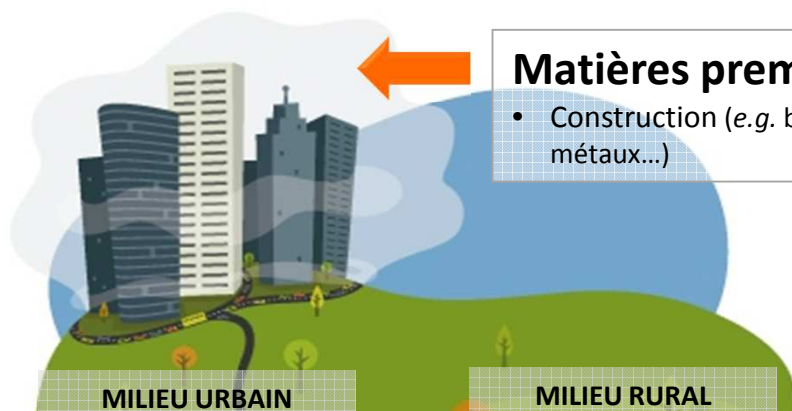
Enjeu pour la ville de demain

- Une ville « durable », « verte » avec une densification « douce »





Objectifs de Siterre pour une ville durable



Matières premières :

- Construction (e.g. bois, briques, métaux...)

Limitier les exportations hors de la ville en recyclant les déchets et sous-produits urbains dans les aménagements paysagers par la construction de sols fertiles

1. **Montrer la faisabilité et le potentiel de construction de sols fertiles à partir de déchets et sous-produits**
2. **Développer des modèles de prédiction de la fertilité des mélanges, avec une approche durable et la prévention des risques pour la santé,**
3. **Créer un outil d'aide à la décision et proposer la mise en place d'une nouvelle filière**



Les étapes du projet Siterre



Etape 1 : Sélection des "matériaux parents"

Catalogue Européen des Déchets (836)

Filtre éliminatoire
18 critères

*e.g. volume de production,
disponibilité, faible toxicité,
potentiel fertile*

142

Classement selon
critères

*e.g. toxicité, aspect/odeur,
fertilité, potentiel
améliorant*

27

Typologie de
matériaux

*Caractérisation :
14 paramètres*

11 « déchets modèles »



Modèles expérimentaux représentatifs

6 déchets "minéraux"



5 déchets "organiques"





Etape 2 : Inventaire des usages

Typologie des 14 espaces verts de
l'Association des Ingénieurs Territoriaux de France

→ **2 usages modèles « espaces verts »**



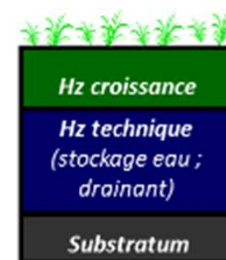
Squares et parcs



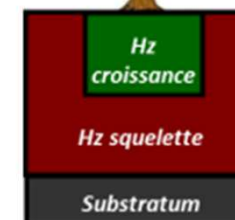
Arbres d'alignement

Etape 3 : Fertilité attendue des usages modèles

Design du profil de sol

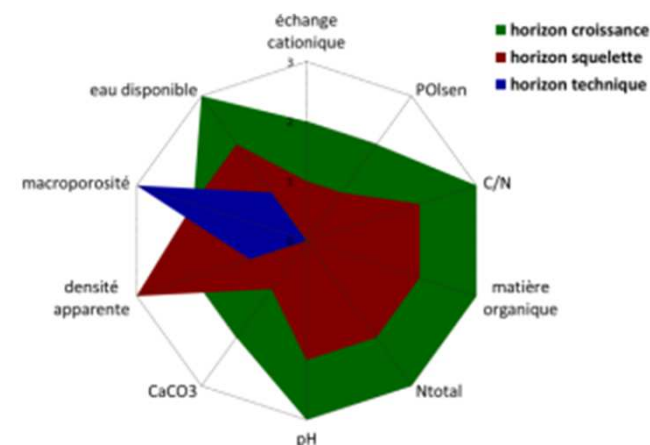


« Square & parc »



« Arbre d'alignement »

Définition des propriétés agronomiques idéales





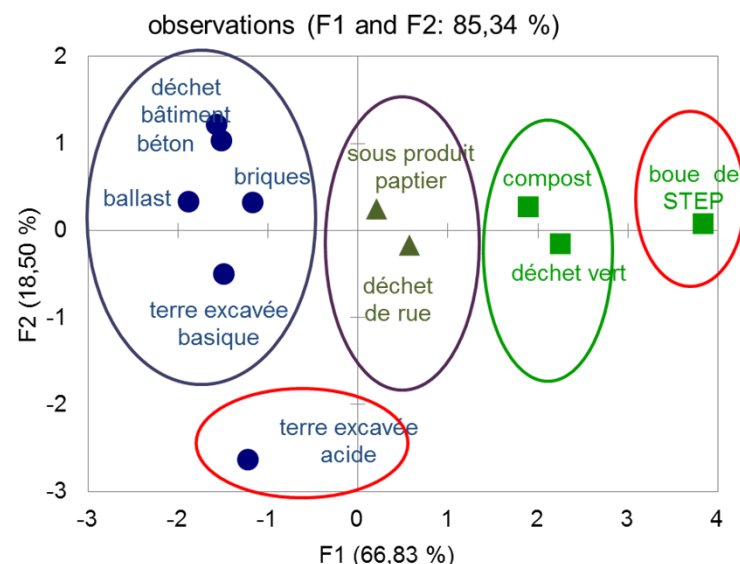
Etape 4 : Formulation des mélanges des horizons construits

Fertilité des "matériaux parents"

=> Groupes de matériaux-déchets présentant un potentiel fertile par rapport à leur propriétés physiques et chimiques

Fertilité de "mélanges de matériaux parents"

=> "Milieux artificiels fertiles" présentant des conditions favorables pour le développement de la plante



Comparaison avec les statistiques calculées pour 2200 sites du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols français (RMQS)

	P_{Olsen} (g.kg ⁻¹)		pH	
	Mélanges Siterre	Sols français	Mélanges Siterre	Sols français
maximum	3.830	1.110	9.9	9.2
median	0.340	0.050	8.5	6.4
minimum	0.015	0.001	5.7	3.7

Rokia et al. (2014), Jolivet et al. (2005), RMQS



Etape 5 : Evaluation de l'innocuité des mélanges de matériaux

Risques de transfert au milieu naturel

- Qualité des mélanges sur brut
- Test de lixiviation
- Recherche de polluants (métaux, organiques)



Risques écotoxiques

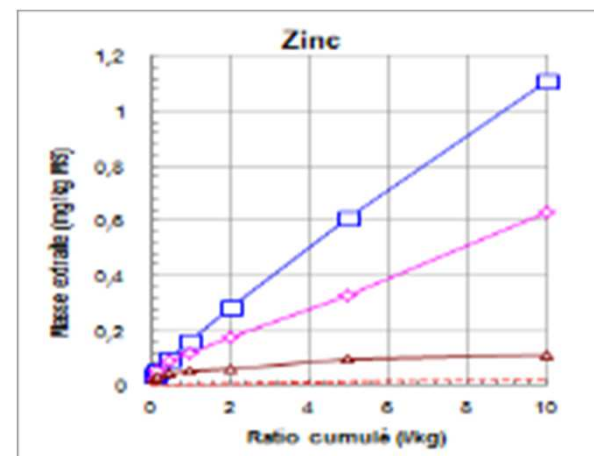
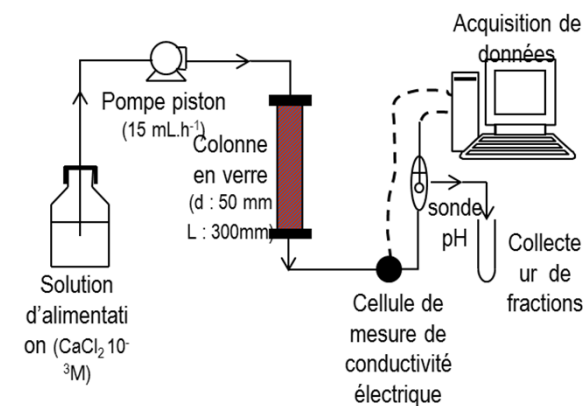
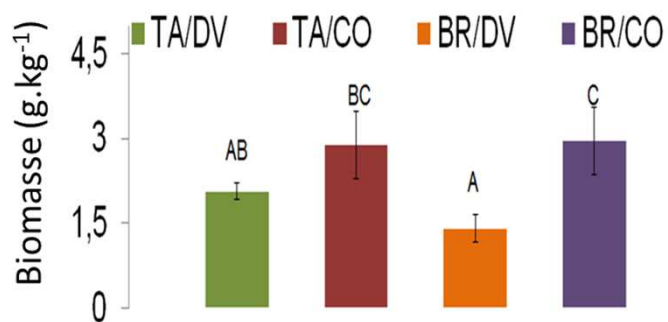


Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

Etape 6 : Fonctionnement et Evolution des sols construits

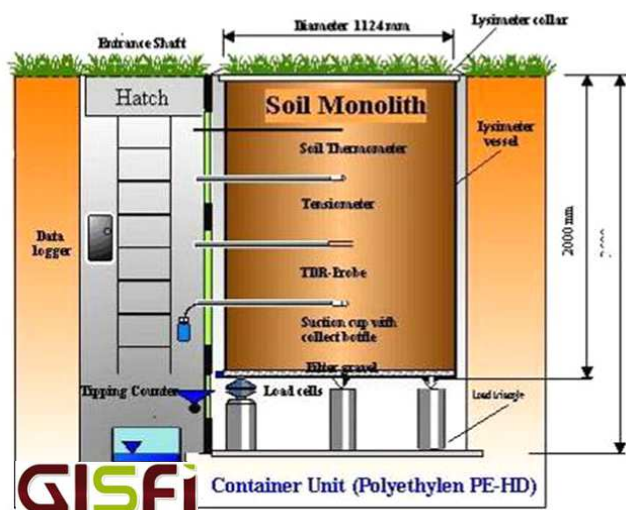


**Expérimentations
en conditions
contrôlées**



Etape 6 : Fonctionnement et Evolution des sols construits

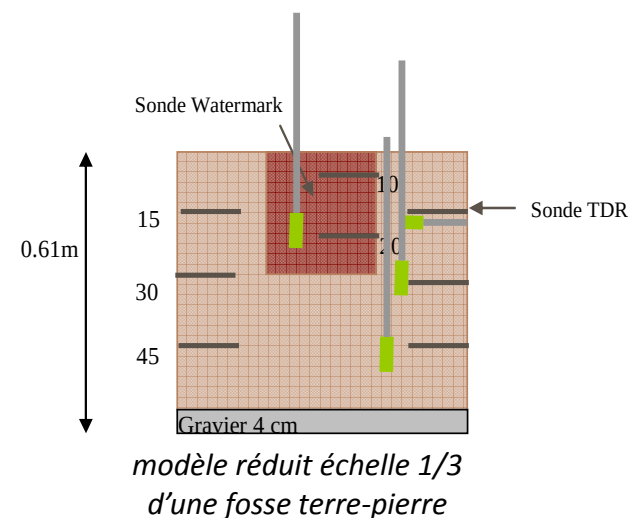
**Station expérimentale du GISFI
(Lorraine)**



Surface = 1 m²
hauteur = 2 m

**Expérimentation
en conditions
lysimétriques**

**Station expérimentale ACO
(Pays de Loire)**



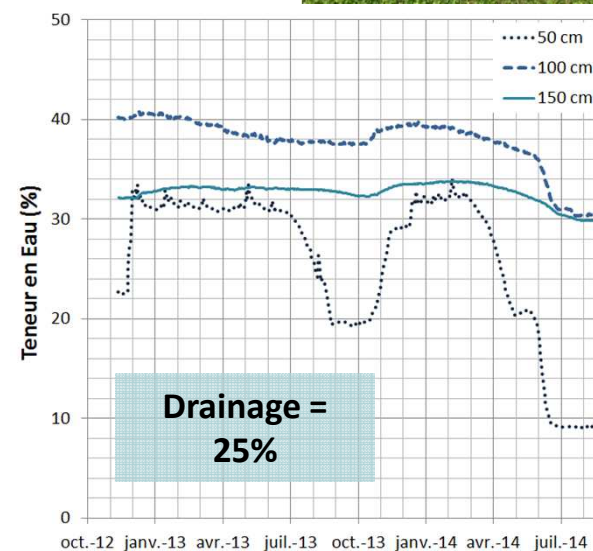
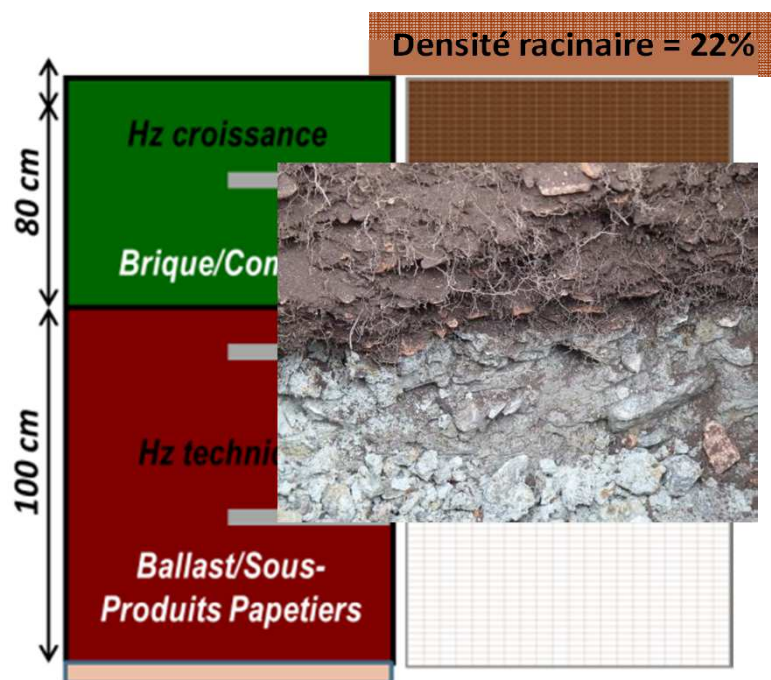
Surface = 0,8 m²
hauteur = 0,6 m

- Instrumentation *in situ*
- Prélèvement des eaux
 - percolats
 - solution du sol



Etape 6 : Fonctionnement et Evolution des sols construits

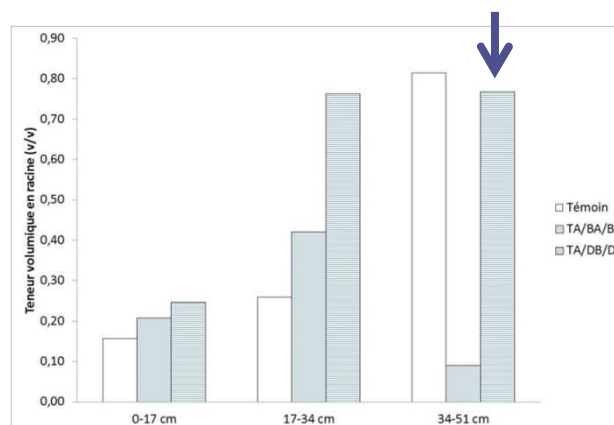
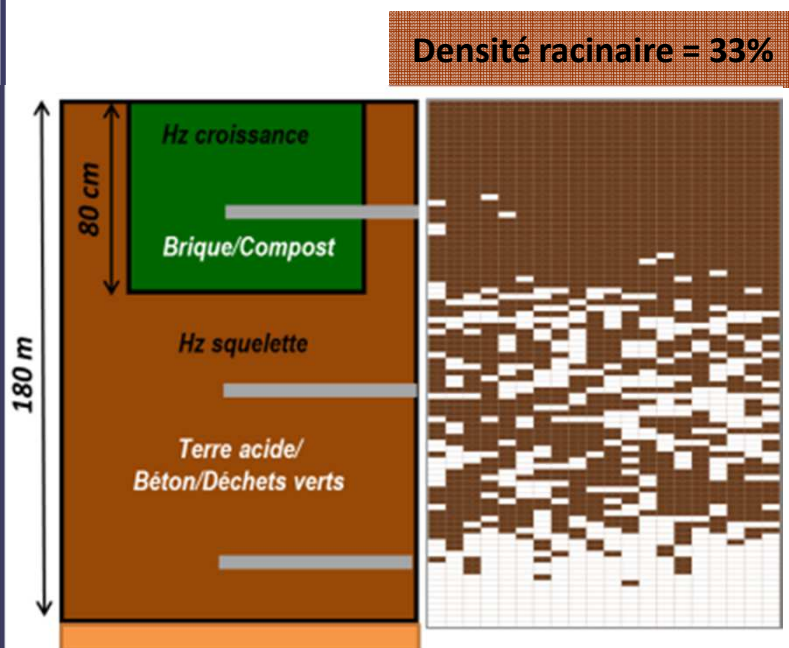
Usage" Squares et parcs" (lysimètre GISFI)



=> Les sols urbains construits à partir de déchets sont aptes à l'implantation d'une végétation de type prairiale

Etape 6 : Fonctionnement et Evolution des sols construits

Usage" Arbre d'alignement" (lysимètres GISFI et ACO)



Hz squelette	Drainage
Témoin	58%
Terre acide/ Déchets de bâtiments/D échets Verts	57%

=> Les sols urbains construits à partir de déchets sont aptes à la colonisation racinaire sur l'ensemble du volume offert à l'arbre



Etape 7 : Construction d'un outil multicritères d'aide à la décision

Analyse	ID	Acceptabilité	Coût économique	Environnement (émissions CO2 kg)	Compost (de boues)	de débris excavés non contaminés (masse)	de déconstruction de bâtiments en mélange (masse)	Macro-porosité	M.O.	Azote total	ratio carbone sur Azote	Capacité d'échange	
												Polsen	
Non	6548	0	1 645 €	202	0,1	0,1	0,8	0,26	31	2	8,7	0,35	
Non	6549	1	1 729 €	202	0,15	0,05	0,8	0,28	44	3	9,4	0,42	
Non	6550	1	2 005 €	287	0,05	0,25	0,7	0,24	17	2	6,3	0,27	
Non	6551	1	2 101 €	287	0,1	0,2	0,7	0,26	29	2	7,9	0,36	
Non	6552	1	2 166 €	224	0,15	0,15	0,7	0,28	42	3	8,8	0,43	
Non	6553	1	2 263 €	224	0,2	0,1	0,7	0,29	54	3	9,2	0,5	
Non	6554	1	2 359 €	224	0,25	0,05	0,7	0,31	67	4	9,4	0,57	
Non	6555	1	2 484 €	372	0,05	0,35	0,6	0,24	15	2	5,7	0,27	
Non	6556	1	2 265 €	309	0,1	0,3	0,6	0,25	28	2	7,4	0,36	
Non	6557	1	2 377 €	309	0,15	0,25	0,6	0,27	40	3	8,3	0,44	
Non	6558	1	2 490 €	309	0,2	0,2	0,6	0,29	53	3	8,9	0,51	
Non	6559	1	2 571 €	246	0,25	0,15	0,6	0,31	66	4	9,1	0,58	
Non	6560	1	2 684 €	246	0,3	0,1	0,6	0,33	79	5	9,3	0,64	
Non	6561	1	2 796 €	246	0,35	0,05	0,6	0,34	92	6	9,4	0,69	
Non	6562	1	2 713 €	457	0,05	0,45	0,5	0,23	15	2	5,3	0,26	
Non	6563	1	2 848 €	457	0,1	0,4	0,5	0,25	27	2	7,1	0,35	
Non	6564	1	3 087 €	394	0,2	0,3	0,5	0,29	53	4	8,6	0,51	
Non	6565	1	2 891 €	331	0,25	0,25	0,5	0,31	66	4	9	0,58	

Objectif : Faciliter la différenciation de mélanges de matériaux afin de sélectionner le(s) plus pertinent(s) en fonction de :

- contraintes techniques et d'usages
- informations de coûts
- contraintes de disponibilité locale des matériaux
- informations environnementales et d'acceptabilité



Conclusions et Perspectives

- **Démonstration de l'aptitude de sols construits à partir de déchets à assurer leur rôle de support de végétation pour des aménagements paysagers urbains**
- **Synthèse de l'ensemble des résultats acquis sous forme d'un livre**
- **Poursuivre la démonstration -> Sites pilotes avec les opérateurs de terrain**
- **Asseoir la filière Siterre dans le contexte réglementaire actuel**

