



Le diagnostic agro-pédo-biologique dans le cadre de projets d'aménagement

Evaluation des potentialités écologiques des sols
pour un aménagement durable

Quentin VINCENT (q.vincent@eodd.fr)

Directeur du Pôle Sols Vivants – EODD ingénieurs conseils

**Sous-estimation des sols :**

Les projets d'aménagement négligent souvent les fonctions écologiques des sols en se focalisant sur les enjeux de pollution.

**Rôles essentiels :**

Fertilité, stockage du carbone, biodiversité, régulation hydrique

**Évaluation complexe :**

Absence de méthodologies harmonisées et sols hétérogènes

**Intégration nécessaire :**

Importance d'intégrer les métiers de l'écologie des sols



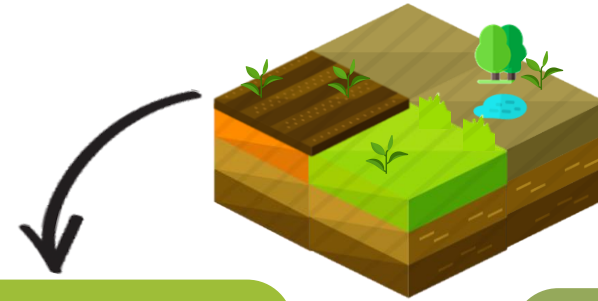
10/20 cm –
à plusieurs mètres

Le sol, c'est un apport de matières organiques par la surface et de minéral par la profondeur



0,05 mm/an

C'est la quantité de sol formé par an en moyenne. Il faut donc, pour un sol moyennement profond (1m à 1m50) environ 10 000 à 100 000 ans pour le former.



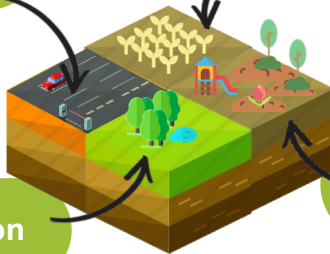
Diagnosics de la qualité des sols
et préconisations opérationnelles

PROJETS RÉCURRENTS

PROJETS DURABLES

Agriculture en milieu
contaminé/peu fertile

Sols fertiles
bétonnés

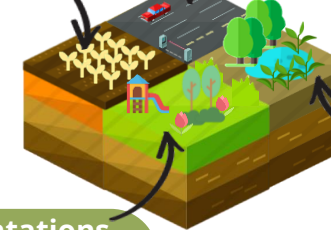


Apport de terres
naturelles
pour fertiliser

Croissance des
plantes et régulation
de l'eau limitées

Conserver
les sols fertiles
pour l'agriculture

Identifier les sols à
faibles potentiels et revaloriser
les terres excavées



Favoriser
les potentialités
des sols existants
et leurs
biodiversités

Adapter les plantations
à la qualité du sol
existant

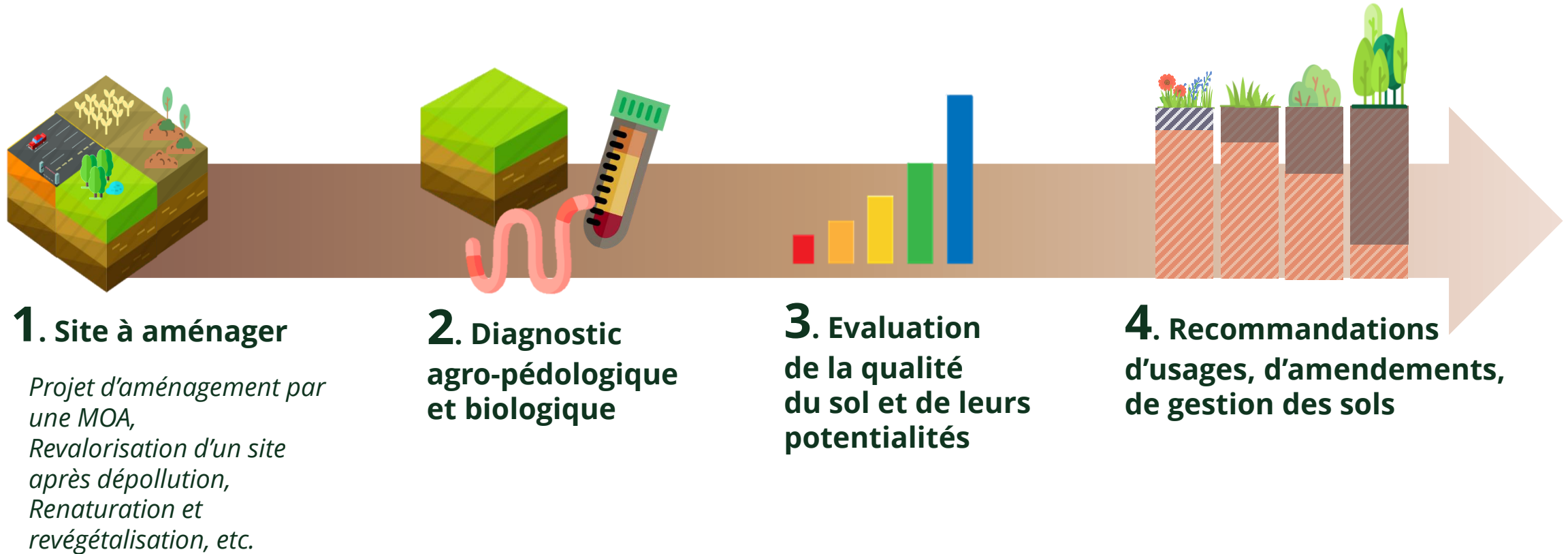
IMPACTS ÉCONOMIQUE ET ÉCOLOGIQUE

PRÉSERVATION DES POTENTIALITÉS DES SOLS ET GAIN ÉCONOMIQUE DU PROJET

90% des déchets sont issus de projets urbains

30% des dépenses en phase chantier sont associées à la gestion des terres

Des millions d'euros / an



1. Le diagnostic agro-pédo-biologique: c'est quoi ?



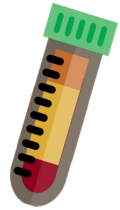
Diagnostic pédologique



Ouverture de fosses pédo.



Sondages pédologiques



Diagnostic agronomique

RESULTATS DES ANALYSES				
PARAMETRE ANALYSE	Method	RESULTAT	Unité	Interprétations et commentaires
ANALYSES PHYSIQUES ET DE CONSTITUTION DU SOL				
Capacité d'échange cationique-CEC	NF 931-130	14,2	cmol+/kg	FAIBLE MOYEN ELEVE
Matières organiques (C x 1,72)	Calcul	2,32	%	
Argiles (0 à 2 µm)		25,6		
Limons fins (2 à 20 µm)		38,6		Texture du sol : Limon argileux
Limons grossiers (20 à 50 µm)	NF 931-017	27,7	%	
Sables fins (50 à 200 µm)		4,4		
Sables grossiers (200 à 2000 µm)		3,7		
Carbonates/calcaire total (CaCO ₃ total)	NF 930-1003	1,0	%	
Indice de battance (IB)	Calcul	1,4	-	Sol sans risque de battance
Carbone organique (COT)	NF 930-14235	1,35	%	La teneur en MO étant faible, pensez à restituer au maximum possible les pailles.
Azote total Kjeldhal (NTK)	NF 930-12261	0,14	%	
Rapport C/N	Calcul	9,6	-	C/N favorable.
ANALYSES CHIMIQUES/FERTILITE CHIMIQUE DU SOL				
pH eau	NF 930-20069	8,1	-	INSUFFISANT SATISFAISANT ELEVE
Taux de saturation total (somme cat. éch/CEC)	Calcul	155,0	%	
Phosphore assimilable P ₂ O ₅ Olsen	NF 930-12268	0,028	g/kg (%)	
Potasse échangeable K ₂ O éch.		0,212		
Magnésie échangeable MgO éch.	NF 931-208	1,017	g/kg (%)	
Chaux échangeable CaO éch.		4,59		
Oxyde de sodium échangeable Na ₂ O éch.		0,032		
rapport MgO/K ₂ O	Calcul	4,81	-	

Paramètres mesurés en laboratoire



Diagnostic biologique



Vers de terre

Micro-organismes



Macrofaune



Collemboles



QUALITE ET POTENTIALITES DES SOLS



Diagnostic pédologique



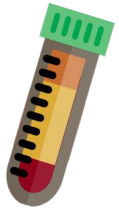
Sondages à la tarière



Ouverture d'une fosse pédologique à la mini-pelle



Indicateurs	Horizon 1	Horizon 2
Limite inférieure (cm)		
Texture		
Structure		
Compacité		
Couleur		
Éléments grossiers (EG)		
Nature des EG		
Artéfacts		
Nature des Artéfacts		
Traces d'hydromorphie		
Activité biologique		
Traces de pollution		
Odeur		
pH		
Calcaire		



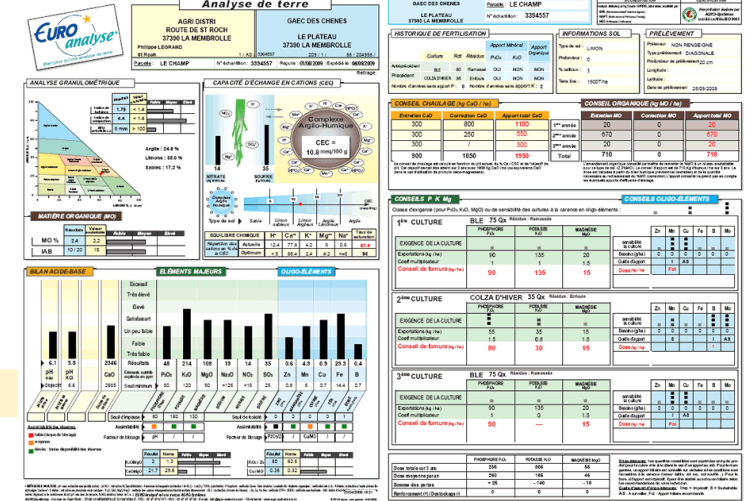
Diagnostic agronomique



Échantillonnage



Analyses en laboratoire



Interprétation individuelle de la fertilité agronomique

Éléments majeurs disponibles

Sondage	Horizon	pH	Matières organiques	Azote total	Rapport Corg/Ntot	K	Mg	Ca	Na	P	CEC	Taux de saturation	Calcaire total	Argiles	Limons	Sables	Texture
			g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	cmol.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	%	%	(GEPRA)
		8,5	2,3	0,16	8,3	0,1	0,1	9	0,02	8	7,9	417	24	16	52	32	limon sablo-argileux
		8,8	0,7	0,06	6,1	0,0	0,1	8	0,01	6	2,8	1062	22	10	21	70	sableux
		8,8	1,0	0,08	7,4	0,0	0,1	8	0,02	4	4,3	718	21	9	30	61	sable limoneux
		9,7	0,4	0,05	5,0	0,0	0,1	8	0,37	6	2,6	1139	27	8	18	75	sableux
		8,5	1,9	0,14	8,0	0,3	0,1	9	0,15	80	7,2	454	25	14	49	37	limon sablo-argileux
		8,6	2,5	0,17	8,5	0,4	0,1	9	0,15	84	9,1	369	25	17	58	26	limon sablo-argileux
		9,0	3,0	0,05	39,3	0,0	0,1	7	0,01	5	0,8	3349	22	3	12	85	sable
		9,0	0,4	0,04	7,2	0,0	0,1	8	0,01	4	1,5	1889	24	4	9	87	sable
		9,0	0,8	0,07	7,4	0,1	0,0	8	0,01	7	2,8	1053	24	6	25	68	sableux
		8,5	0,6	0,06	5,5	0,0	0,3	8	0,06	8	4,2	762	21	13	23	65	sable argileux
		8,9	0,3	0,04	5,3	0,0	0,1	7	0,04	10	1,3	2009	22	2	11	88	sable
		8,8	0,3	0,03	4,8	0,0	0,1	8	0,07	5	0,4	6985	16	3	10	87	sable
		8,5	2,7	0,17	9,0	0,1	0,1	9	0,02	9	8,2	404	24	14	54	33	limon sablo-argileux
		8,9	0,8	0,06	7,7	0,0	0,1	8	0,01	7	2,0	1372	24	3	23	75	sable
		9,0	0,6	0,04	9,7	0,0	0,1	8	0,01	5	3,0	995	18	7	18	75	sableux
		8,9	0,4	0,04	5,4	0,1	0,1	8	0,01	7	2,2	1295	16	7	20	73	sableux
		9,1	0,2	0,03	3,0	0,0	0,1	8	0,01	6	1,2	2302	29	1	8	91	sable
		9,2	1,0	0,05	12,3	0,0	0,1	7	0,01	8	0,9	2908	22	1	11	88	sable
		8,9	1,1	0,04	16,1	0,0	0,1	8	0,01	8	1,2	2335	14	3	12	85	sable

LEGENDE

Texture, pH, C/N, Calcaire total et Na

- Défavorable
- Peu favorable
- Modérément favorable
- Favorable
- Très favorable

Autres paramètres

- Très faible
- Faible
- Modéré
- Elevé
- Très élevé

SOURCES

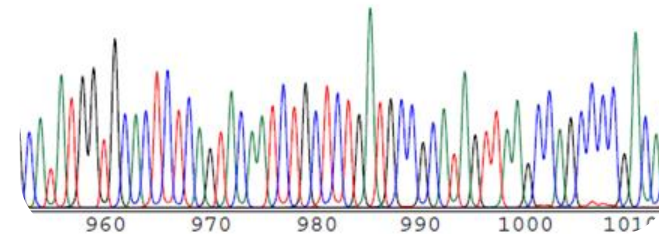
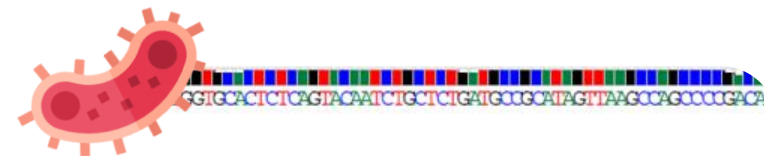
pH Séré, et al
Matières organiques Séré, et al



Suivi de la **macrofaune du sol** : bloc de sol trié manuellement (méthode TSBF), détermination *in situ* avec un quadrat (RMQS-actif), et Pièges Barber

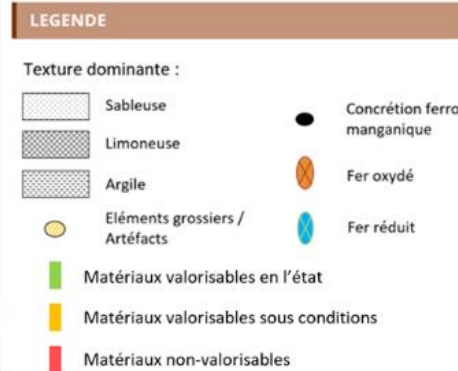
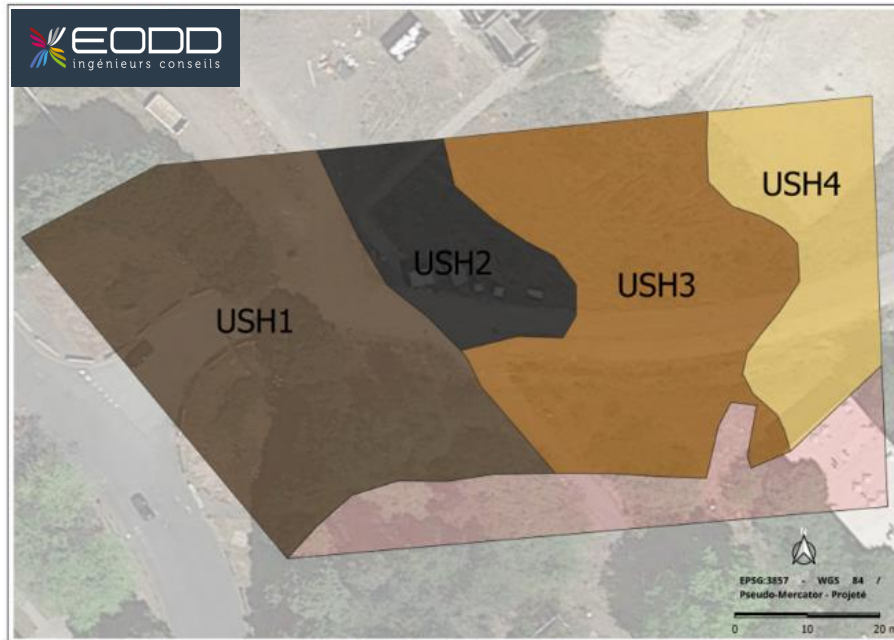
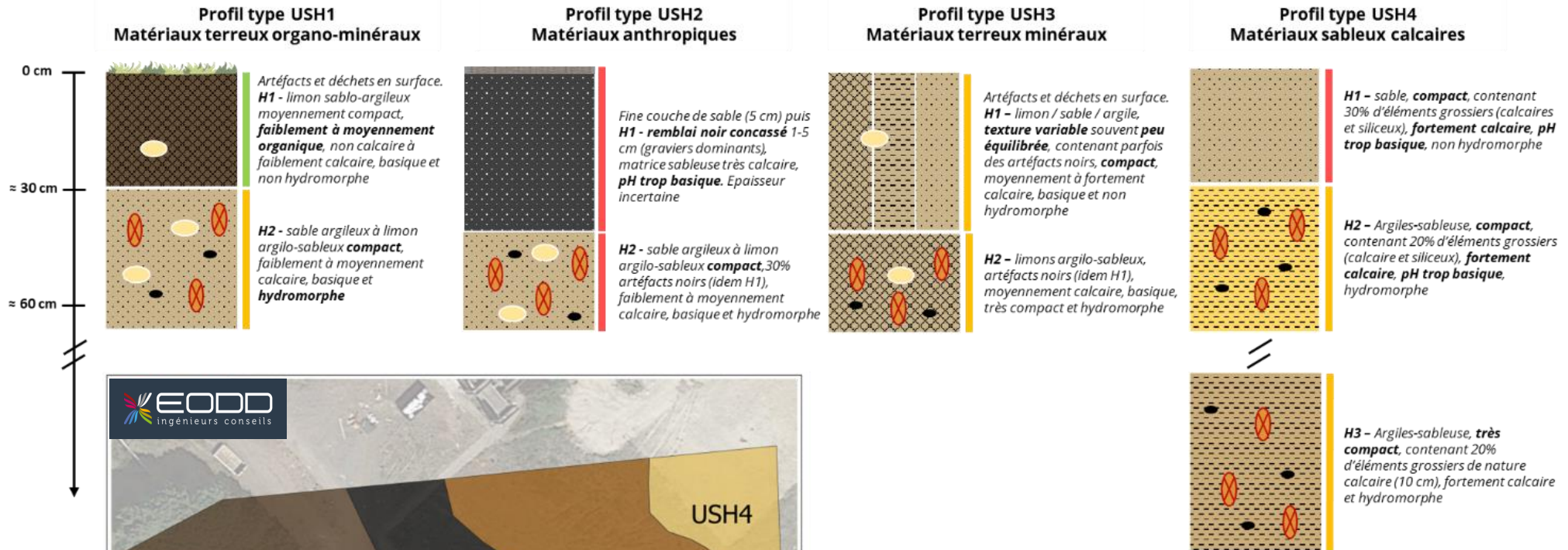


Extraction au MacFadyen (ou Berlèse) et identification au microscope de la **mésafaune**



Séquençage, études de la biomasse et de l'activité des **micro-organismes**

2. Traduire ses paramètres agro-pédo-biologique



Maxi	Appellation granulométrique*	Mini
20 cm	Cailloux	2 cm
2 cm	Graviers	2 mm
2 mm	Sables	50 µm
50 µm	Limons	2 µm
2 µm	Argiles	/

D'après la norme française NF P18-560 sur la classe granulométrique des matériaux

AGRI'SOL®



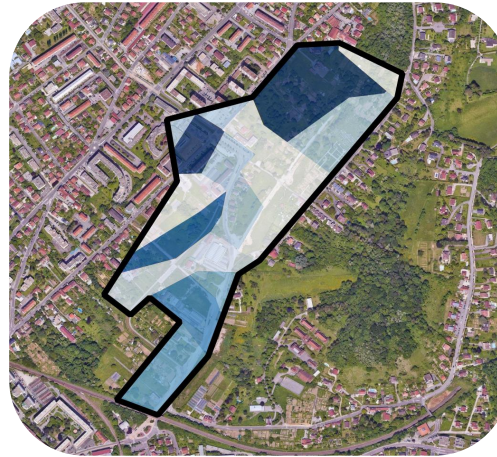
BIODIV'SOL



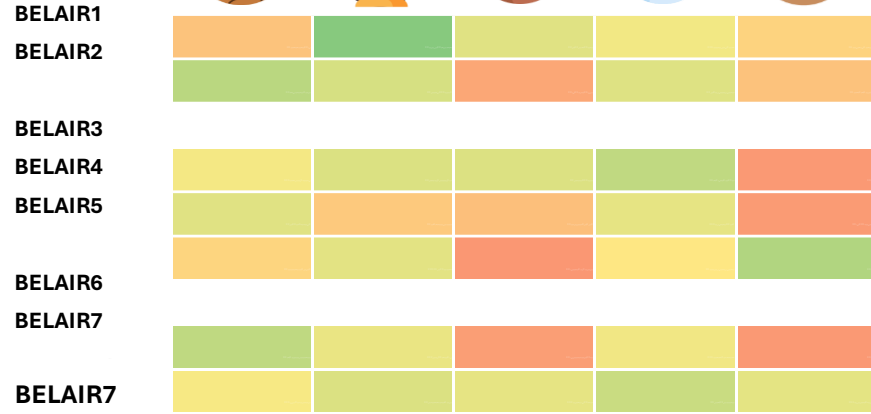
AQUA'SOL



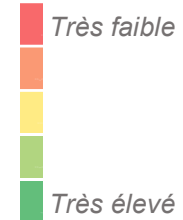
CARBO'SOL®



AGRI'SOL



LEGENDE



- Ancrage racinaire
- Equilibre des nutriments
- Nutriments et cycle des éléments
- Capacité de stockage des nutriments
- Rétention en eau

Caractérisation des terres

selon la norme NF U44-551

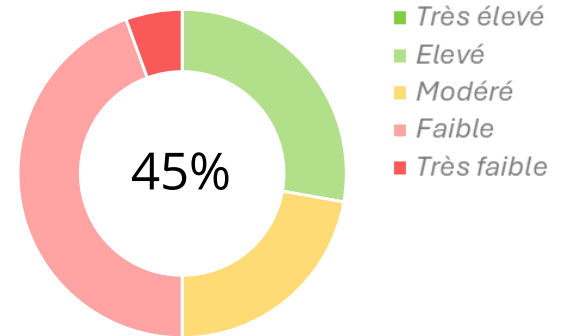
Sondage	Horizon	Terre de support	Terre végétale	Substrat minéral
SOL1	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL1	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL2	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL2	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL3	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL3	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL4	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL4	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL5	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL5	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL6	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL6	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée

Fertilité paysagère des horizons

Sondage	Horizon	Horizon de croissance	Horizon technique	Horizon squelette
SOL1	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL1	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL2	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL2	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL3	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL3	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL4	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL4	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL5	H1	Très élevée	Très élevée	Très élevée
SOL5	H2	Très élevée	Très élevée	Très élevée



Potentiel agropédologique des sols



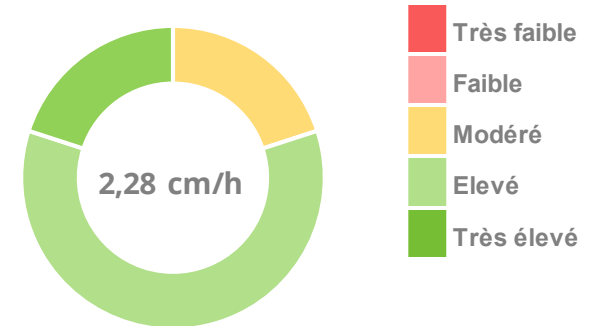
AQUA'SOL



Potentiel d'infiltration des sols

- COMESAQ-T ■ Elevé
- COMESAQ-TG ■ Elevé
- COMESAQ-SG ■ Modéré
- COMESAQ-S1 ■ Modéré
- COMESAQ-S2 ■ Modéré

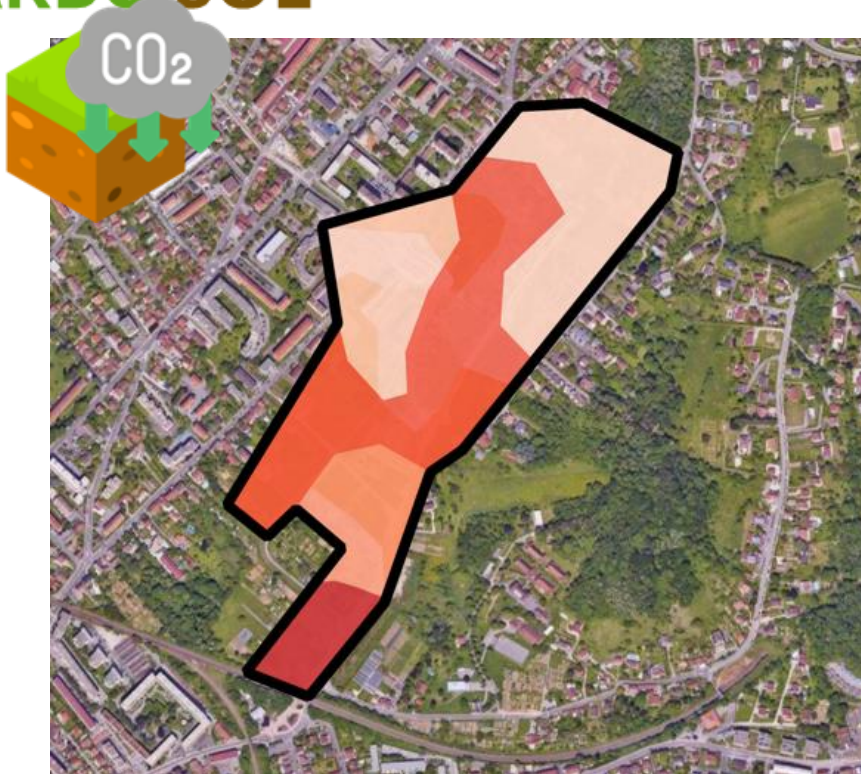
Perméabilité des sols



Risque de battance



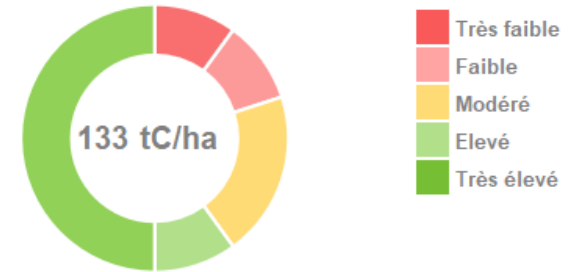
CARBO'SOL[®]



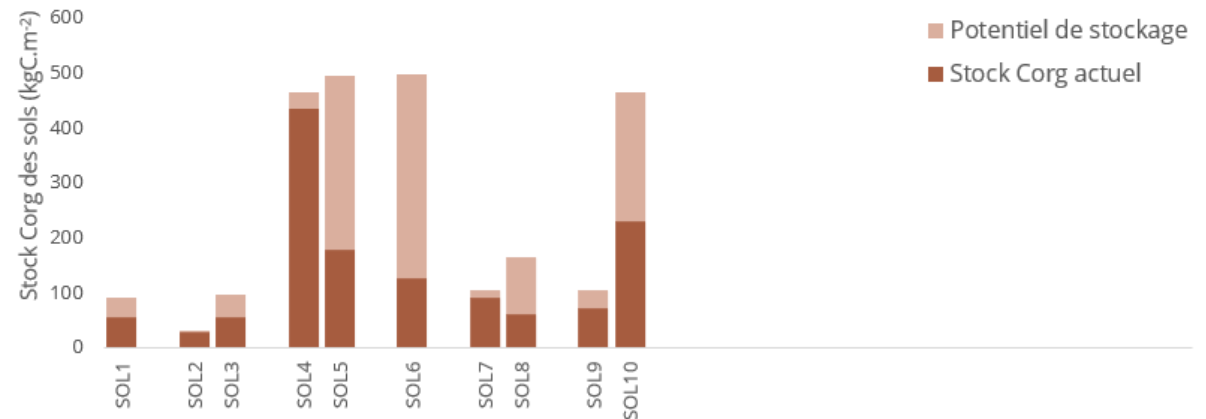
Stock de carbone du sol

SOL1	Faible	H1
SOL2	Très faible	H1
SOL3	Modéré	H1
SOL4	Très élevé	H1
SOL5	Très élevé	H1
SOL6	Très élevé	H1
SOL7	Très élevé	H1
SOL8	Modéré	H1
		H2

Stock de carbone du sol à l'échelle du site



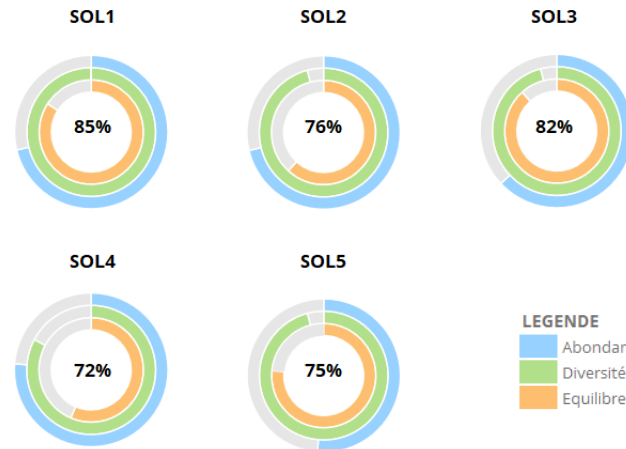
Stock réel de carbone organique VS potentiel de stockage



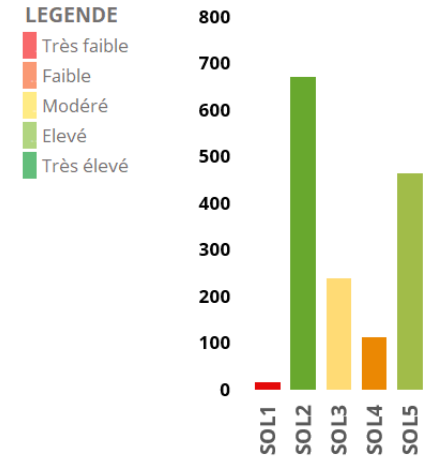
BIODIV'SOL



Niveaux biologiques de la macrofaune épigée

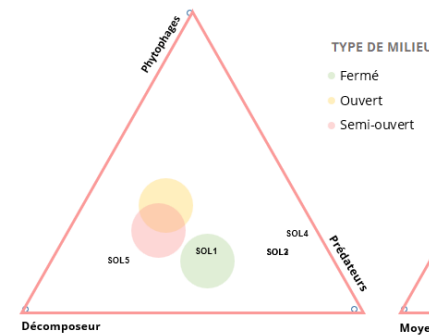


Densité lombricienne (nbr ind./m²)

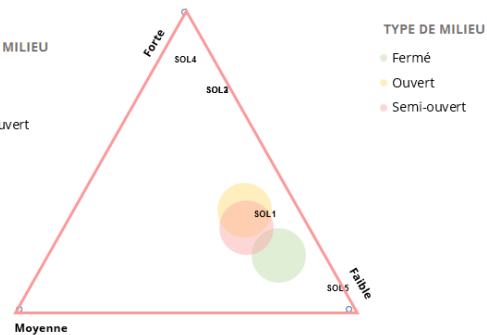


Composition trophique et de capacité de dispersion des communautés de la macrofaune épigée

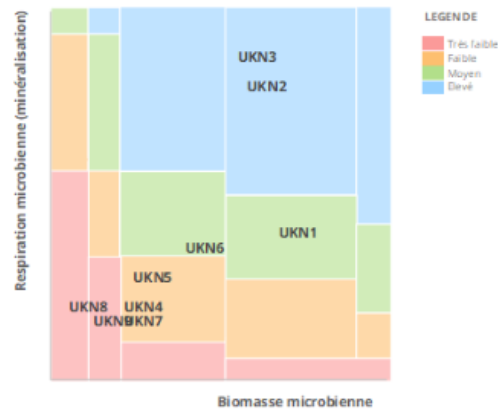
Régime alimentaire



Capacité de dispersion



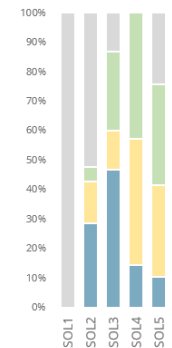
Indicateurs microbiens



Catégories éco-morphologiques des lombrics

LEGENDE

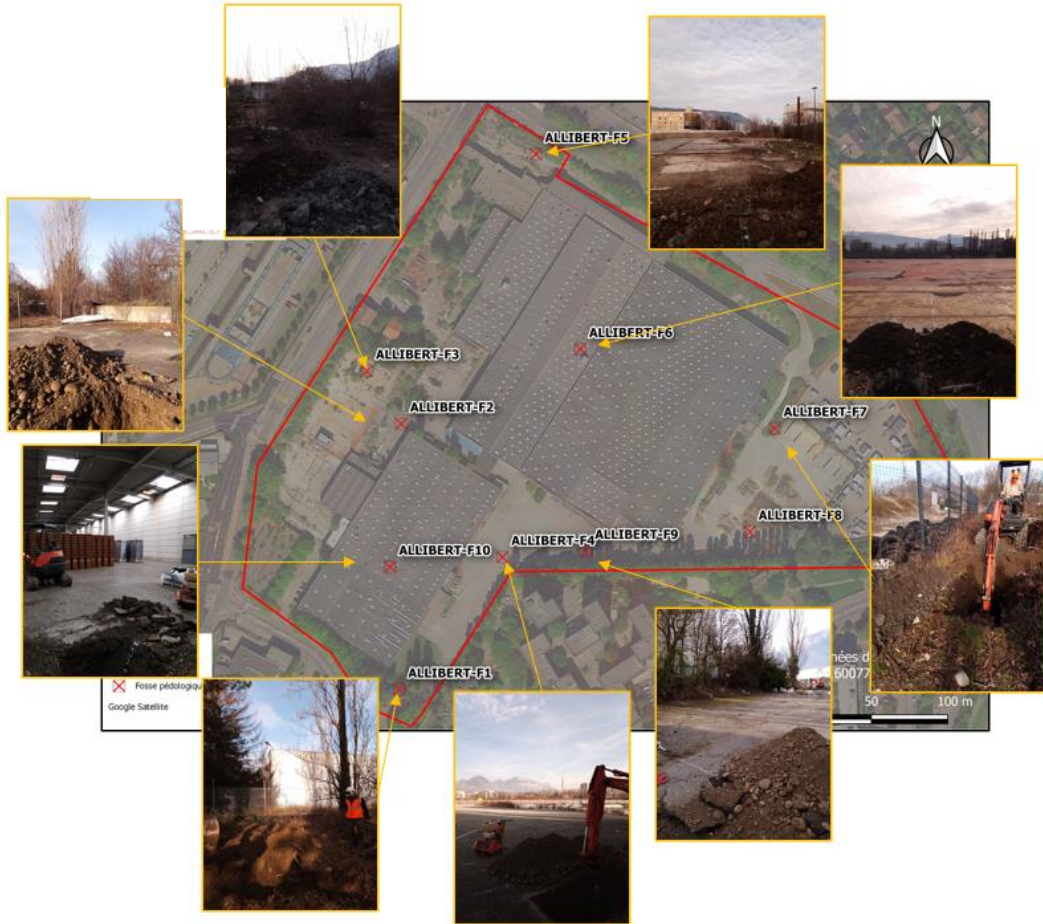
- Epigée
- Endogée
- Anécique
- Juvenile



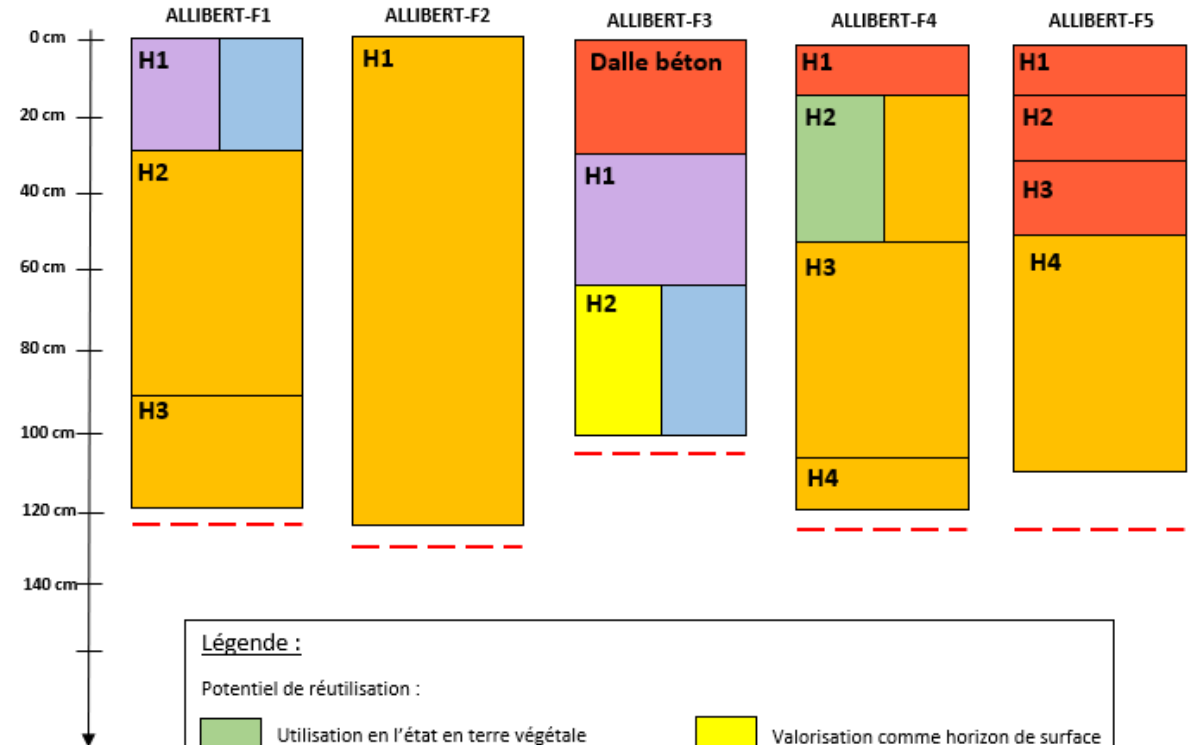
3. Passer à la recommandation opérationnelle



Revalorisation des terres pour créer des sols fonctionnels [pour l'aménagement paysager]



Potentiel de réutilisation des différents horizons



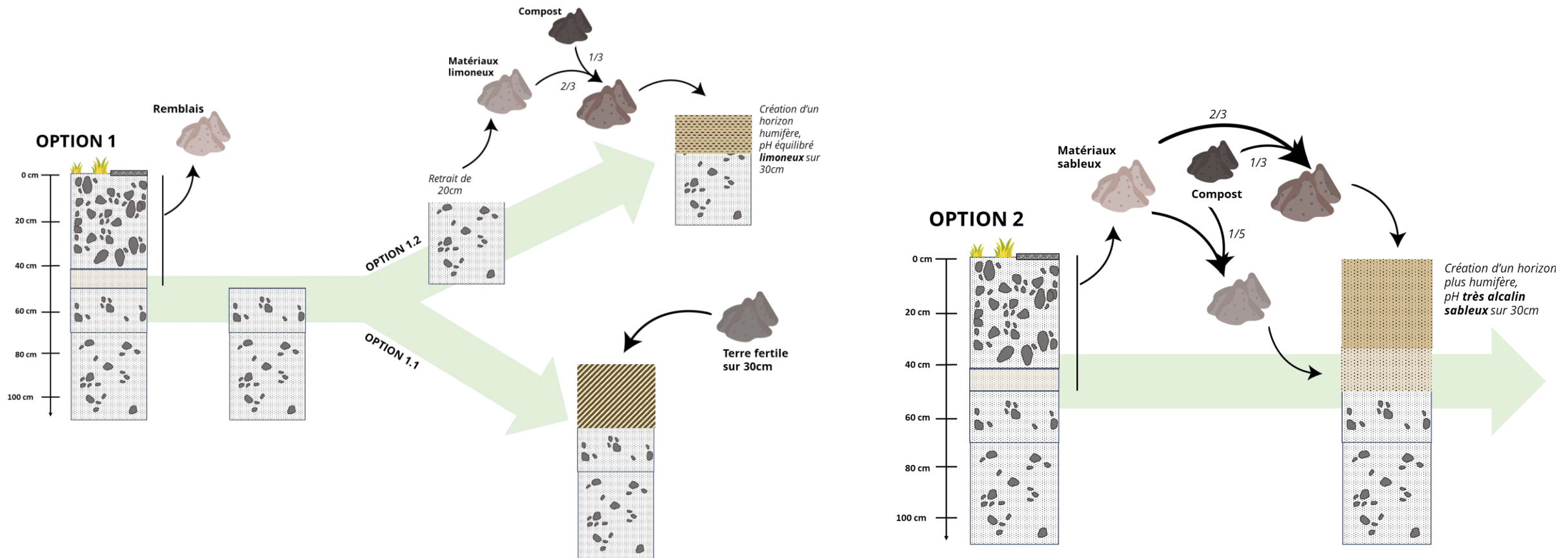
Légende :

Potentiel de réutilisation :

Utilisation en l'état en terre végétale	Valorisation comme horizon de surface
Utilisation en l'état en terre de support	Valorisation comme horizon profond
Utilisation en l'état comme substrat minéral	À enlever
Fond de fosse	



Revalorisation des terres pour créer des sols fonctionnels [pour l'aménagement paysager ou écologique]



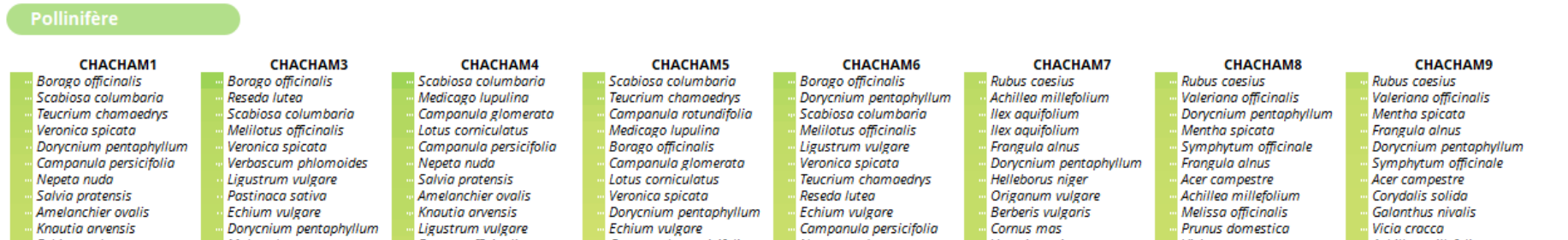
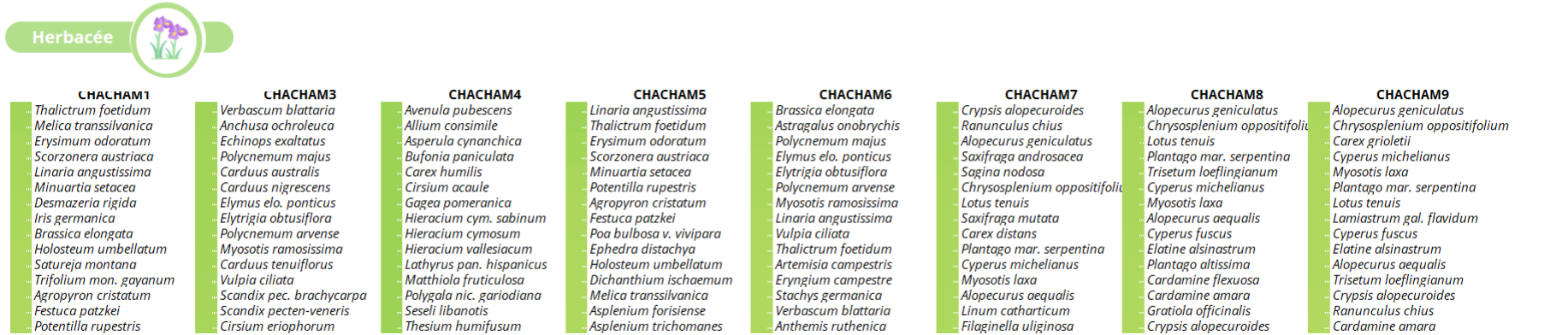
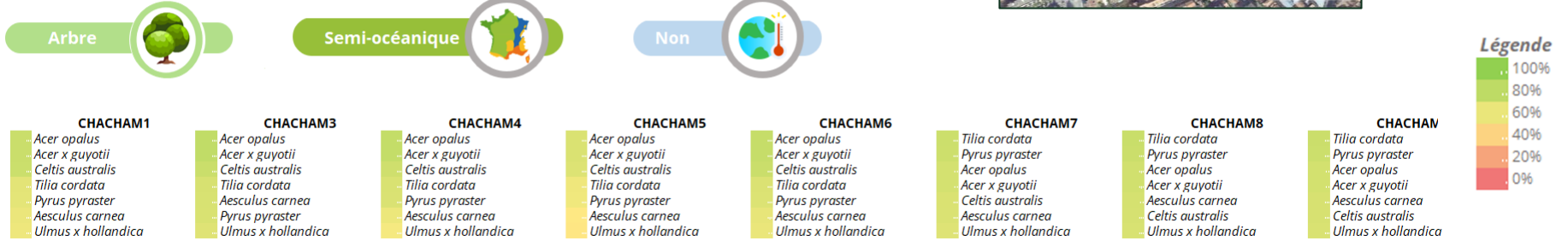


Choisir la palette végétale adaptée aux sols (et non l'inverse !)

PLANTA'SOL®



Liste des plantes compatibles avec les sols



Calcul des taux de compatibilité des sols à l'échelle du site selon la strate végétale ou son "usage".



Orienter le projet vers la création d'un milieu d'intérêt écologique par les sols

PLANTA'SOL®



Pelouses sèches calcaires

EUNIS2012 E1.2/3 – CB 34.3 – EUNIS2022 R1-A/B

Fiche 7



GRECO B à J Climat montagnard, méditerranéen, continental
Milieu ouvert sur substrat calcaire ou neutrophile, accueillant mélange d'espèces à affinité méridionale, calcicoles, semi-thermophiles. Pelouses pauvres en nutriments mais riches en bases et en espèces. Présence d'orchidées remarquables. Régression du milieu dû à la déprise agricole et sa gestion de type parcours.



Couverture pédologique

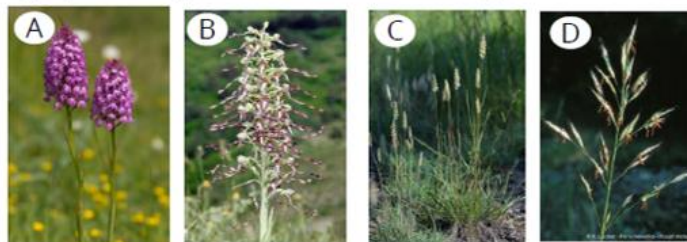
Calcisols, Fersialsols, Rendisols

Texture	Humidité	pH	Nutriments	Matière organique	Salinité	Carbonatation
Limons	Perxérophile	7.5-9	Peroligotrophe	Mull carbonaté	Non	Variable

Milieus et végétation associés

Pelouses calcaires vivaces à *Anacamptis pyramidalis* (A), *Himantoglossum hircinum* (B), *Koeleria vallesiana* (C), *Bromus erecta* (D)

Pelouses subteppique montagnarde à *Koeleria vallesiana* (C)



Pelouses et landes sèches acides

EUNIS2012 E1.7 à A, F4.2 – CB 31.2, 35.1/3/4, 64.1 – EUNIS2022 R1-H/P/Q/R, S4-2

Fiche 6



GRECO AFGHI Climat montagnard, méditerranéen, océanique
Milieux ouverts à semi-ouverts à faible productivité, soumis à des sécheresses régulières avec contrastes saisonniers. Pelouses sur sol sec et pauvre (et/ou pentu) bloquant l'évolution vers une forêt. Landes secondaires acides issues du défrichement agricole et maintenues par pâturages. L'enrichissement trophique augmente le nombre d'espèces mais élimine les communautés oligotrophe caractéristiques.



Couverture pédologique

Luvisol-rédoxisol, brunisol, alocrisol, lithosol
Substrat siliceux pauvre, bien drainés ou temporairement humides.

Texture	Humidité	pH	Nutriments	Matière organique	Salinité	Carbonatation
Sable fin à grossier	Xérophile Mésoxérophile	4-5	Peroligotrophe	Mull actif/acide à moder	Non	Non

Milieus et végétation associés

- Pelouses sèches acides non-méditerranéennes à *Nardus stricta* (A), *Agrostis capillaris* (B), *Sempervivum arachnoideum* (C) [E1.7]

- Pelouses sèches méditerranéennes à *Nardus stricta* (A) [E1.8]

- Landes sèches à *Calluna vulgaris* (D), *Erica cinerea* (E) [F4.2]



SOL & CO

Identification de zones prioritaires à aménager pour favoriser la Trame Brune

Outil de modélisation des réservoirs et des déplacements de trois groupes de la macrofaune épigée du sol.

Basé sur :

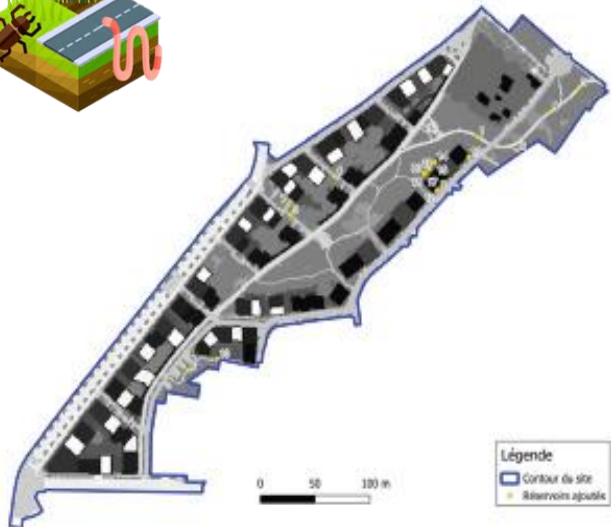
- La perméabilité des milieux
- La littérature scientifique
- L'analyse de plus de 300 inventaires dans toute la France



AVANT projet

APRES projet

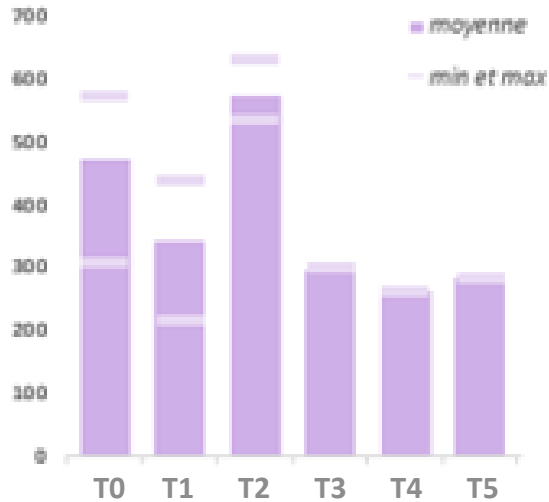
TRAMO'SOL



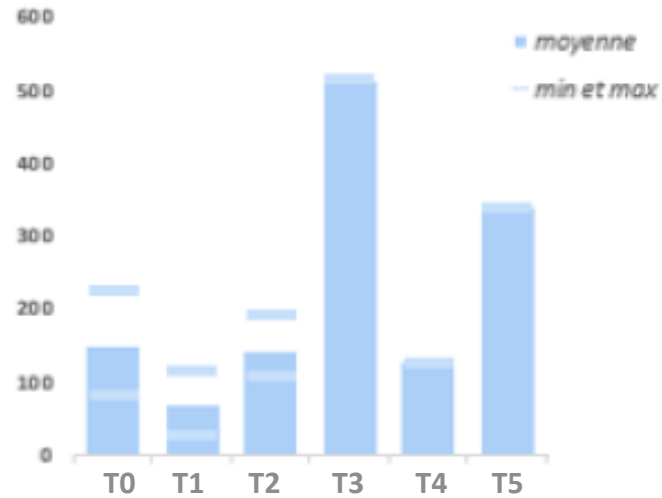


Société des Grands Projets TERRE UTILE

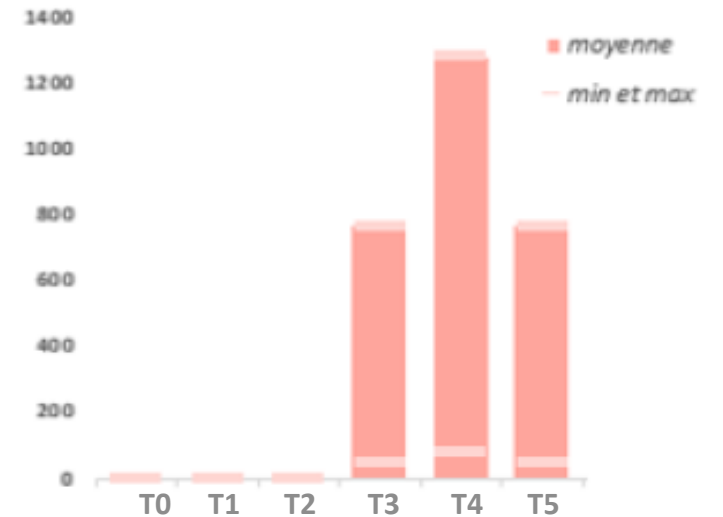
Biomasse microbienne (mgC/kg)



MACROFAUNE EPIGEE - Densité (nbr. individus/m²)



LOMBRICIENS - Densité (nbr. individus/m²)



Suivre l'évolution des potentiels agro-pédo-biologique des sols refunctionalisés



Le diagnostic agro-pédo-biologique dans le cadre de projets d'aménagement

Evaluation des potentialités écologiques des sols
pour un aménagement durable

Quentin VINCENT (q.vincent@eodd.fr)

Directeur du Pôle Sols Vivants – EODD ingénieurs conseils