



LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE

LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



QUAND LES TALENTS
GRANDISSENT,
LES COLLECTIVITÉS
PROGRESSENT

Construction de sols fertiles – voies de revalorisation des déchets urbains

Robin Dagois



LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE
13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



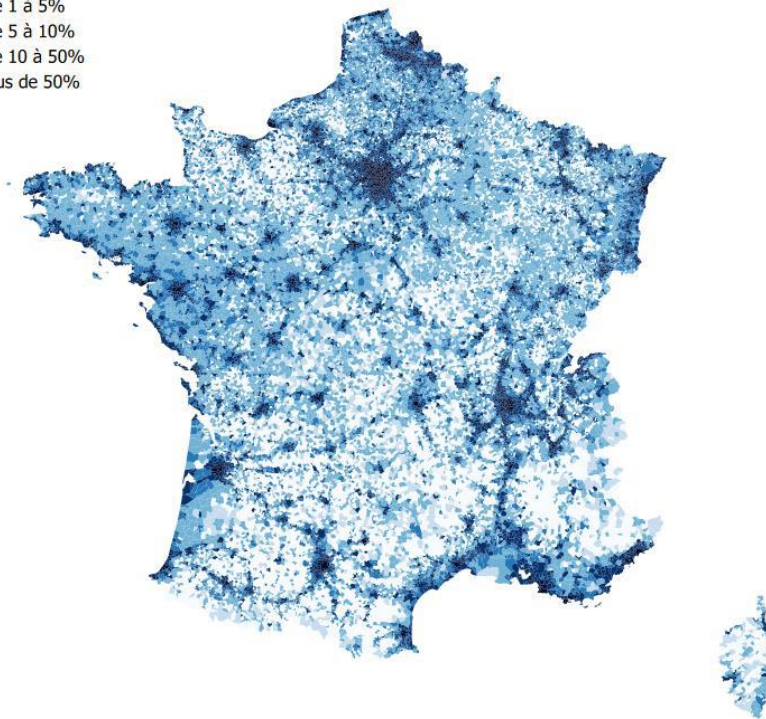
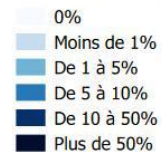
QUAND LES TALENTS
GRANDISSENT,
LES COLLECTIVITÉS
PROGRESSENT

Introduction – agronomie en ville, besoin de sols

Contexte : étalement + pression anthropique sur la ressource sols

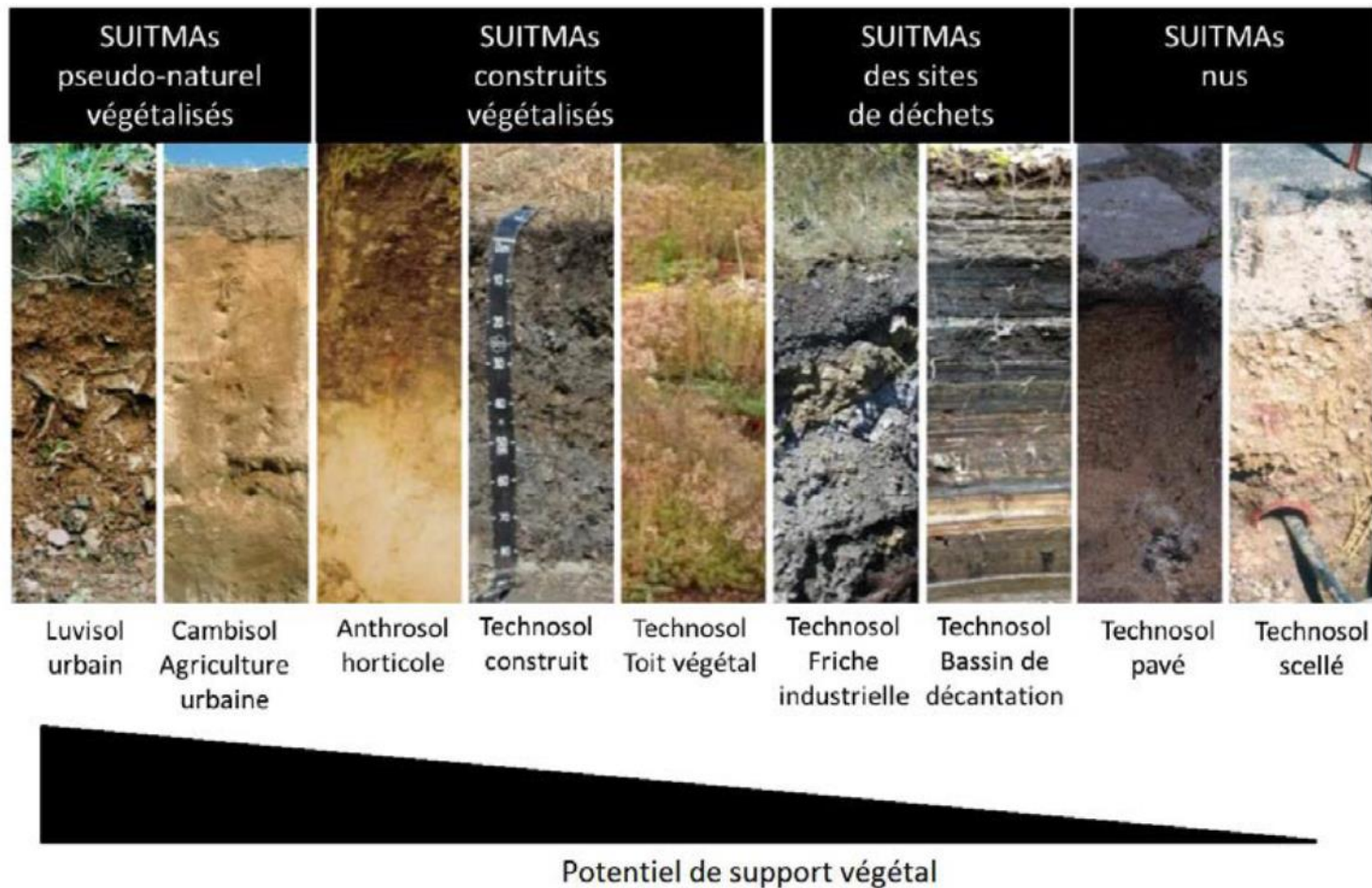
- Perte en terre arable : 31m² par seconde
- Usages de terres végétales en contexte urbain

Taux d'artificialisation communal en 2012



Anthropisation des sols

Transformation des sols naturels ou agricoles : anthropisation des sols



Enjeux : services écosystémiques

Services d'approvisionnement, de régulation ou culturels rendus par les sols

- Fourniture :
 - Denrées alimentaires
 - Matériaux
- Régulation :
 - Qualité des eaux
 - Crues
 - Climat
 - Cycle des nutriments
 - Cycle du carbone
- Culturel :
 - Patrimoine
 - Aménités paysagères



Enjeux

Répondre à ces différentes problématiques

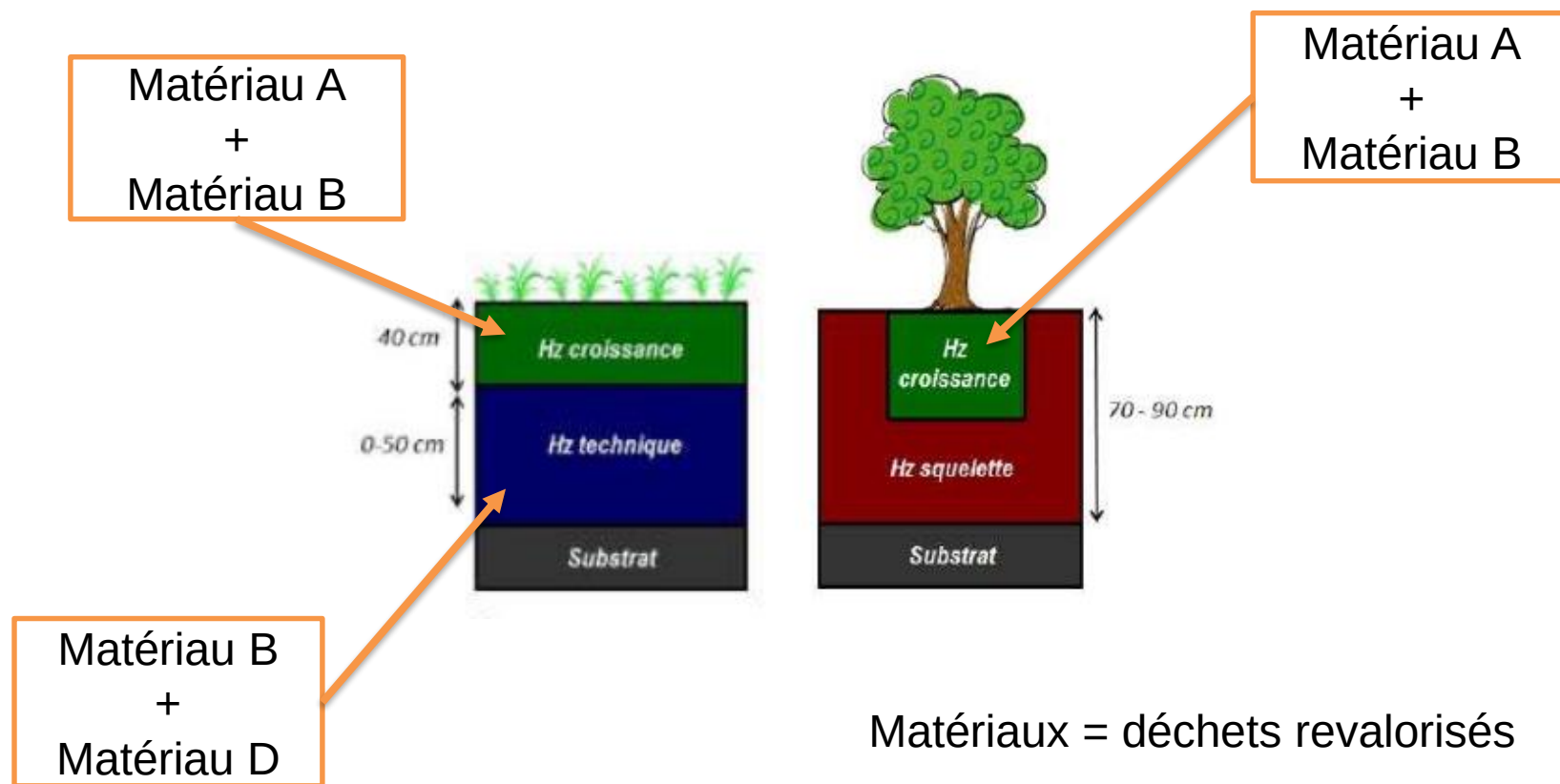
- Perte en ressources sols, enjeux d'économies
- Revalorisation de déchets et délaissés industriels



- Valorisation de déchets, délaissés industriels, sous-produits et résidus de production pour de la construction de sols

Revalorisation des déchets urbains

Employer les matériaux délaissés issus des activités pour reconstruire des sols fertiles.



Matériaux = déchets revalorisés

Revalorisation des déchets urbains

=> Programme Siterre (2011 – 2015)

- Développer une démarche alternative de conception de sols urbains (« hors terre végétale »)
- Mobiliser des matériaux délaissés ou des déchets pour la construction de sols
- Formaliser des mélanges à partir des propriétés agronomiques de ces matériaux
- Evaluer la fertilité des mélanges et mettre en œuvre des essais grandeur nature

Procédés de sélection & mélange des matériaux pour la construction de sols

Exemple programme Siterre

LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE
13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



QUAND LES TALENTS
GRANDISSENT,
LES COLLECTIVITÉS
PROGRESSENT

Quelles propriétés rechercher ?

Positionnement par rapport à des seuils « courants » et valeurs optimales

M.O.	g.kg-1	0	< 10	très faible
		1	10 à 40	faible
		2	> 100	élevé
		3	40 à 100	optimal
Ntotal	g.kg-1	0	< 2	très faible
		1	2 à 10	faible
		2	> 20	élevé
		3	10 à 20	optimal
C/N	-	0	< 6 ou > 15	défavorable
		1	6 à 8 ou 12 à 15	peu favorable
		2	10 à 12	assez élevé
		3	8 à 10	optimal
P Olsen	g.kg-1	0	< 0,04	faible
		1	0,04 à 0,08	modéré
		2	0,08 à 0,12	élevé
		3	> 0,12	très élevé
CEC	méq.100g-1	0	< 12	faible
		1	12 à 25	modéré
		2	25 à 40	élevé
		3	> 40	très élevé

Réserve utile	mm.cm-1	1	0,5 à 1	faible
		2	1 à 1,5	élevé
		3	> 1,5	optimal
Densité apparente	g.cm-1	0	> 1,7	très faible
		1	1,5 à 1,7	faible
		2	1,2 à 1,5	élevé
		3	< 1,2	optimal
Macroporosité	m3.m-3	0	< 0,05	très faible
		1	0,05 à 0,1	faible
		2	0,1 à 0,2	élevé
		3	> 0,2	optimal

Valeur seuil = guides de conception
mais penser à l'usage final

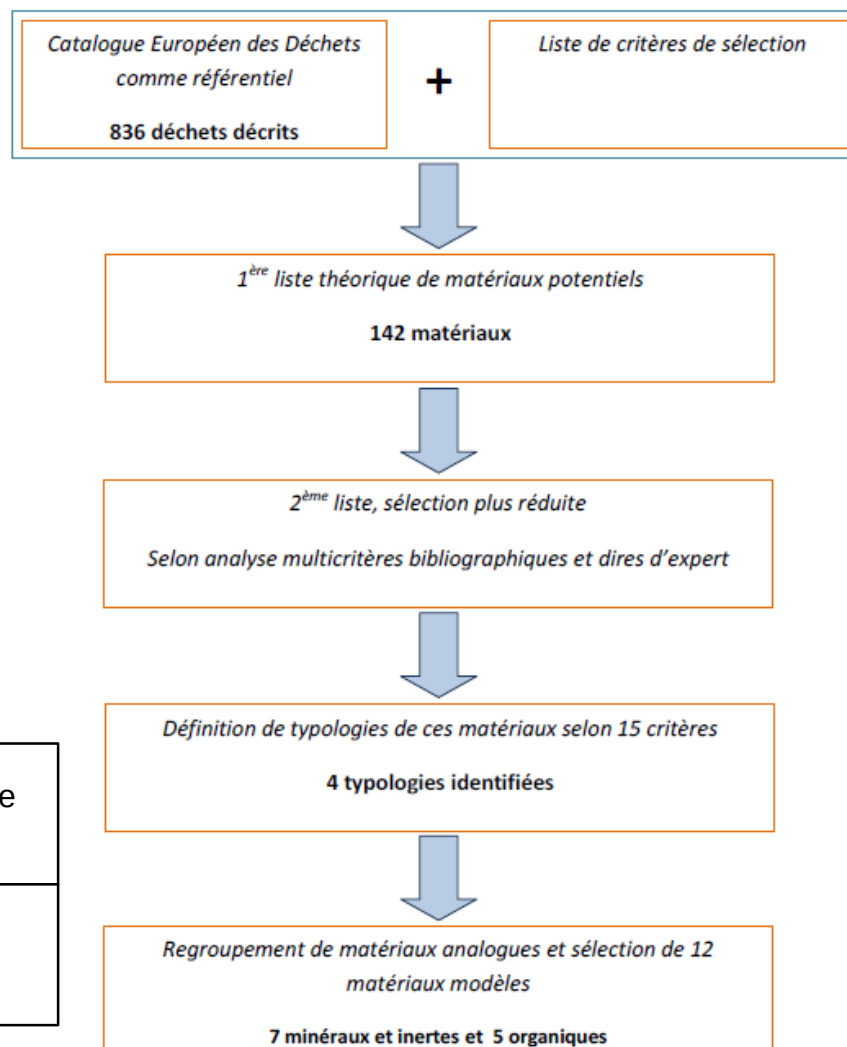
Sélection des matériaux

Filtre et sélection de matériaux potentiels dans la construction de sols

Exclusions

- Déchets dangereux
- Déchets médicaux
- Présence d'encres
- Présence d'amiante
- Déchets anecdotiques
- Etc...

Briques/tuiles/céramiques	Ciments/plâtres/boues de STEP
Déchets sylviculture/tissus végétaux	Boues dragages/boues désencrage/déchets de gypse



Onze matériaux/déchets sélectionnés

Déchets minéraux



Ballasts



Déchets de fabrication des briques



Béton de démolition



2 Terres excavées (pH acide et basique)



Déchets de déconstruction bâtiment en mélange

Déchets organiques



Déchets verts



Déchets provenant du nettoyage des rues



Sous-produits de l'industrie papetière



Boues de STEP urbaine



Compost de boues NFU 44-095 (mixte boue STEP et déchets verts)

Caractérisation des matériaux

Série de mesures des propriétés physico-chimique et agronomiques

Matériau	pH	CaCO ₃ total	CaCO ₃ actif	C total	C org
		g.kg ⁻¹			
Compost	7,9	11,1	n.d.	191,3	190,0
Béton	9,8	112,0	52,6	26,7	13,3
Boues de STEP	7,4	7,5	n.d.	334,9	334,0
Déchets verts	7,7	13,5	n.d.	237,6	236,0
Sous-produits papetiers	8,3	601,0	335,5	220,1	148,0
Déchets de rue	7,9	54,2	n.d.	140,5	134,0
Terres excavées	8,7	1,4	n.d.	1,3	1,1
Déchets du bâtiment	10,8	114,0	63,8	20,3	6,6
Briques	9,3	207,0	24,8	12,1	0,0
Ballasts	7,8	2,2	n.d.	18,5	18,2

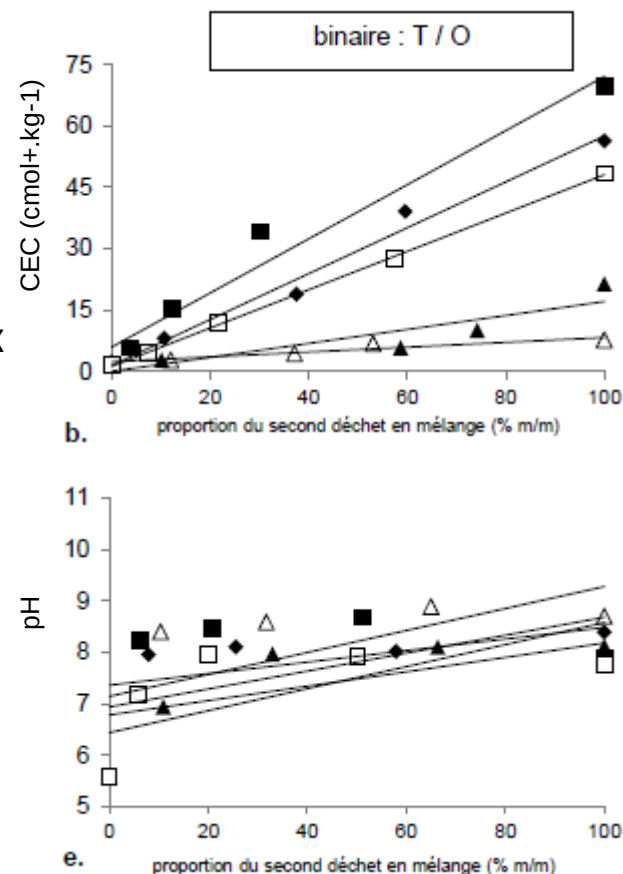
Formulation de mélange : courbes doses-réponses

Mélange

- Binaires (2 matériaux)
- Ternaires (3 matériaux)
- Principalement mélange organique + minéral
- Mise en œuvre de régression sur les matériaux et les mélanges afin de déduire des modèles prédictifs
- Généralisation semble possible pour les paramètres : masse volumique apparente, capacité de rétention en eau, POlsen, CEC.



Figure 45 : Vue du mélange BA-DR-CO



**mélanges binaires
« déchets terreux/déchets organiques »**

Tests en conditions *in situ*

Evaluation du potentiel de ces sols construits à produire de la biomasse végétale



GISFI, Homécourt – tests en lysimètres

Filière de construction de sols

LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE
13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



QUAND LES TALENTS
GRANDISSENT,
LES COLLECTIVITÉS
PROGRESSENT

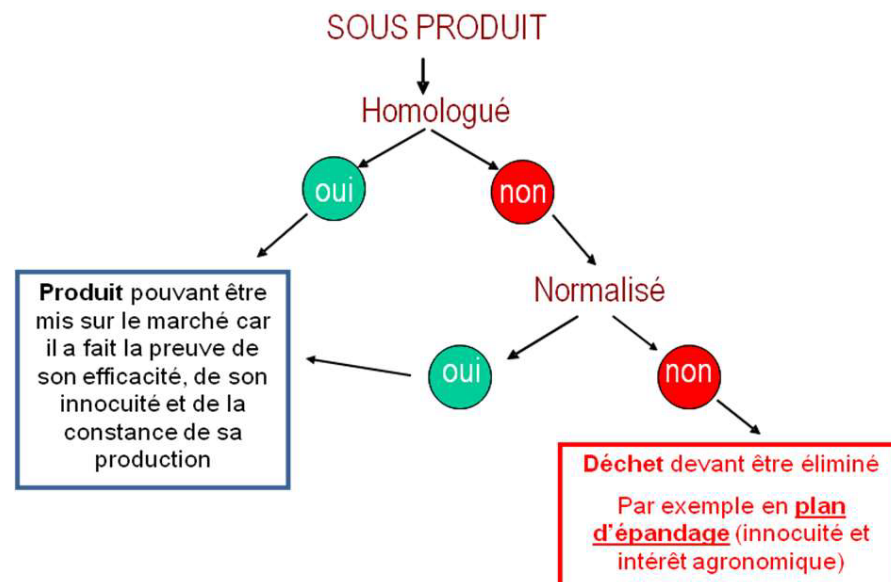
Filière de construction de sol

Localisation + identification de gisements potentiels

- Acceptabilité des matériaux
- Sortie du cadre de déchets
- Intérêt économique en pleine évolution
- Contexte du cas par cas, évaluer par rapport au ressources locales (ex : compost urbain)

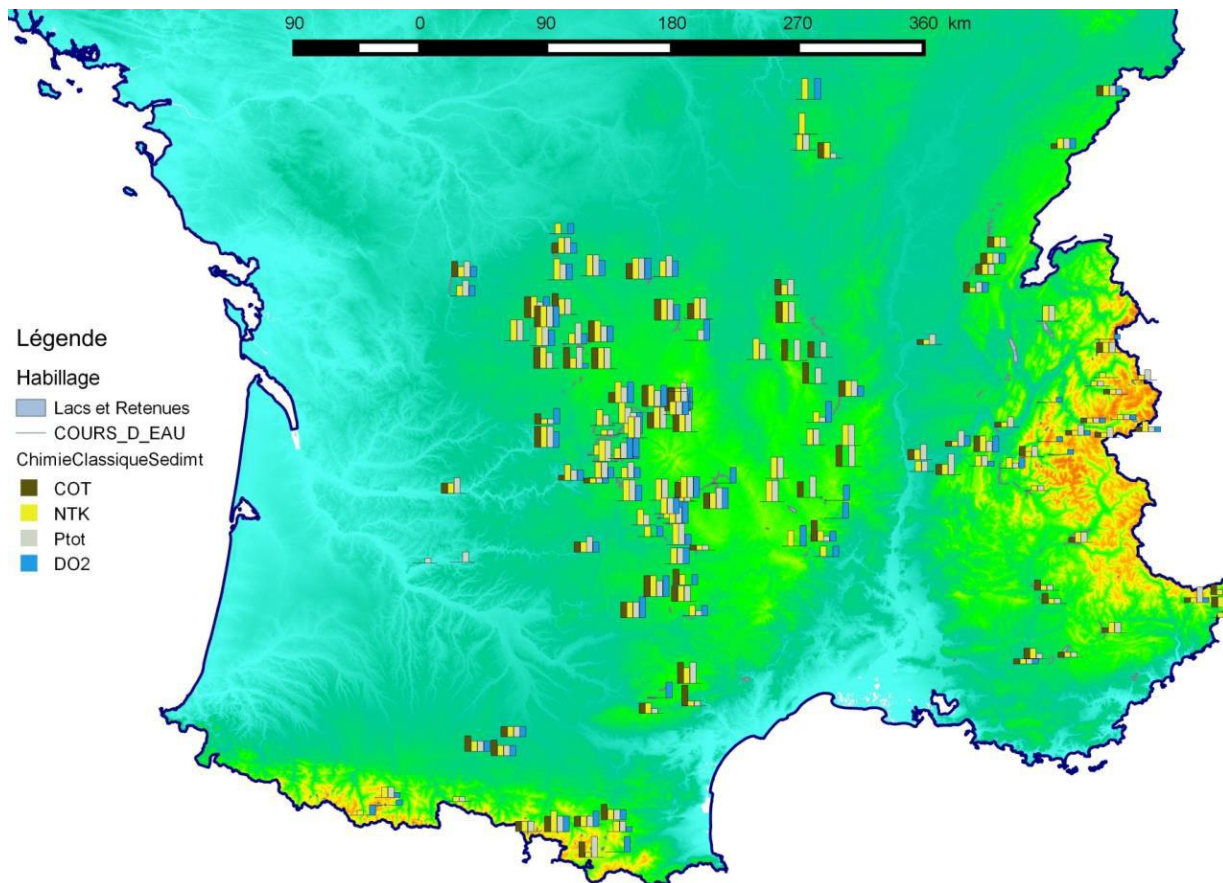
Cadre réglementaire restreint

- Notion dans le code rural : nécessité d'homologation des supports de culture
- Respect norme NF U44-551



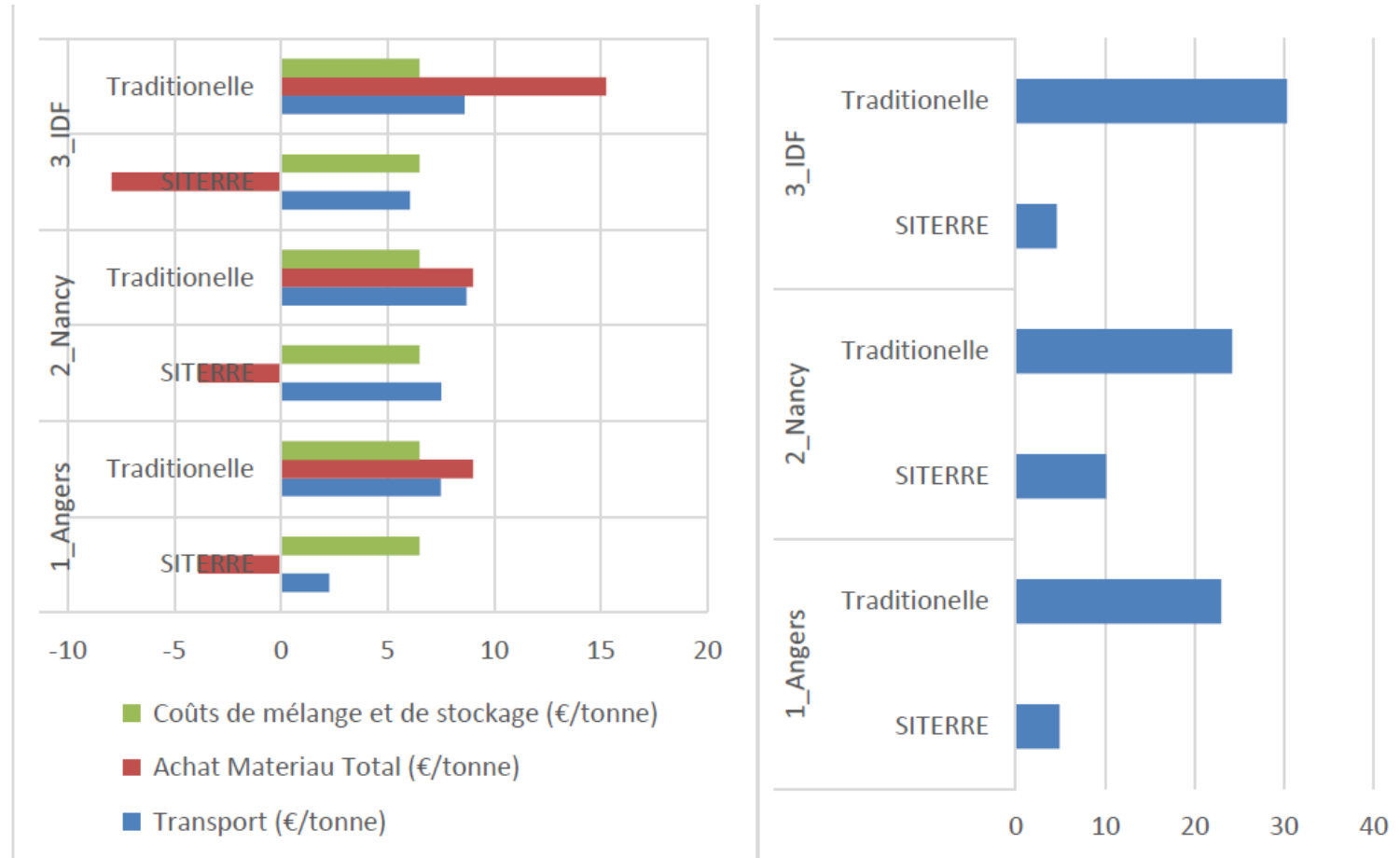
Gisements ?

Exemple de la provenance des gisements de sédiments de dragage (source EDF)



Evaluation d'une filière

Résultats d'une évaluation de structuration des coûts pour la mise en œuvre d'un horizon de croissance



La suite : sites pilotes et filières

SITERRE

Inventaire des matériaux

Evaluation des propriétés
agronomiques

Evaluation
environnementale

Outil d'aide à la décision

Matériau 1

Matériau 2

Matériau composite

Essais lysimétriques



Validation à échelle du site pilote
Finalisation de l'outil d'aide à la
décision

Suivi et évolution des sites pilote
Observatoire des

La suite : sites pilotes et filières

Objectifs :

- Finalisation et formalisation de l'outil d'aide à la décision
- Mise en œuvre d'essais réels sur le terrain
- Evaluation de l'évolution de la fonctionnalisation des sols construits
- Analyse du cycle des matériaux et de l'empreinte environnemental du procédé
- Diagnostic de l'innocuité des dispositifs et de la performance à rendre différents services ciblés (ex : support de culture)

Merci de votre attention

LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE
13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



QUAND LES TALENTS
GRANDISSENT,
LES COLLECTIVITÉS
PROGRESSENT