



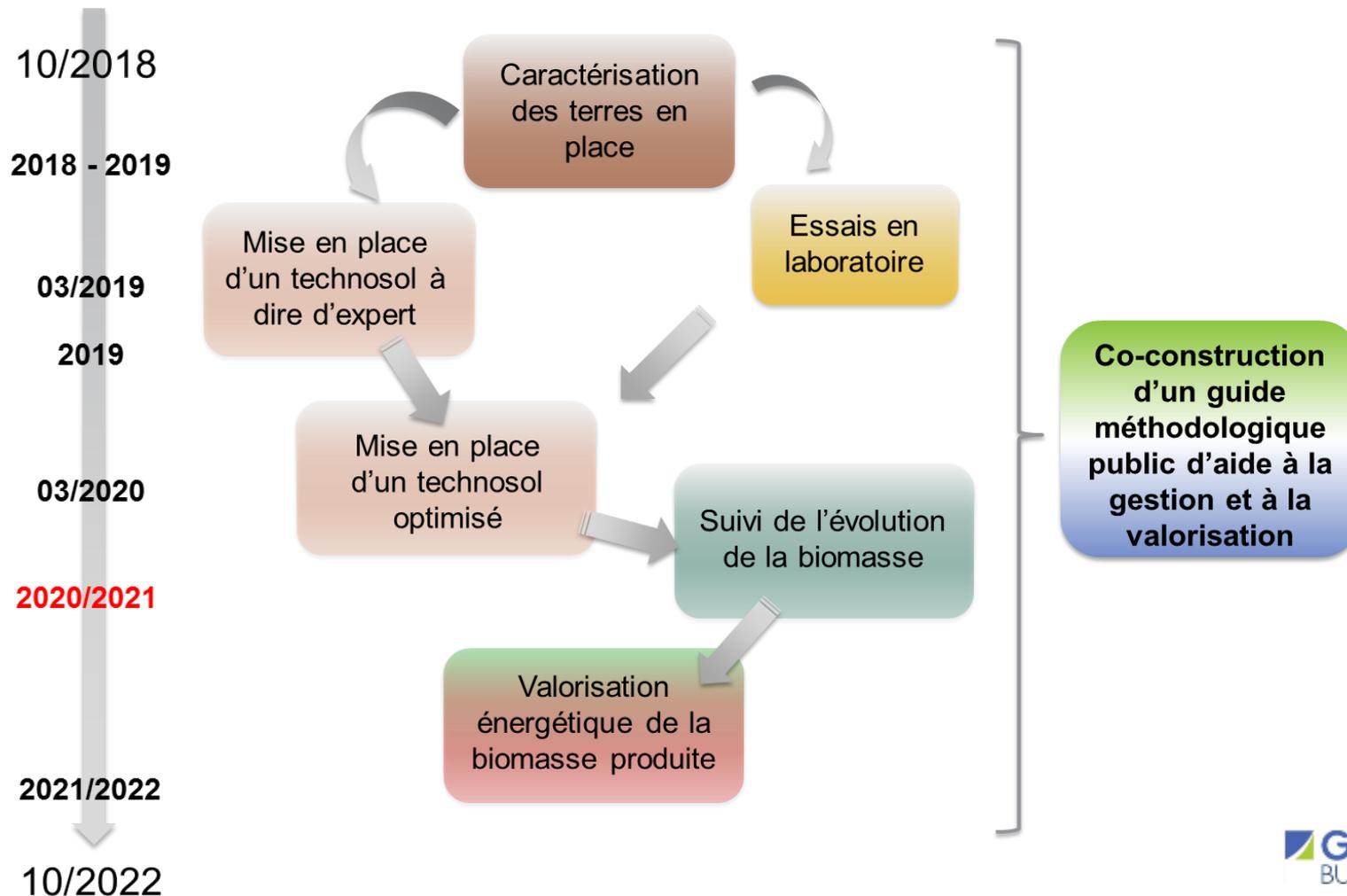
Projet BioSaine

Refonctionnalisation de sols biotraités en vue de la production d'une biomasse saine à vocation énergétique



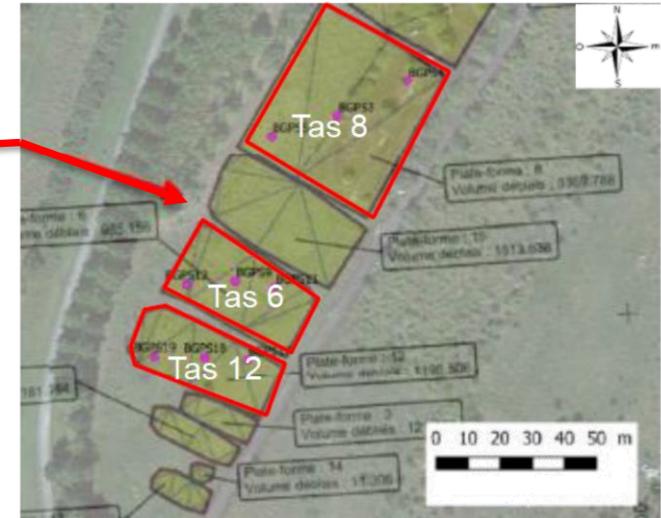
□ Présentation du projet

OBJECTIF: Développer une chaîne d'innovation permettant de passer d'un site industriel pollué à celui d'un site identifié positivement comme producteur de services pour les acteurs locaux.



2. Retour d'expérience

- Choix du matériau terreux
 - 3 andains de terres polluées excavées issues de travaux de déconstruction



- ⇒ Présence de polluants : teneurs relativement modérées, spatialement hétérogène
 - ⇒ ETM: Zinc ($< 300 \text{ mg kg}^{-1}$), Baryum ($< 100 \text{ mg kg}^{-1}$) et Plomb ($\sim 100 \text{ mg kg}^{-1}$)
 - ⇒ ISDI : Déchets Inertes: $\sum \text{HAP} < 50 \text{ mg kg}^{-1}$ et $\text{HCT} < 500 \text{ mg kg}^{-1}$
 - ⇒ ISDND : Déchets Non Dangereux: $\sum \text{HAP} < 500 \text{ mg kg}^{-1}$ et $\text{HCT} < 5000 \text{ mg kg}^{-1}$

- ⇒ Matériau sablo-limoneux, riche en MO
- ⇒ Très basique (~ 8.5) et très calcaire.
- ⇒ Rapport C/N anormalement élevé
- ⇒ Faibles teneurs en azote
- ⇒ Faible CEC.

Enjeu d'améliorer la fertilité et contenir la pollution plus que de la traiter

❑ Essais en laboratoire

- Essais en vase de végétation (16 semaines), avec le tas 8
- Essais de phytotoxicité de couvre-sols: laitue versus phacélie
- Biodisponibilité des polluants



Hostyn et al.: in prep

❑ Essais en laboratoire

• Essais en vases de végétation (16 semaines)

- Pas d'évolution à la baisse des contaminants du sol (pollution minérale et organique).
- Effet légèrement phytotoxique de la terre du tas 8 sur *Robinia pseudoacacia* et *Alnus incana*.
- Pas de mise en évidence *a priori* d'un effet de l'inoculation par des souches de champignons mycorhiziens.
- Pas d'accumulation d'ETM dans les parties aériennes des espèces végétales sélectionnées
- Faibles concentrations en Cu et en Zn

⇒ en cohérence avec l'objectif de production d'une biomasse saine

Hostyn et al.: in prep

• Biodisponibilité: polluants peu biodisponibles (DTPA)

⇒ Enjeu sur la fertilité, plutôt que sur la gestion de la pollution:

Nécessité d'améliorer et optimiser les fertilités chimiques et physiques

⇒ Pour la bonne implantation des végétaux

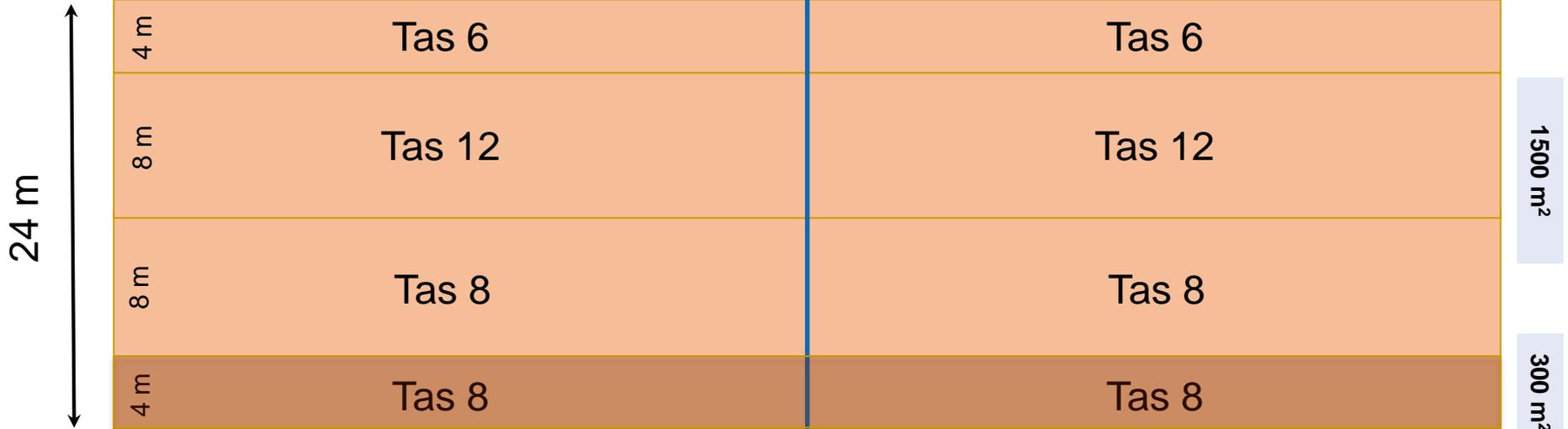
⇒ Pour la dégradation des polluants organiques par les micro-organismes

Ingénierie de formulation du technosol



1800 m²

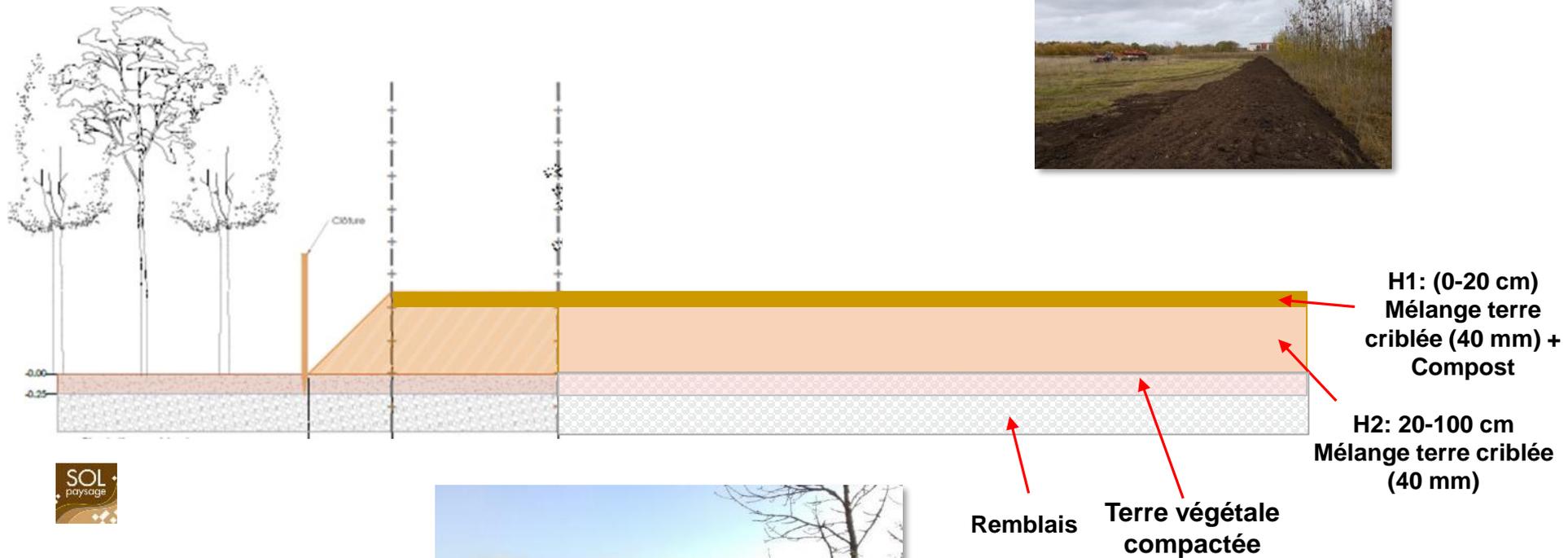
75 m



Amendement utilisé pour l'horizon de surface :
Compost de déchets verts répondant à la norme NF U 44-051

☐ Ingénierie de formulation du technosol

Fin 2018



Remblais

Terre végétale compactée

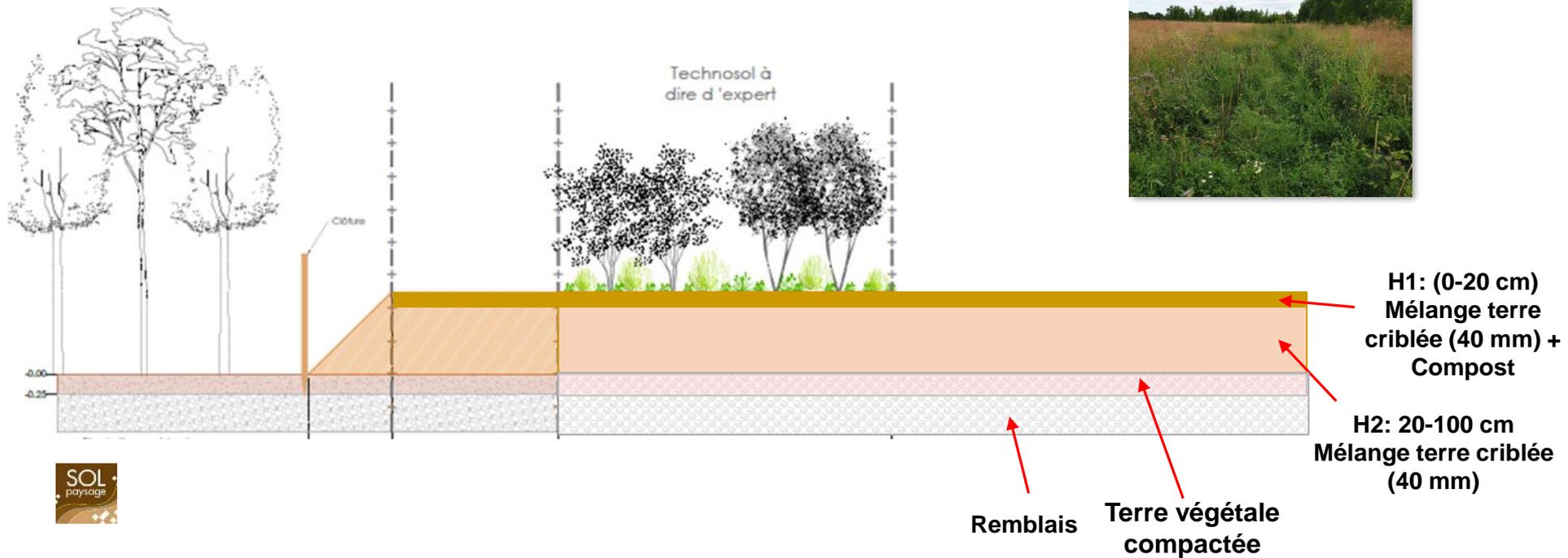
H1: (0-20 cm)
Mélange terre
criblée (40 mm) +
Compost

H2: 20-100 cm
Mélange terre criblée
(40 mm)

☐ Ingénierie de formulation du technosol

Fin 2018

Avril 2019



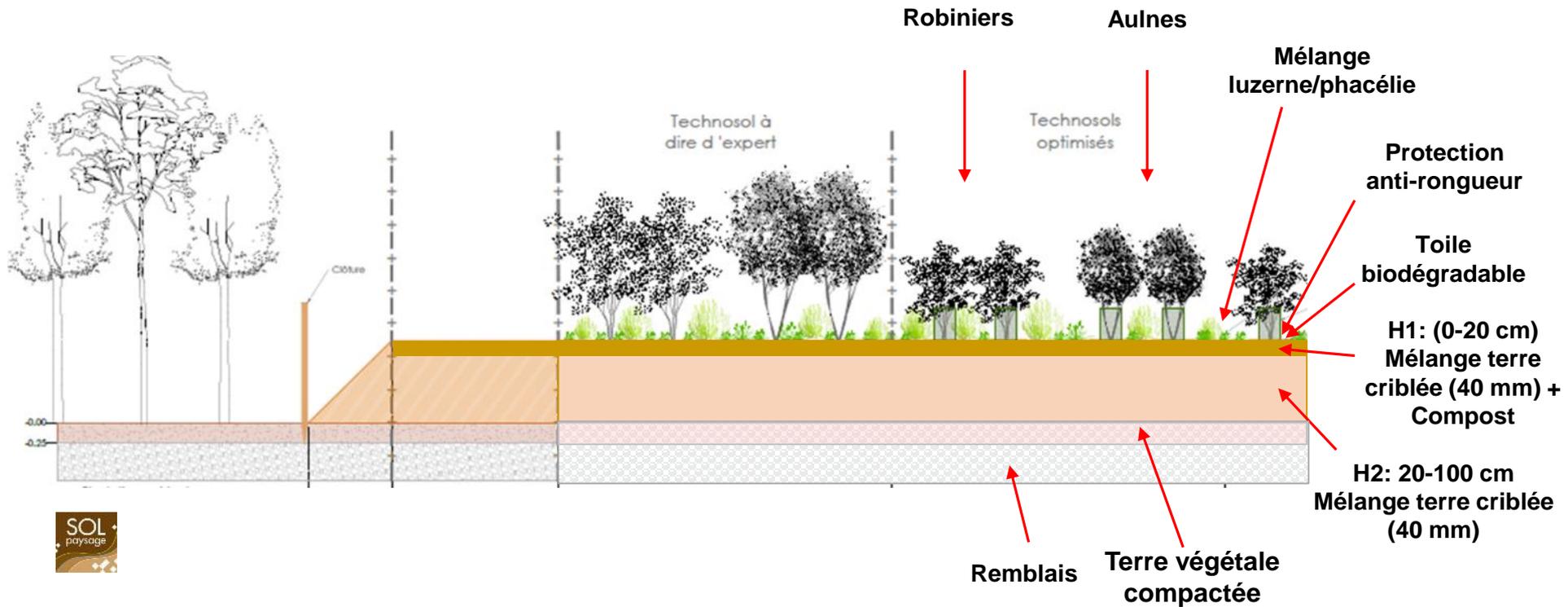
Parcelle test

☐ Ingénierie de formulation du technosol

Fin 2018

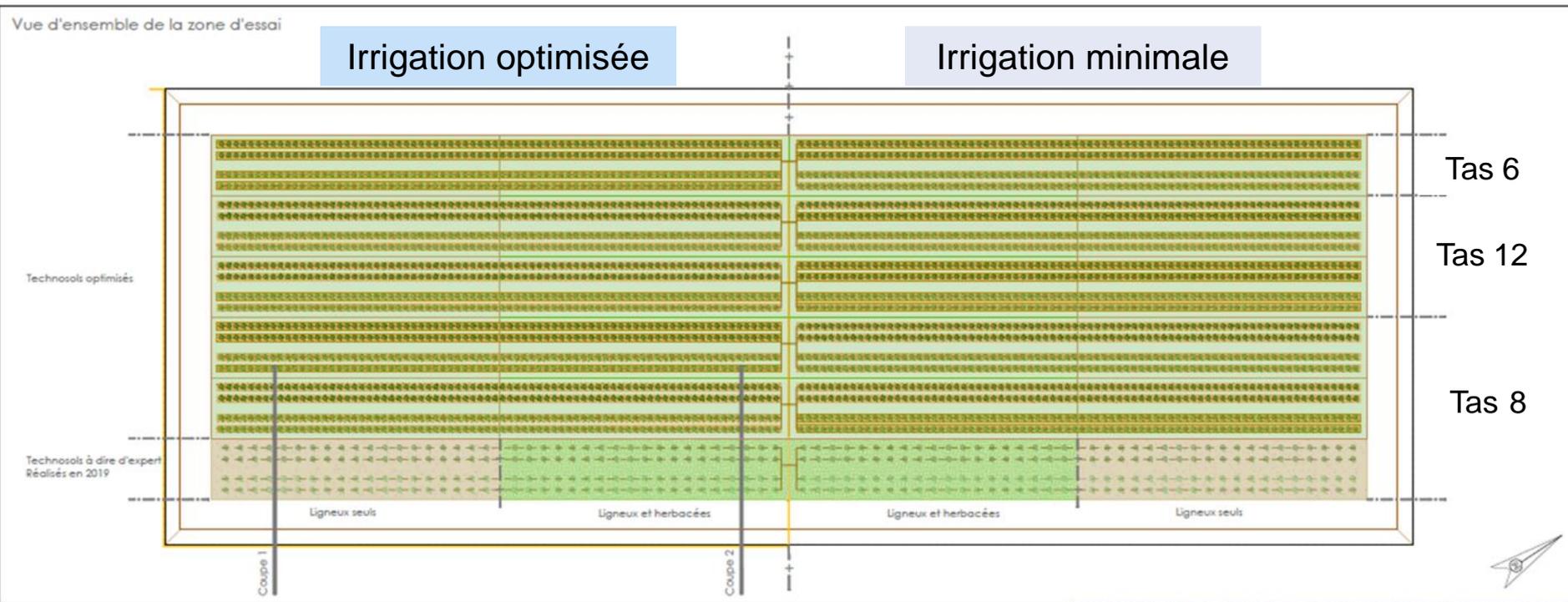
Avril 2019

Mars 2020



Parcelle à vocation de production de bois-énergie

Ingénierie de formulation du technosol



- **Densité ligneux : ~ 20 000 tiges / ha (TTCR)**
 - *Aulus incana*
 - *Robinia pseudoacacia*
- **Strate herbacée:**
 - *Phacelia tanacetifolia* (5 kg/ha)
 - *Medicago sativa*: Luzerne (15 kg/ha)



❑ Protocole de suivi du technosol optimisé

- Observations régulières sur site
- Campagnes de mesures:
 - Prélèvement de sols sur deux horizons à t0, t1, t2
 - Analyse des teneurs en polluants
 - Analyses agro-pédologiques
 - Prélèvement d'eau des bougies poreuses
 - Analyses ETM, TPH, HAP
 - Envol de poussières
 - Vols drone+microcapteur de PM
 - Mesure sur biomasse aérienne à t1, t2
 - Caractéristiques dendrométriques
 - Mortalité/vigueur
 - Recouvrement végétal
 - Recépage et test de production de biomasse brut à t2 (technosol test)
 - Poids humide / poids sec.



❑ Résultats

- Observations régulières sur site

1^{ère} saison de croissance du technosol optimisé



A ce stade: pas de système d'irrigation différenciée
=> **irrigation optimisée**

❑ Résultats

- Observations régulières sur site

1^{ère} saison de croissance du technosol optimisé

16 septembre 2020

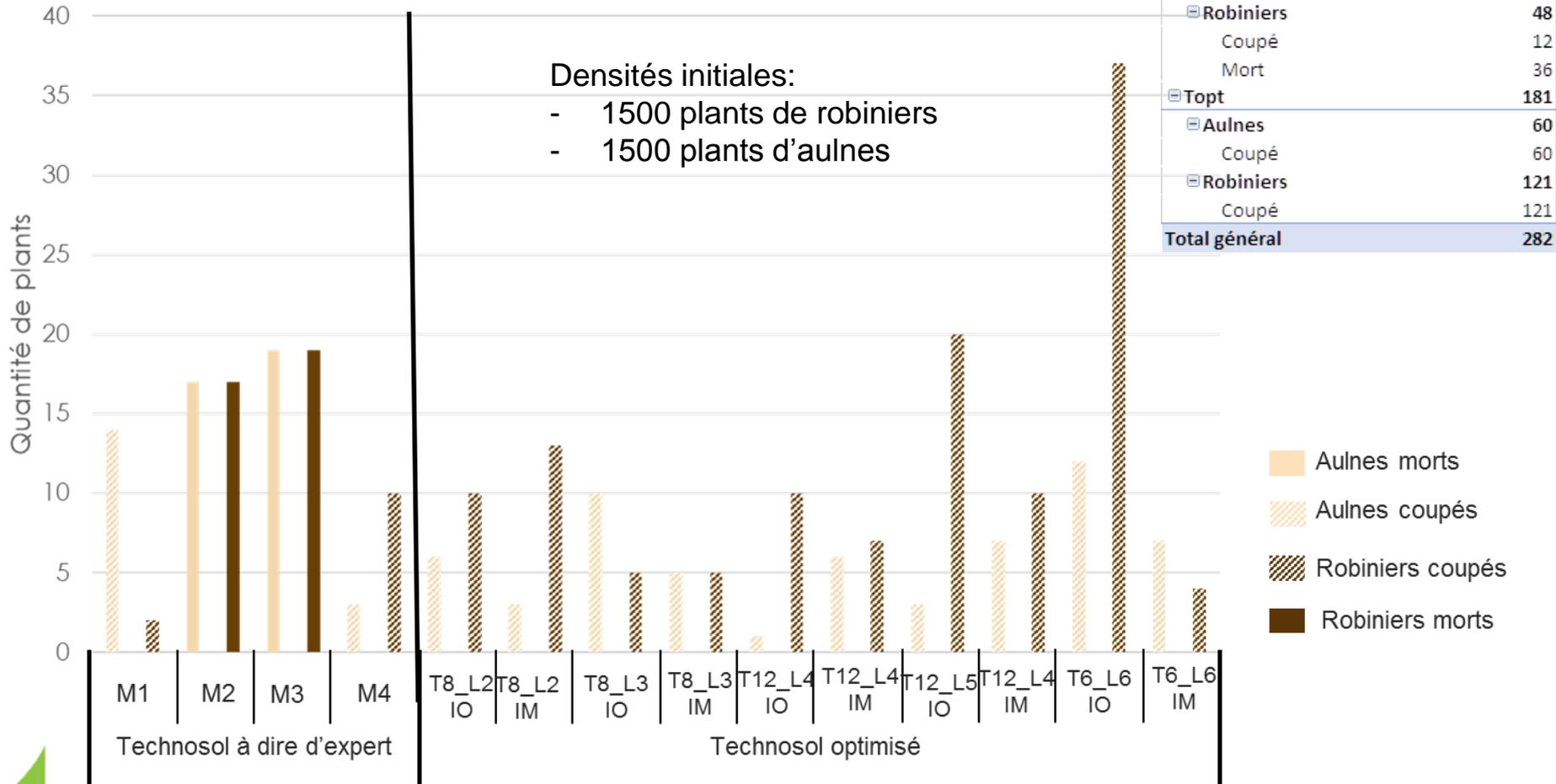
t1 10 mars 2021

Technosol optimisé



Résultats

– Suivi de croissance 1^{ère} année



□ Résultats

– Suivi de croissance 1^{ère} année

■ Biomasse aérienne:

- Bon état général: croissance significative des aulnes et robiniers
- Les aulnes se développent mieux que les robiniers
- Potentiel effet de bordures et ornières
- Couvre-sol : la phacélie se développe mieux que la luzerne



Aulnes

Localisation	N° de plants	Circonférence de l'axe principal à 20cm de hauteur [cm]	Hauteur totale du plants (axe principal) [m]
Techopt_T8_IO_L3	2	5,0	1,50
Techopt_T8_IO_L3	10	4,8	1,51
Techopt_T8_IO_L3	21	4,2	1,39
Techopt_T8_IO_L3	30	5,7	1,89
Techopt_T8_IO_L3	40	4,5	1,32
Techopt_T8_IO_L3	50	4,4	1,50
Techopt_T8_IO_L3	60	5,2	1,71
Techopt_T8_IO_L3	70	4,1	1,32
Techopt_T8_IO_L3	78	5,6	1,78
MOYENNE		4,8	1,55

Robiniers

Localisation	N° de plants	Circonférence de l'axe principal à 20cm de hauteur [cm]	Hauteur totale du plants (axe principal) [m]
Techopt_T8_IO_L3	1	4,5	1,90
Techopt_T8_IO_L3	10	3,5	1,40
Techopt_T8_IO_L3	20	5,1	1,58
Techopt_T8_IO_L3	30	4,2	1,20
Techopt_T8_IO_L3	40	3,0	0,77
Techopt_T8_IO_L3	50	2,1	0,44
Techopt_T8_IO_L3	60	4,3	1,19
Techopt_T8_IO_L3	70	2,9	1,18
Techopt_T8_IO_L3	74	3,0	1,24
MOYENNE		3,6	1,21

□ Résultats

– Caractéristique du sol

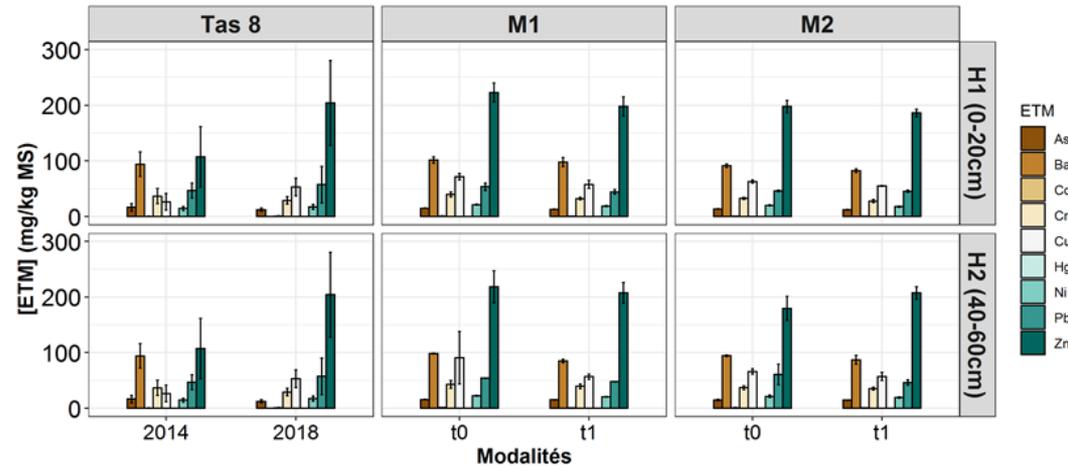
– Analyses en cours

Incertitudes de mesure élevées

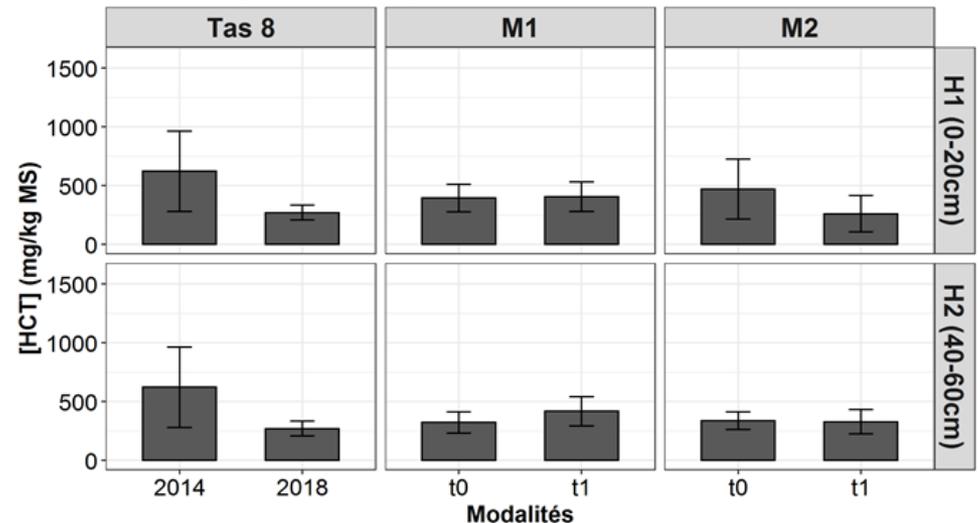
Ecarts types importants

=> Difficulté à ce stade de mettre en évidence une cinétique de phytostabilisation des ETM / phyto-dégradation des HAP/HCT

Teneurs en éléments trace métalliques par modalité, par horizon:
Technosol optimisé, Tas 8 (L2, L3)



Teneurs en HCT par modalité, par horizon:
Technosol optimisé, Tas 8 (L2, L3)



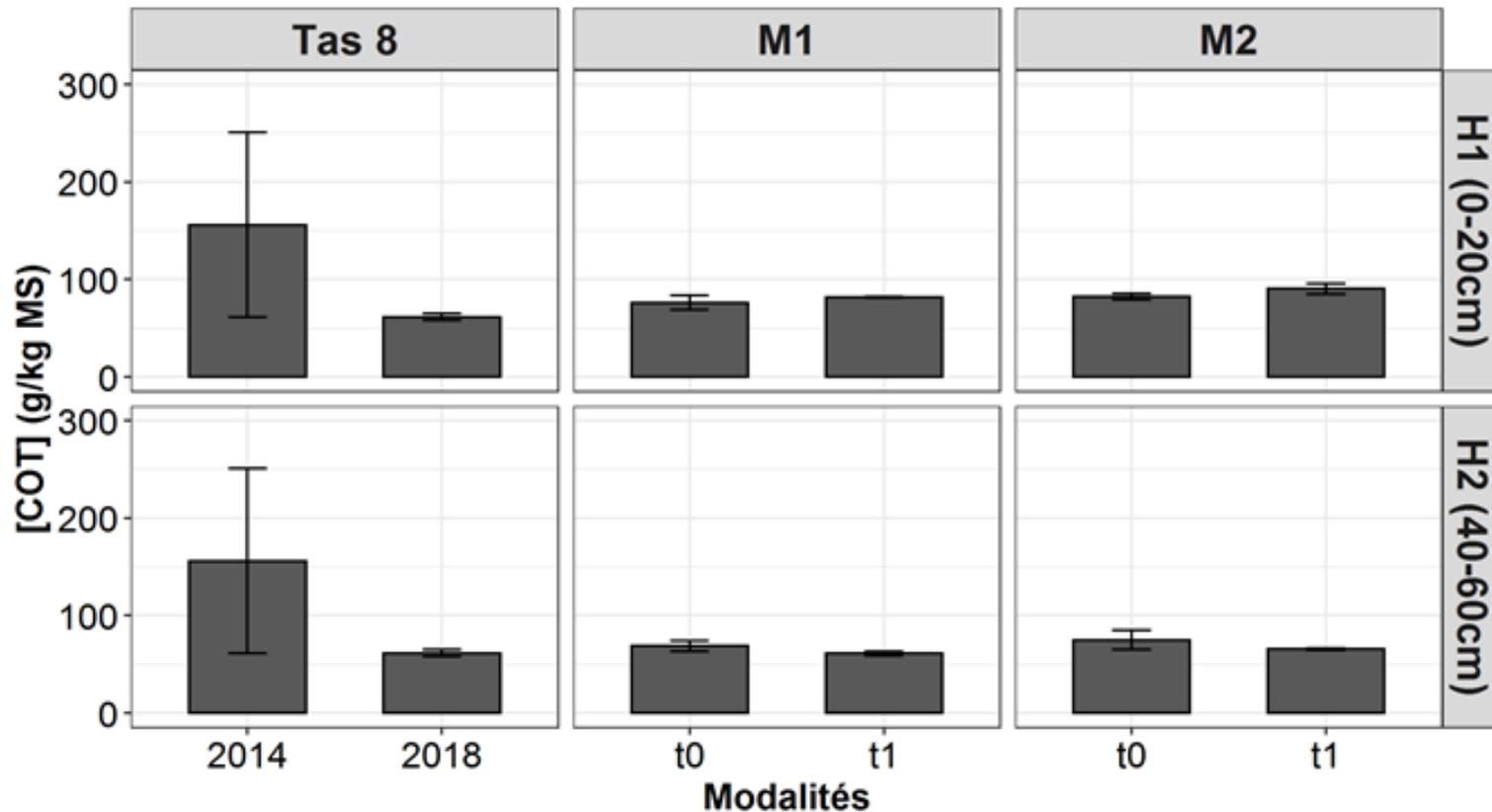
☐ Résultats

– Technosol et stock de carbone :

dans le sol

▪ COT:

Teneurs en COT par modalité, par horizon:
Technosol optimisé, Tas 8 (L2, L3)



De 15 à 30 kgC m⁻² !

3. Conclusions & Perspectives

- **Pour la valorisation en énergie de la biomasse produite:**
 - Bonne implantation des espèce ligneuses
 - Biomasse produite à priori en accord avec les rendements attendus pour les essais de combustion
 - Importance de la parcelle test dans la gestion de l'imprévu (pressions biotiques, abiotiques) impactant significativement la croissance, voire la survie des végétaux.
 - Importance d'un suivi mensuel (observations)
- **Gestion de la pollution:**
 - Présence d'un couvre-sol quasi permanent limitant les envols de poussières
 - Test grandeur nature avec niveau de pollution faible: difficulté d'appréhender les cinétiques de dégradation des polluants organiques et de stabilisation des ETM.

• **Questions vis-à-vis des choix stratégiques de gestion:**

=> enjeux de la dernière année

- Apport d'azote grâce aux espèces fixatrices d'azote?
- Impact de la fauche des herbacées et du retour au sol de leurs éléments fertilisants?
- Productivité de l'écosystème en réponse à la gestion différenciée de l'irrigation?
- Quelle fréquence spatiale d'échantillonnage pour caractériser la cinétique de stabilisation ou dégradation des polluants?
- **Transfert des polluants dans la biomasse aérienne ?**



MERCI

 **GINGER**
BURGEAP