



Stockage de Carbone et succès d'établissement des arbres dans les aménagements agroforestiers



Alain Cogliastro

Chercheur associé

Institut de recherche en biologie végétale
& Université du Québec en Outaouais



**Journées horticoles
et grandes cultures**

25 au 27 novembre 2025





Principaux auteurs des travaux présentés

Marc-Olivier Martin-Guay (UQO),

Samuel Dulac (UQO),

Émilie Maillard (AAC),

Antoine Mathieu (Arbre-Évolution)

et **David Rivest (UQO)

Petit mot sur l'ISFORT



Institut de recherche
en biologie végétale

[ACCUEIL](#) [INSTITUT](#) [RECHERCHE](#) [PERSONNEL](#) [ÉTUDIANTS](#) [CONFÉ](#)



ISFORT

Institut des Sciences
de la Forêt tempérée

[À PROPOS](#) [RECHERCHE](#) [L'ÉQUIPE](#) [LES ÉTUDES](#) [VIE ÉTUDIANTE](#) [NOUS JOINDRE](#) [EN](#)





Déroulement

- **L'agroforesterie pourquoi et qu'est-ce ?**
- **Ses effets Carbone**
- **Le succès d'établissement**
- **Des ouvrages disponibles**



L'agroforesterie pourquoi ?

- Le système d'alimentation mondial agit comme principal facteur de perte de biodiversité et de services écosystémiques (Foley et al. 2005; Newbold et al. 2015)
- Nourrir l'humanité dans le futur et minimiser les impacts des agroecosystèmes représente un grand défi (FAO 2022; HLPE 2020)
- Besoin de solutions intégrées, vers des pratiques agroécologiques comme l'agroforesterie (GIEC 2019)

Intégrer des arbres pourquoi ?



Appuis scientifiques à l'agroforesterie



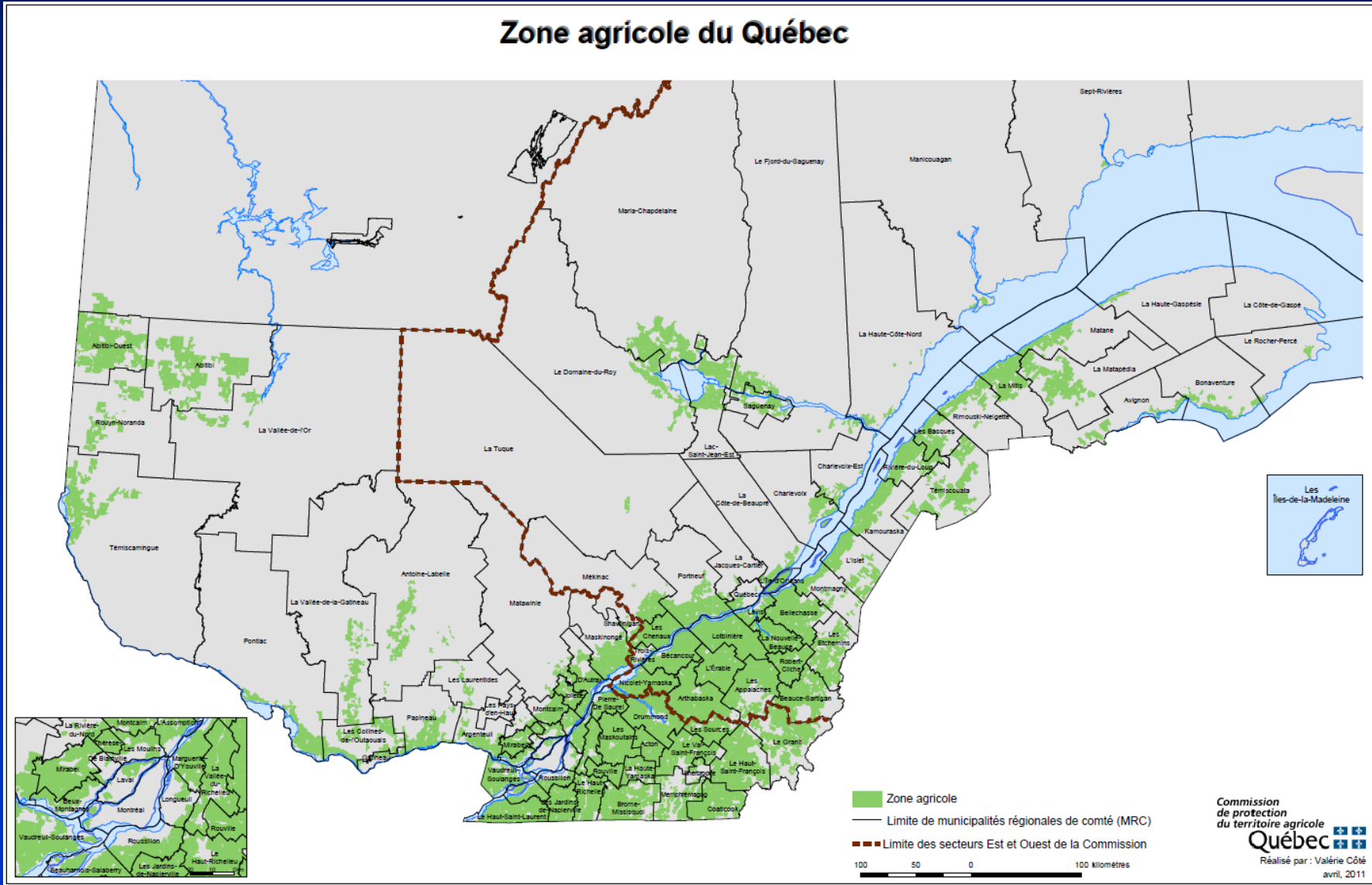
- Brise Vent / 98% des oiseaux non nuisibles (Bernier-Leduc 2009)
- Intercalaire / + abondance d'oiseaux 2012 vs 2017 (Nicole & Dauphine 2018)
- Bandes riveraines / diversité reptiles-amphibien-petits mammifères
 - Forestier > arbustif > herbacée (Maisonnette et Rioux 2001)
- Agroforesterie vs Culture conventionnelle
 - +parasitoides +pollinisateurs +détritivores –herbivores (Melton 2001)
 - +diversité microbienne sols (Lacombe et al. 2009)
 - +résilience microbienne sols (Rivest et al 2013)
 - +C & +N du sol (Bambrick et al 2010)
 - - Nitrates en profondeur (Bergeron et al. 2011)
 - +vers de terre (Thevathasan et al 2004)
- Bandes riveraines / + C avec des arbres qu'herbacées (Fortier 2007)
- Production de bois de haute valeur en agroforesterie (Gibson 2007)
- Eau, Microclimat.....

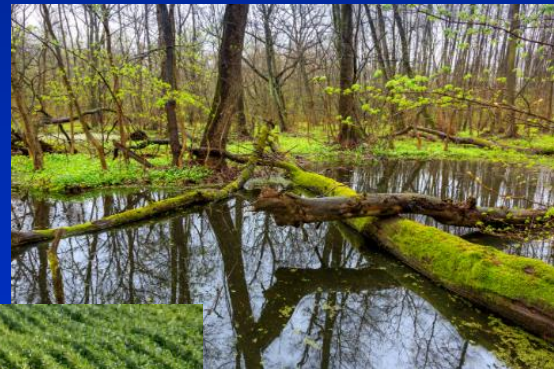
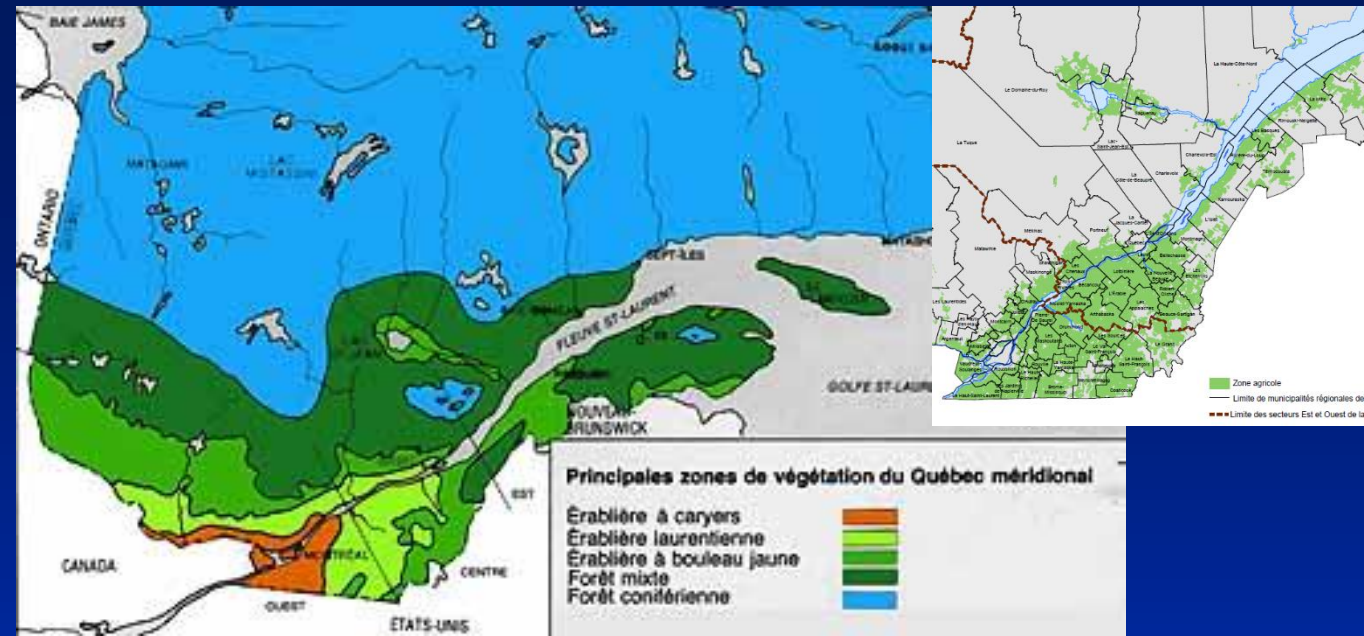
biodiversité

fertilité

carbone

L'agroforesterie pourquoi ?







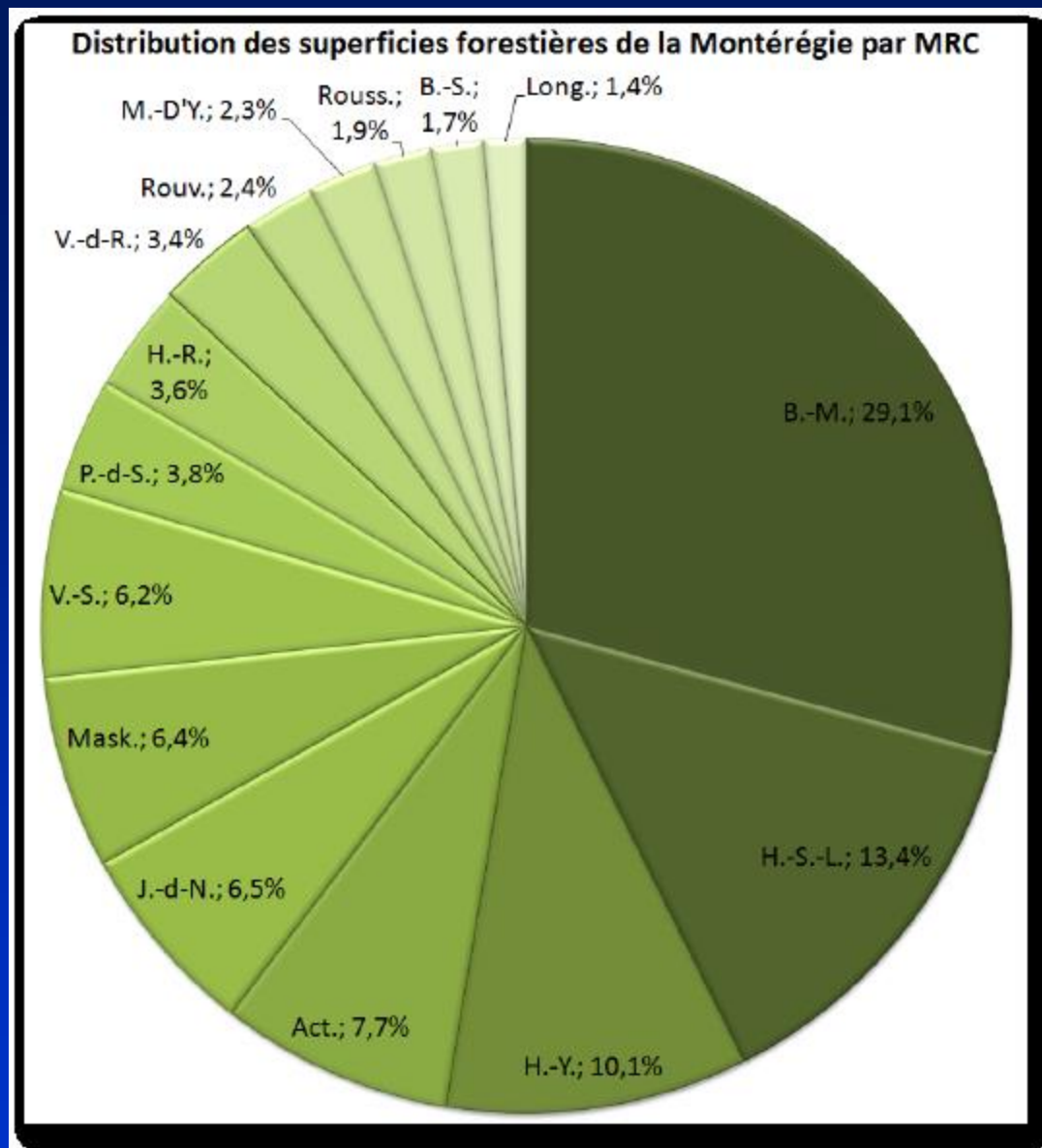
Notre agriculture



Superficie ensemencée 2024 (ha) (Institut de la statistique du Qc 2024)

	Qc (ha)	Montérégie total (ha)	Montérégie %	%	Montérégie et Centre du Qc (ha)	Montérégie et Centre du Qc %	%
Maïs fourrager	74300	14700	19,8	53,5	32000	43,1	68,3
Maïs grain	355700	201900	56,8		251300	70,6	
Maïs OGM	324000	186600	57,6		231600	71,5	
				44,3			60,7
Soya	419300	189700	45,2		255000	60,8	
Soya OGM	347000	149700	43,1		210400	60,6	
		1520300	742600			980300	







À l'horizon 2050, les principales conclusions permettent de prévoir que :

- Les étiages seront plus importants en été, ce qui augmentera la pression exercée sur l'approvisionnement en eau, les écosystèmes aquatiques et diverses activités récréatives;
- Les crues seront plus intenses à l'été et à l'automne, favorisant l'érosion des berges, les inondations subites, le rejet d'eaux usées par surverse et le lessivage des sols, ce qui aura un impact sur la qualité de l'eau;



Rétablir l'arbre dans l'espace agricole

Fonctions écologiques

Fonction de production

Haies ...de protection
..bandes riveraines arborées

Systèmes agroforestiers
intercalaires (SAI)

Plantations- sylviculture -
conservation





L'agroforesterie c'est ?

est un système intégré

qui repose
Équivalente à celle de l'ICRAF
sur l'association intentionnelle
(World Agroforestry Centre)

d'arbres ou d'arbustes à des cultures ou à des élevages,

et dont l'interaction

bénéfices économiques environnementaux et sociaux.

(CRAAQ, 2011)



CRAAQ



United States Department of Agriculture

Agroforestry Strategic Framework

Fiscal Years 2019–2024



La haie à l'honneur

- associations, collectivités territoriales,
- équipes de recherche,
- organismes professionnels agricoles et environnementaux, bureaux d'étude,
- opérateurs de terrain –

Les systèmes



← Haie de protection des cours d'eau (bande riveraine)



Système sylvopastoral,
ferme laitière biologique, Saint-Roch-des-Aulnaies

Haie de protection des cultures, des sols et des bâtiments (brise-vent)



Région du Centre-du-Québec

Tiré de la vidéo: L'agroforesterie au Québec : des exemples inspirants, des bénéfices importants
Comité agroforesterie du CRAAQ - <https://www.youtube.com/watch?v=qwVLqQ-zy0s>



Pour en savoir plus...

<https://groupeproconseil.com/programme-de-formation-pour-les-conseillers-en-agroforesterie-du-quebec>

L'agroforesterie :

- ses bénéfices
 - pour la production de grandes cultures au Québec?
 - pour les productions laitière et de bovin de boucherie au Québec?
 - pour la production porcine au Québec?
 - pour la production avicole au Québec?
 - pour la production maraîchère au Québec?

L'agroforesterie comment ?

Guide d'aménagement de **SYSTÈMES AGROFORESTIERS**

- connaissances actuelles
- 4 principaux systèmes
- modèles de disposition
- caractéristiques des espèces (56-40)
- mise en place et entretien



Alain Cogliastro, biologiste, a toujours eu un grand intérêt pour les arbres. Pendant plus de 30 ans, il a réalisé des travaux de recherche en sylviculture de plantation à des fins d'amélioration du fonctionnement des agroécosystèmes et de la restauration forestière. Il a publié de nombreux travaux de recherche et formé plusieurs étudiant(e)s sur l'effet environnemental des arbres et sur les facteurs qui assurent le succès des plantations.



André Vézina contribue au développement de l'agroforesterie au Québec depuis 1985. À ce jour, il a réalisé une centaine de publications et d'exposés, supervisé près de 1 000 projets de plantation et collaboré à plusieurs études scientifiques sur le sujet.



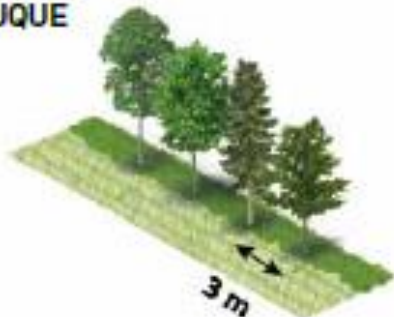


David Rivest est professeur à l'Université du Québec en Outaouais. Il y enseigne notamment l'agroforesterie et la science des sols. Ses recherches s'intéressent à l'étude des interactions entre les arbres, les cultures et les sols dans les systèmes agroforestiers.

Ce guide fournit un ensemble d'informations visant à promouvoir et à faciliter la conception et l'aménagement de différents systèmes agroforestiers susceptibles d'être adoptés avec succès dans toutes les régions agricoles du Québec. Les producteurs, conseillers et aménagistes du territoire y trouveront une synthèse des connaissances scientifiques les plus à jour sur les fondements de l'agroforesterie et ses multiples services écosystémiques ainsi qu'un large éventail de modèles d'aménagements agroforestiers spécifiques aux haies brise-vent, aux bandes riveraines, aux systèmes agroforestiers intercalaires et au sylvopastoralisme. Les principales caractéristiques écologiques de plusieurs dizaines d'espèces d'arbres et d'arbustes sont présentées pour faciliter le choix en fonction des conditions locales et des objectifs visés. Les travaux essentiels au succès de la mise en place des systèmes agroforestiers sont décrits, de la planification et la mise en terre jusqu'aux tâches d'entretien subséquentes.

L'agroforesterie s'inscrit pleinement dans la transition vers des pratiques agricoles adaptées aux enjeux actuels. Elle compte parmi les plus importantes mesures agroenvironnementales au vu de ses nombreux bénéfices. Les systèmes agroforestiers peuvent répondre à des enjeux très locaux comme l'érosion des sols et la protection des milieux riverains tout en offrant des solutions à plus grande échelle, comme la gestion de l'eau par bassins versants et la connectivité écologique du paysage. Et s'il y a nécessité d'une plus grande présence des arbres, il y a aussi leurs bienfaits sur le plan psychologique ainsi que le plaisir et la satisfaction de les voir grandir. Bonnes plantations et que l'agroforesterie s'épanouisse au Québec!



Exemple: Haies pour la protection des cultures et des sols

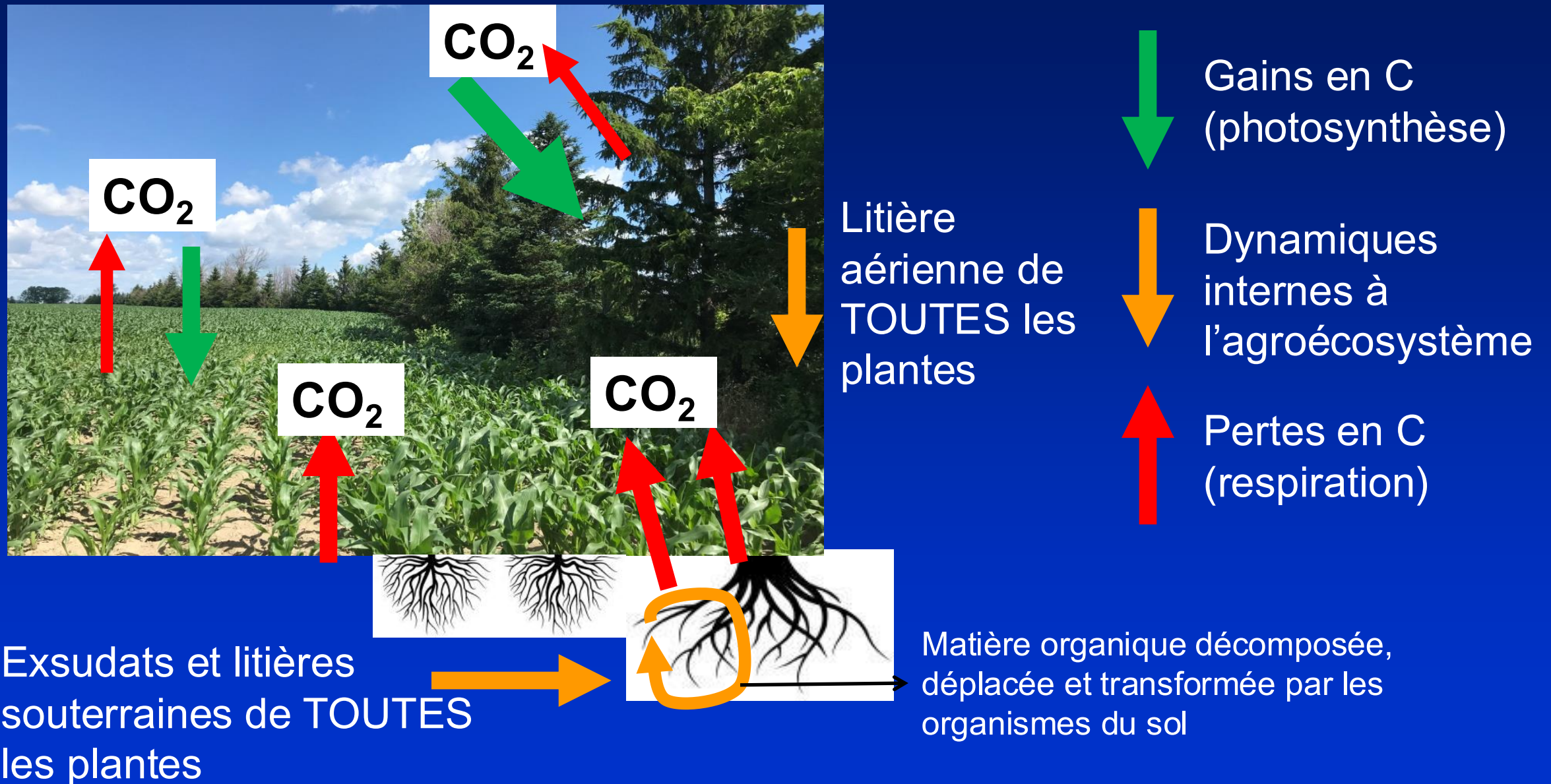
Modèle de haie	Schéma de plantation	Remarques
1 rangée d'arbres feuillus espacés de 3 m	LE CADUQUE 	Modèle apprécié des producteurs de foin et de céréales. On peut alterner des arbres à cime large, comme les chênes, les caryers ou les érables, avec des arbres à cime étroite ou intermédiaire, comme le mélèze laricin, le bouleau blanc ou le micocoulier.
1 rangée d'arbres et d'arbustes espacés de 2 m	LE MULTISTRATE 	On peut insérer des arbustes entre les feuillus pour une production de petits fruits ou pour augmenter la diversité et pour attirer des insectes pollinisateurs. De plus, les arbustes assurent une réduction du vent à la suite de l'élagage des branches du bas des arbres.
1 rangée d'arbres feuillus et d'arbres à feuilles persistantes espacés de 3 m	LE MIXTE 	Modèle qui fonctionne mieux avec des feuillus à cime étroite. Il permet d'introduire de la diversité. Dans les régions où le chevreuil abonde, la plantation d'épinettes blanches permet de réduire les coûts de protection contre ce cervidé.



Agroforesterie et Carbone

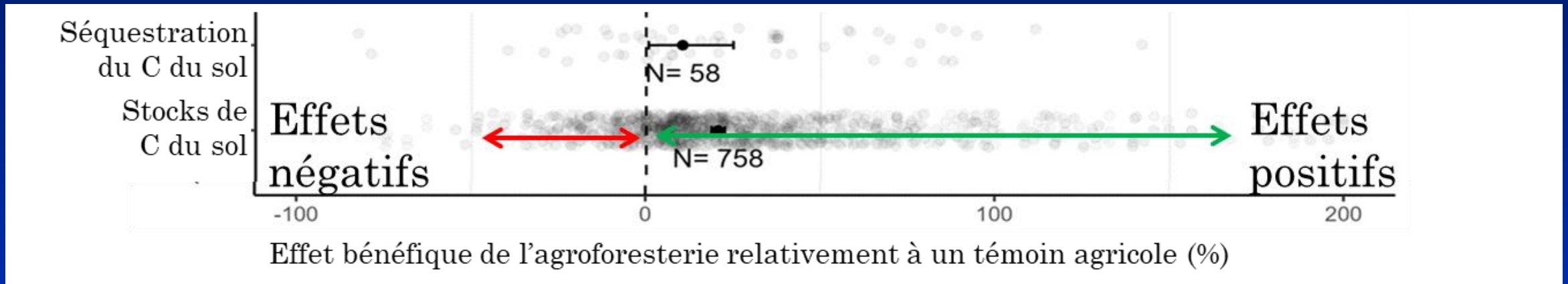
- Besoin de solutions intégrées, comme l'agroforesterie
 - La santé des sols par la conservation du Carbone organique du sol
 - le cycle des nutriments et leur rétention
 - la formation et la stabilisation de la structure du sol (agrégation)
 - la rétention et la transmission de l'eau
 - l'aération et les échanges gazeux
 - l'amortissement des réactions du sol
 - la transformation des composés
 - le maintien de la biodiversité du sol
- La séquestration du C dans les sols et ds la biomasse des arbres contribuent à l'atténuation des CC

Mécanismes de séquestration du Carbone



Agroforesterie

Consensus sur le C du sol



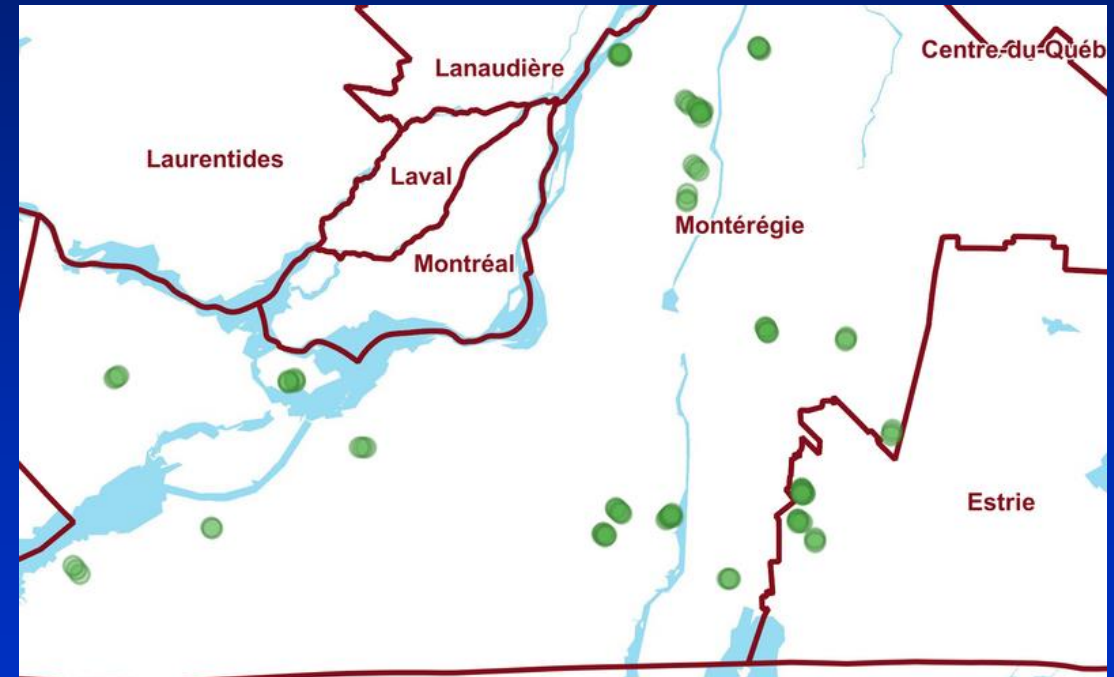
- ⇒ Ça marche en général mais **l'effet est variable**
- ⇒ Devons maximiser ce potentiel de séquestration
- ⇒ Devons appliquer les bonnes pratiques agroforestières

Le C_{sol} – étude sur 36 haies

- Choisies parmi 78 haies mesurées en 2021 pour analyser le succès d'établissement des arbres

(Mathieu et al. 2024)

- 22 fermes participantes



Sélection de 36 haies

		Âge de la haie	
		Jeune (5-15 ans)	Vieille (>15 ans)
Type de sol	Léger (<35 % d'argile)	9	9
	Lourd (>35 % d'argile)	9	9
Dominance	Conifères (>65%)	4	9
	Feuillus (>65%)	5	2
	Mixte	9	7



Jeune haie de noyers, mélèzes et épinettes (Ange-Gardien)



Vieille haie d'épinettes blanches (St-Clet)

Sélection de 36 haies

- 9 sans paillis
- 6 avec plastique individuel

Âge de la haie

Jeune
(5-15 ans)

Vieille
(>15 ans)

Type de paillis

Aucun ou plastique
individuel

4

11

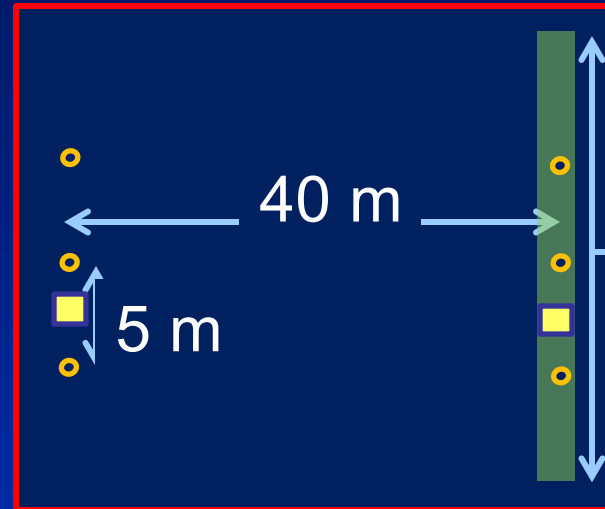
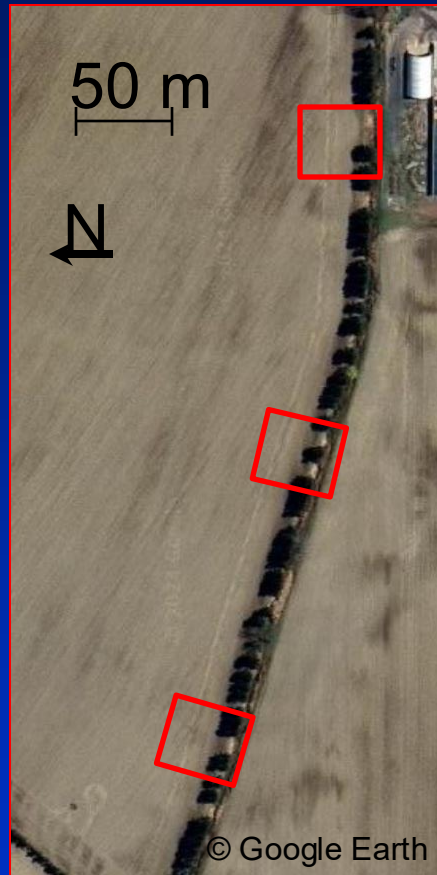
Plastique en bande
continue

14





7



Échantillonnage



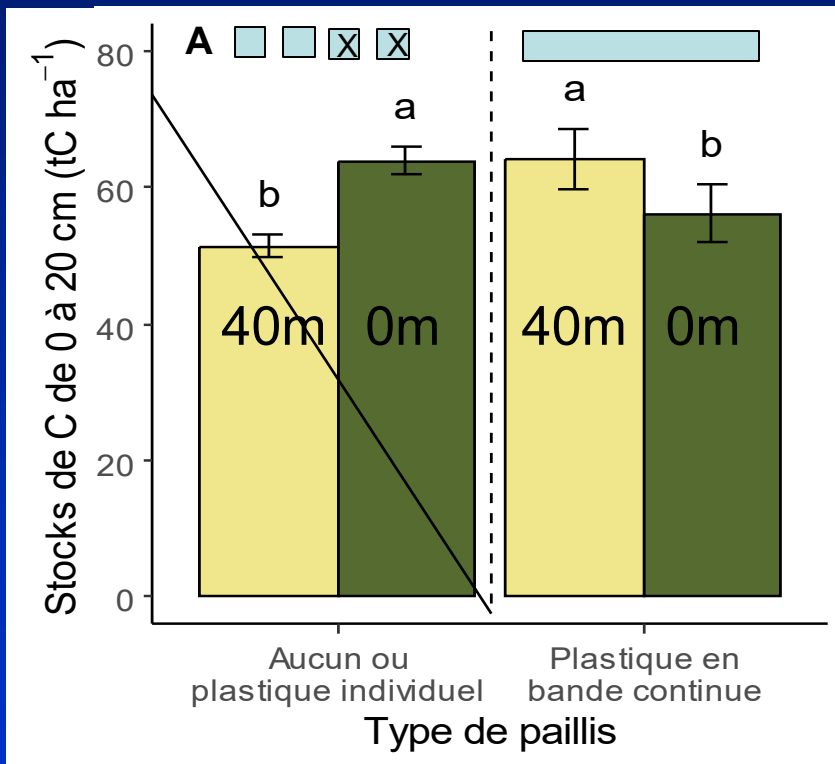
Survie
diamètre
hauteur des
arbres sur 40 m

-  Parcelle
-  Haie
-  Carotte de sol
(0-20 et 20-50 cm)
-  Litière

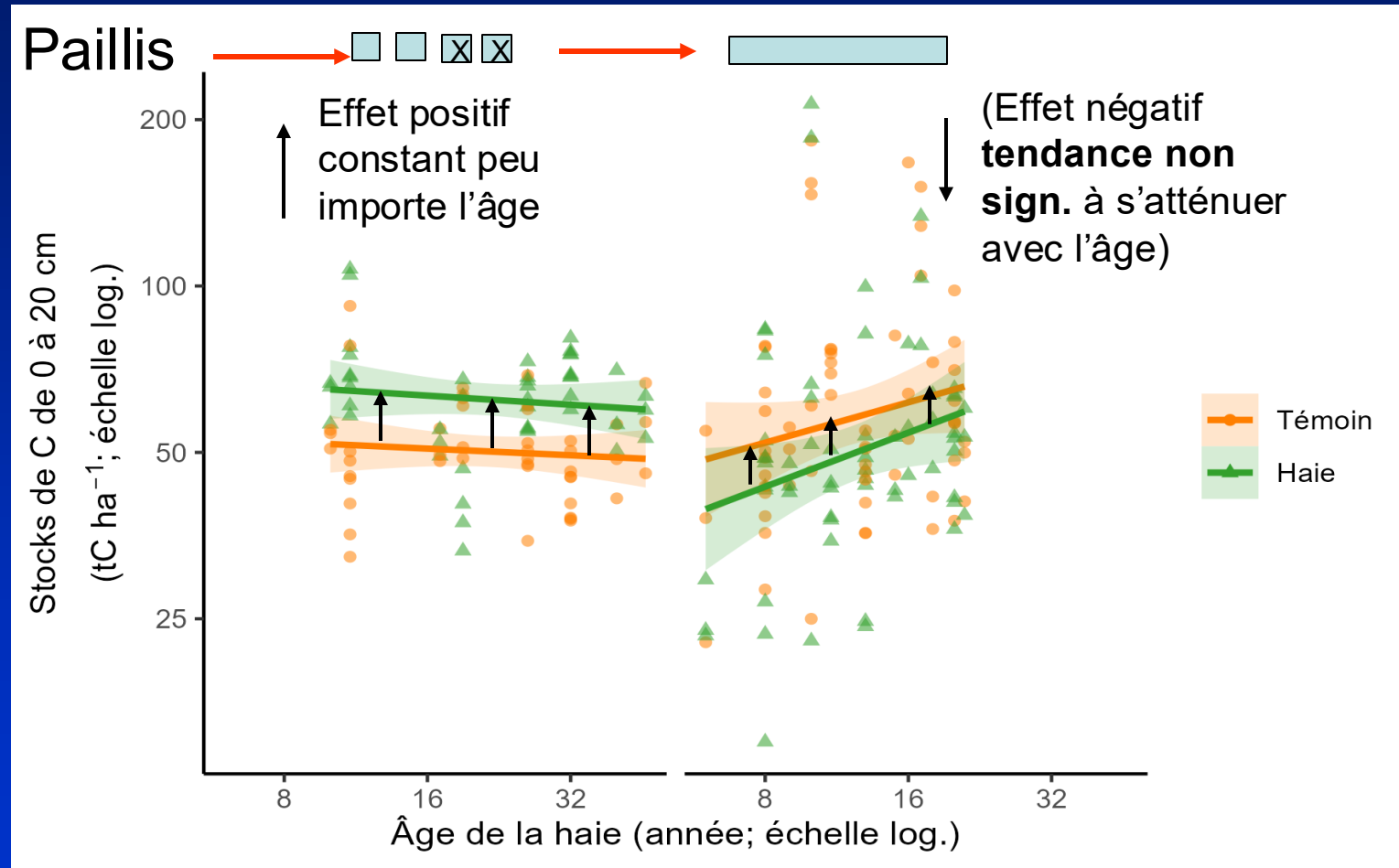
- Méthode des masses équivalentes
- Homogénéisation des 3 échantillons

C du sol ~ Type de paillis

0-20 cm

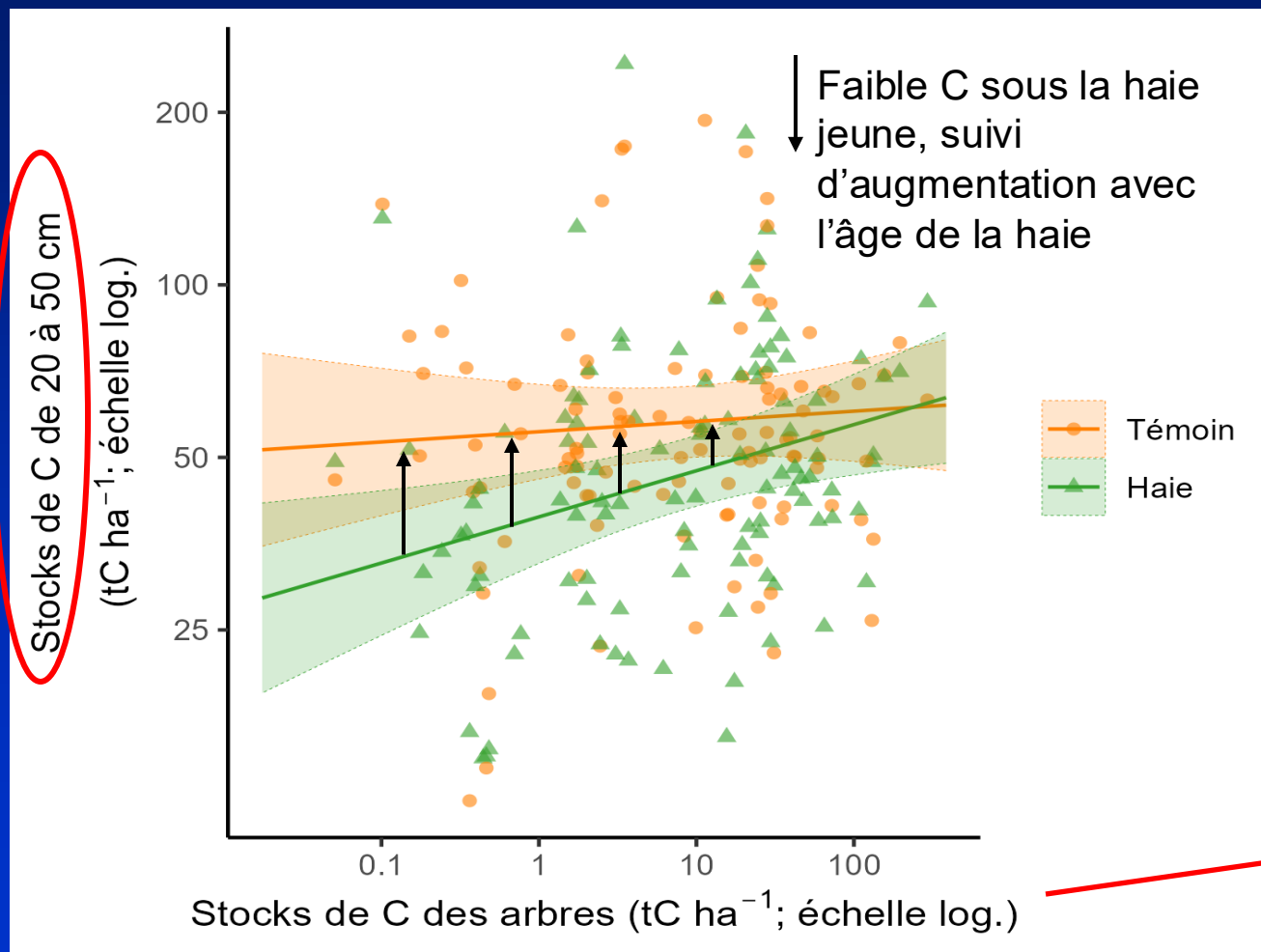


C_{sol} / Type de paillis vs. Âge de la haie

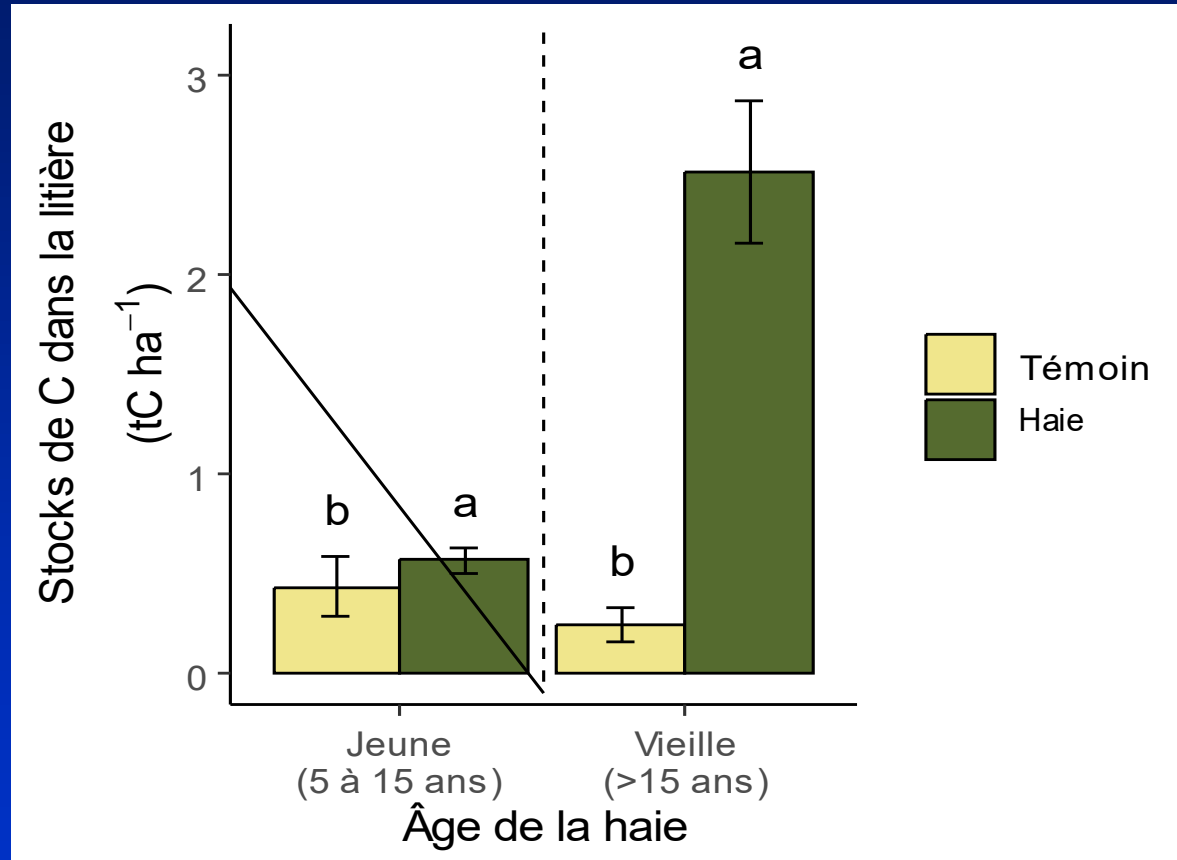


C_{sol} / C des arbres

Plus en profondeur

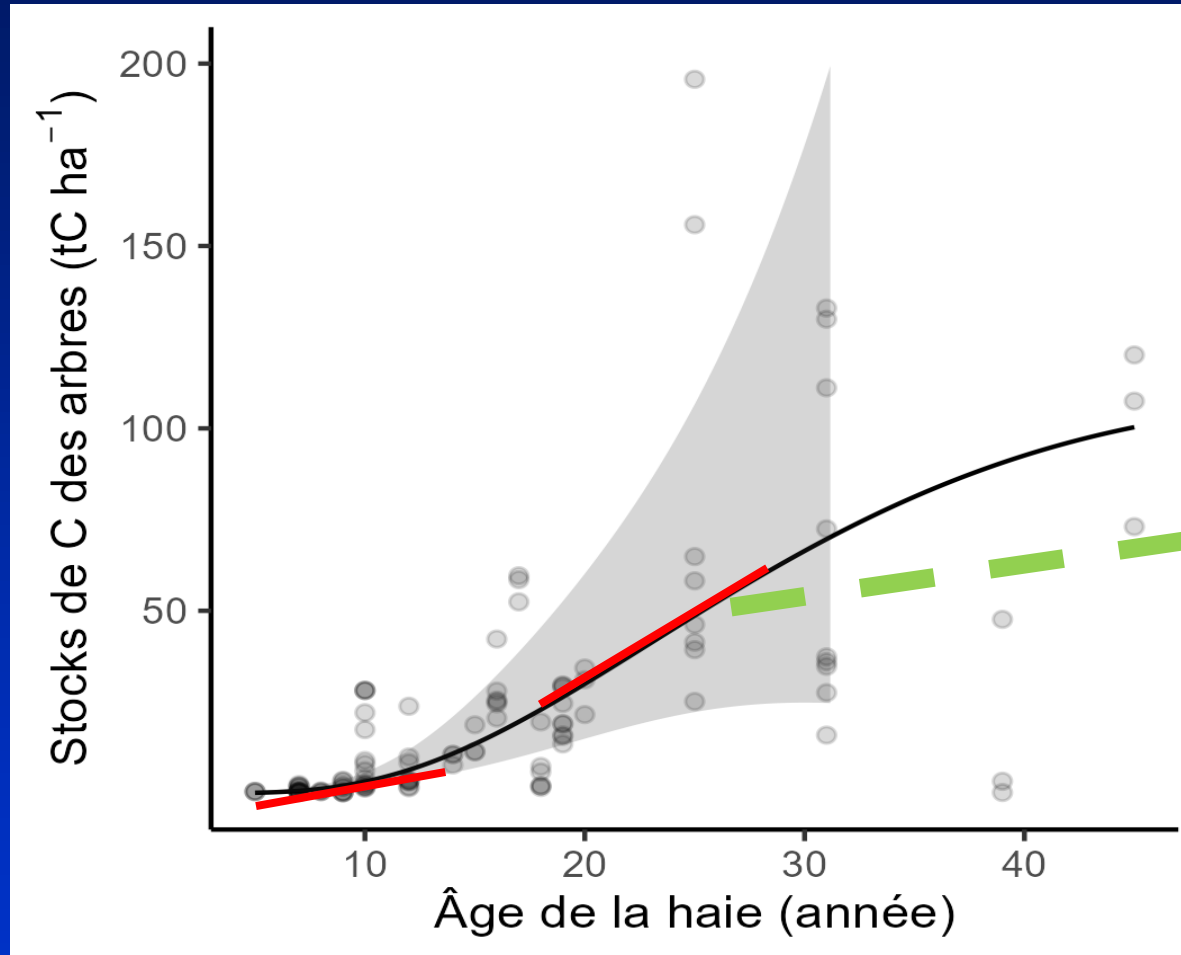


Litière ~ Âge de la haie



- Négligeable relativement au sol minéral
- ~ 120 tC ha⁻¹ pour le 0-50 cm
- Nette différence se formant avec l'âge

C des arbres



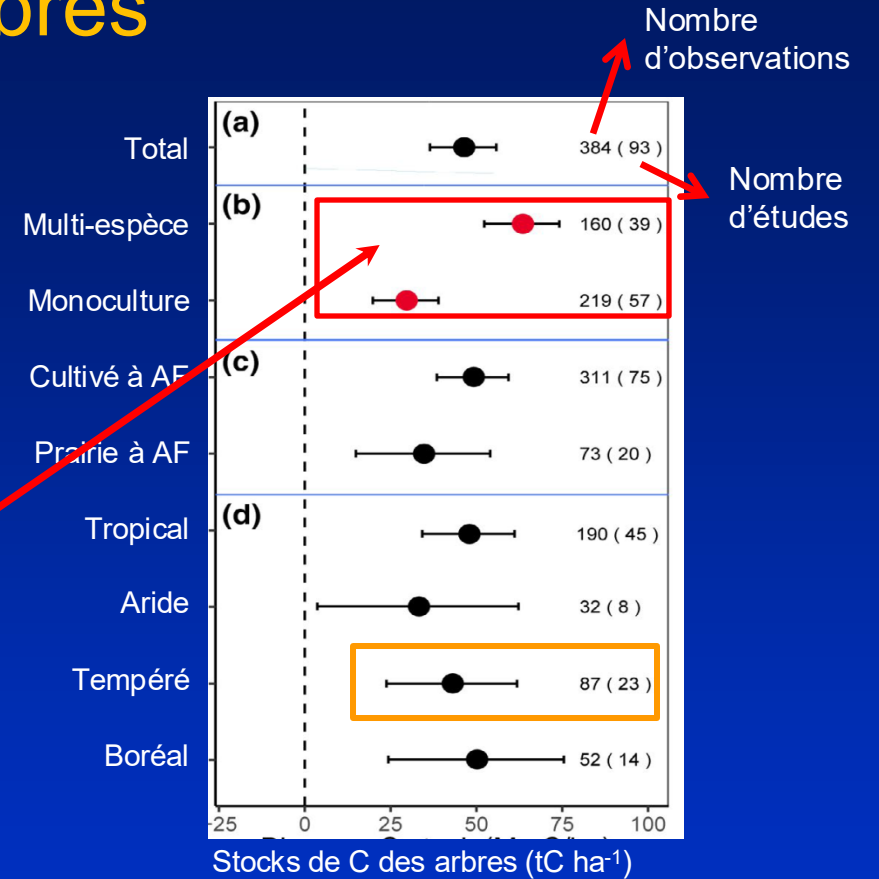
La pente
représente le
taux annuel de
séquestration,

3,2tC/ha/an

Consensus sur le C_{sq} des arbres

- Potentiel de séquestration connu

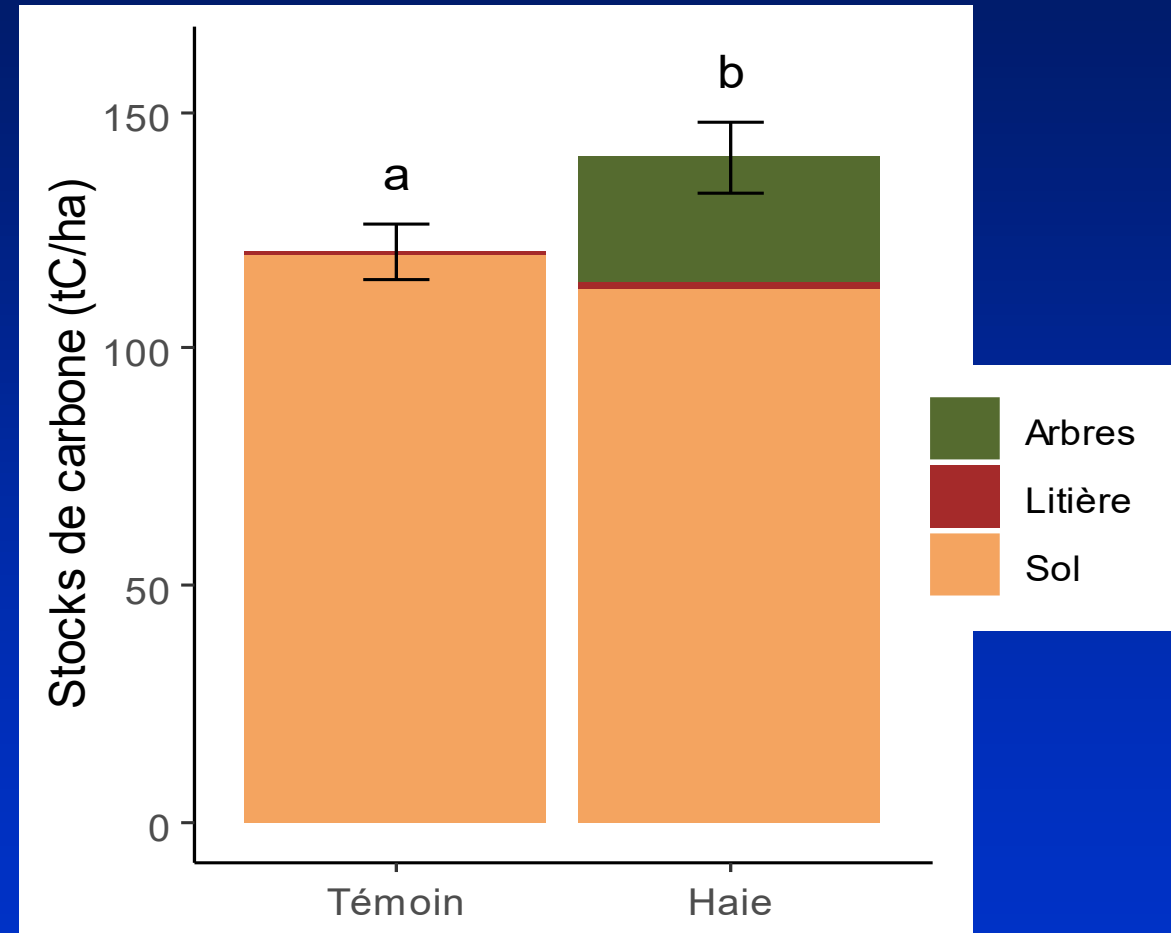
Bonne pratique diversité



(Ma et al. 2020) Méta-analyse mondiale

Bilan carbone moyen

- 20 tC ha⁻¹ de plus dans les haies que dans les témoins
- Âge moyen des haies de 17,6 ans, donc :
 - 1,1 tC ha⁻¹ an⁻¹
 - 1 ha ≈ 1,8 km de haie





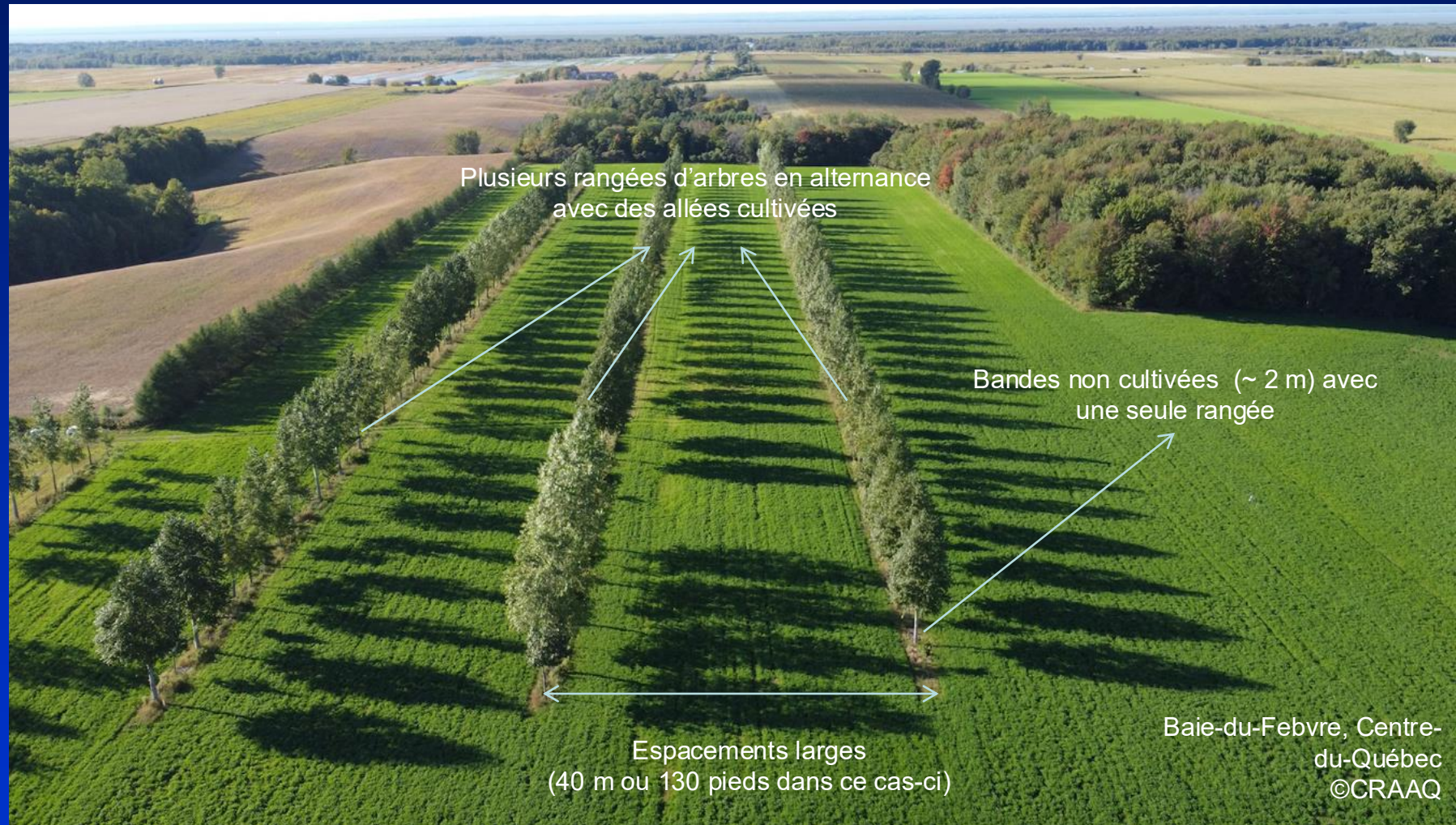
\$\$ carbone pour 1,8km de haie

- $1,1 \text{ tC ha}^{-1} \text{ an}^{-1} = 4 \text{ t eqCO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$

⇒ prix moyen du crédit sur le marché
réglementé en 2022 : $84 \$ \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1} \times 4$

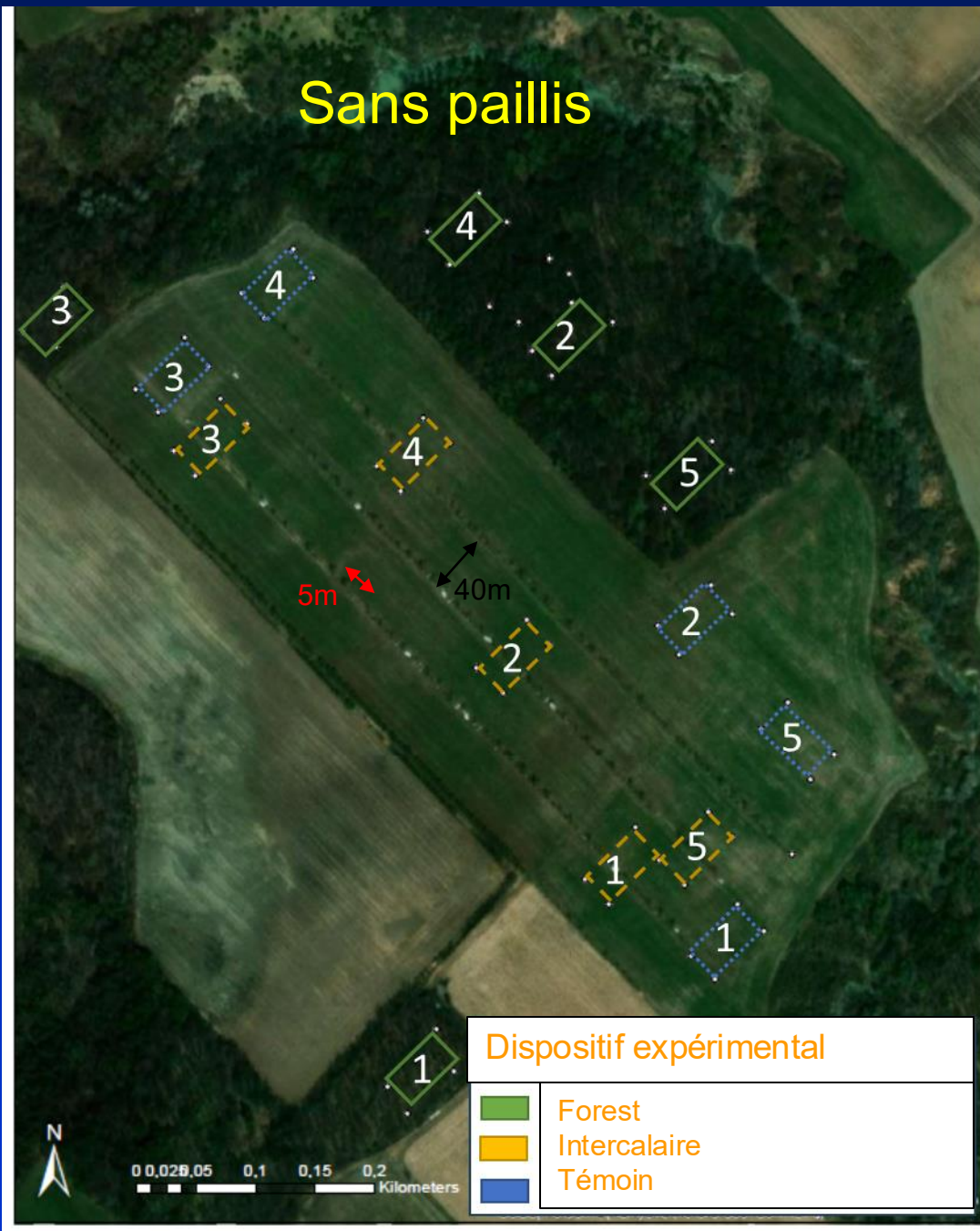
⇒ prix moyen en 2023 : $116 \$ \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1} \times 4$

C_{sol} dans un système agroforestier intercalaire





Sans paillis



Sept-oct 2021

Émilie Maillard^{1*}

David Rivest

Jérôme Laganière

Denis A. Angers

Martin H. Chantigny

-Agric & Agroali. Canada,

-ISFORT-UQO

-Centre Foresterie Laurentides
SCF

Soumis pour publication



5 ans
peuplier



5 ans
Chêne rouge





Les peupliers

D X N

T X D

T X D

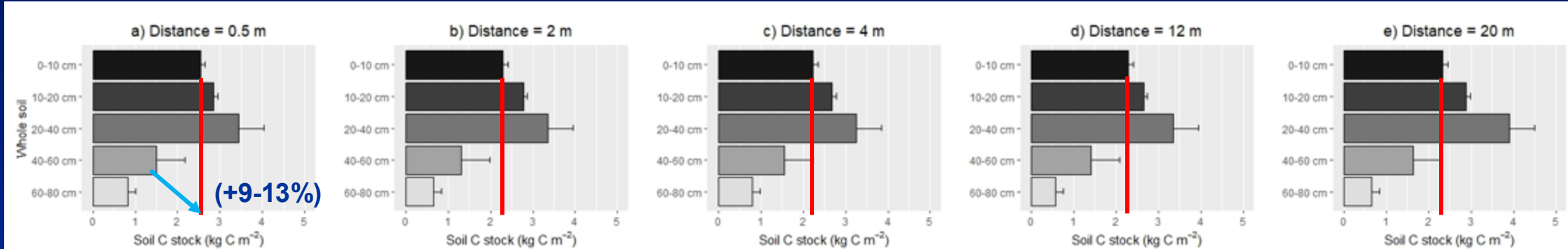
DN X M

D X M

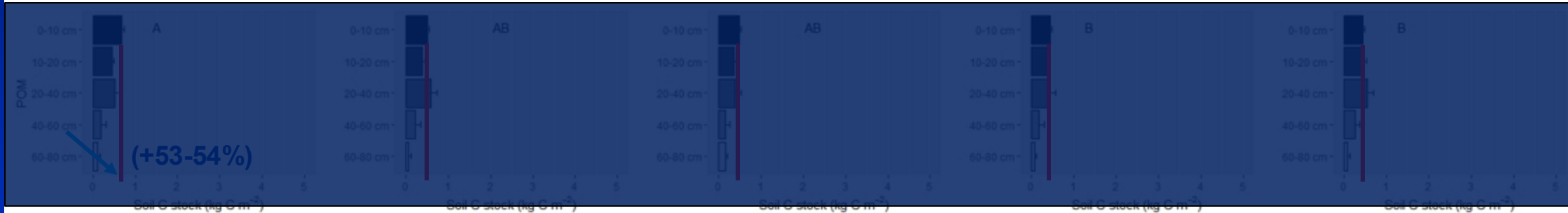
Carbone

Effet distance (différentes profondeurs)

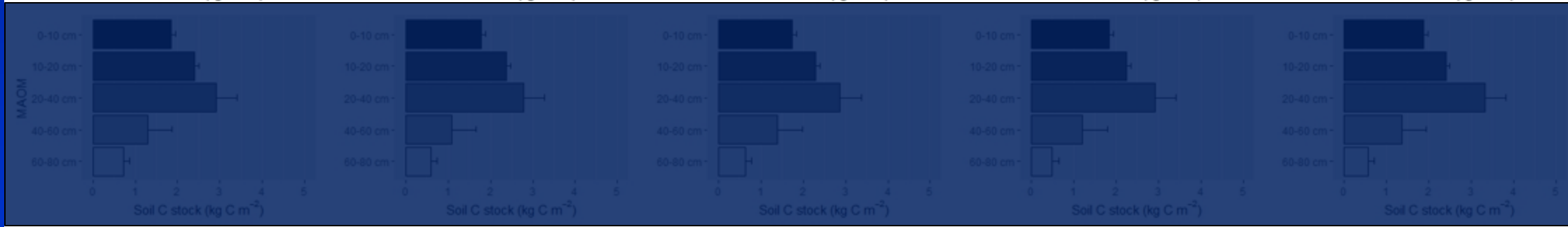
C tot



MOP



MOAM



MOP: Matière organique particulaire / MOAM: Matière organique associée aux minéraux

Effet milieu (à toutes distances)

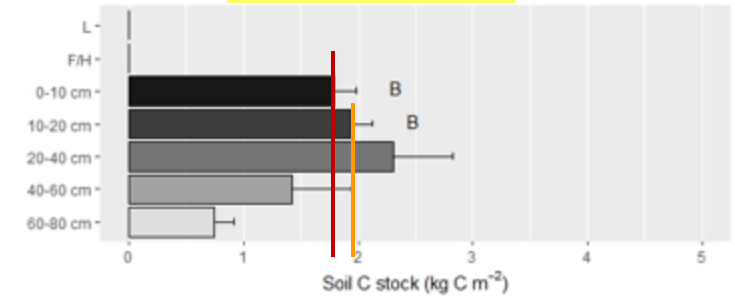
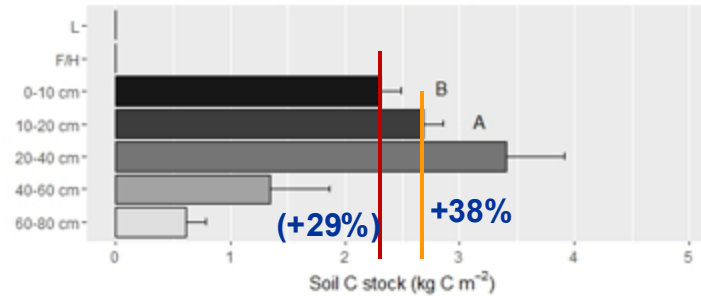
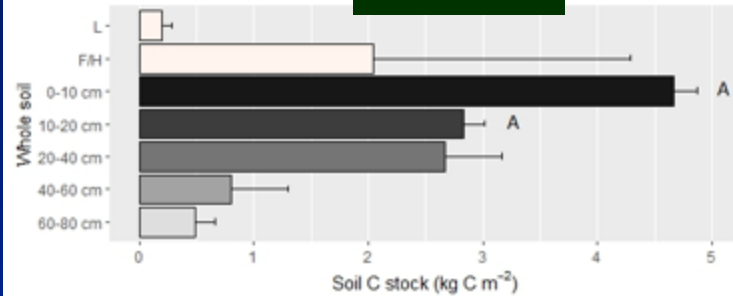
Carbone

Forêt

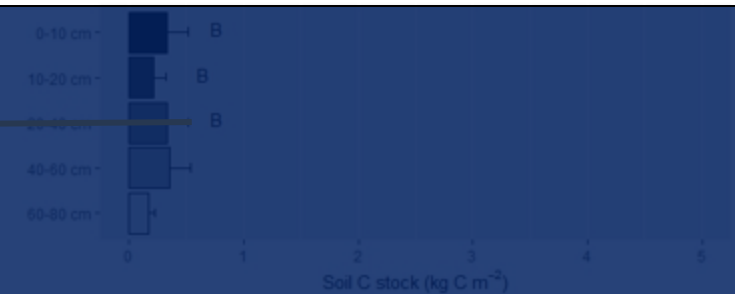
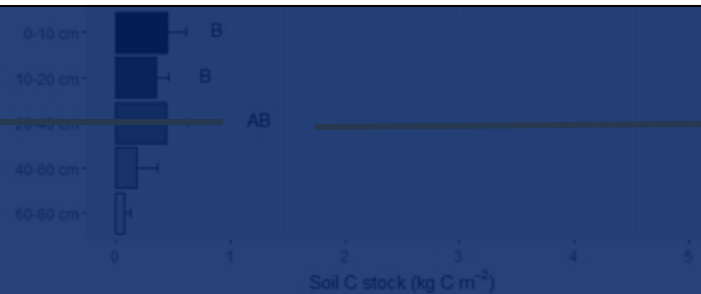
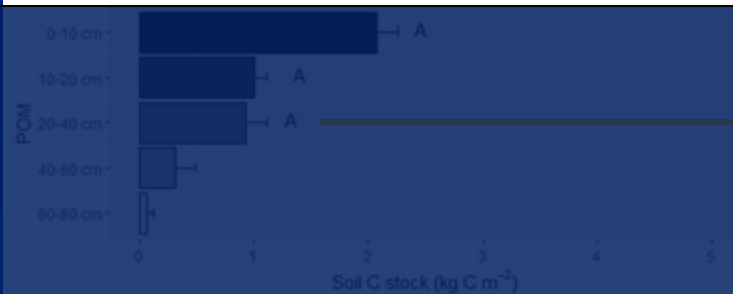
Intercalaire

Témoin

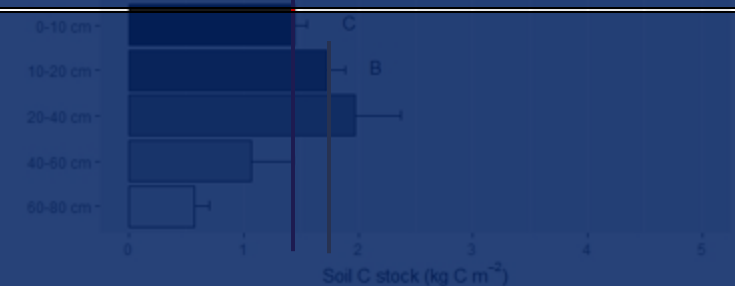
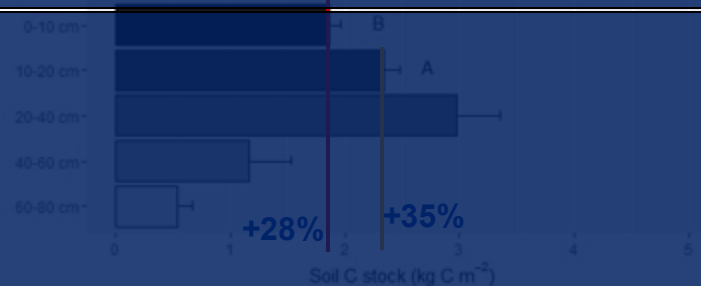
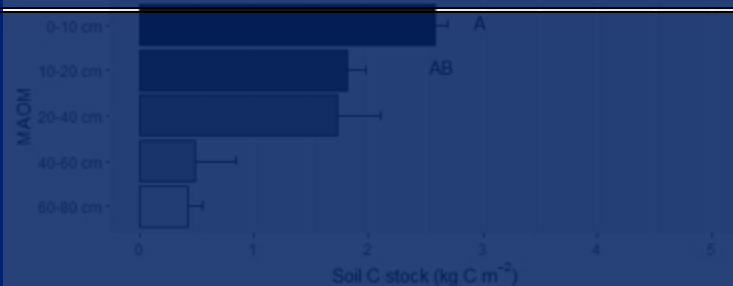
C tot



MOP



MOAM



MOP: Matière organique particulaire / MOAM: Matière organique associée aux minéraux

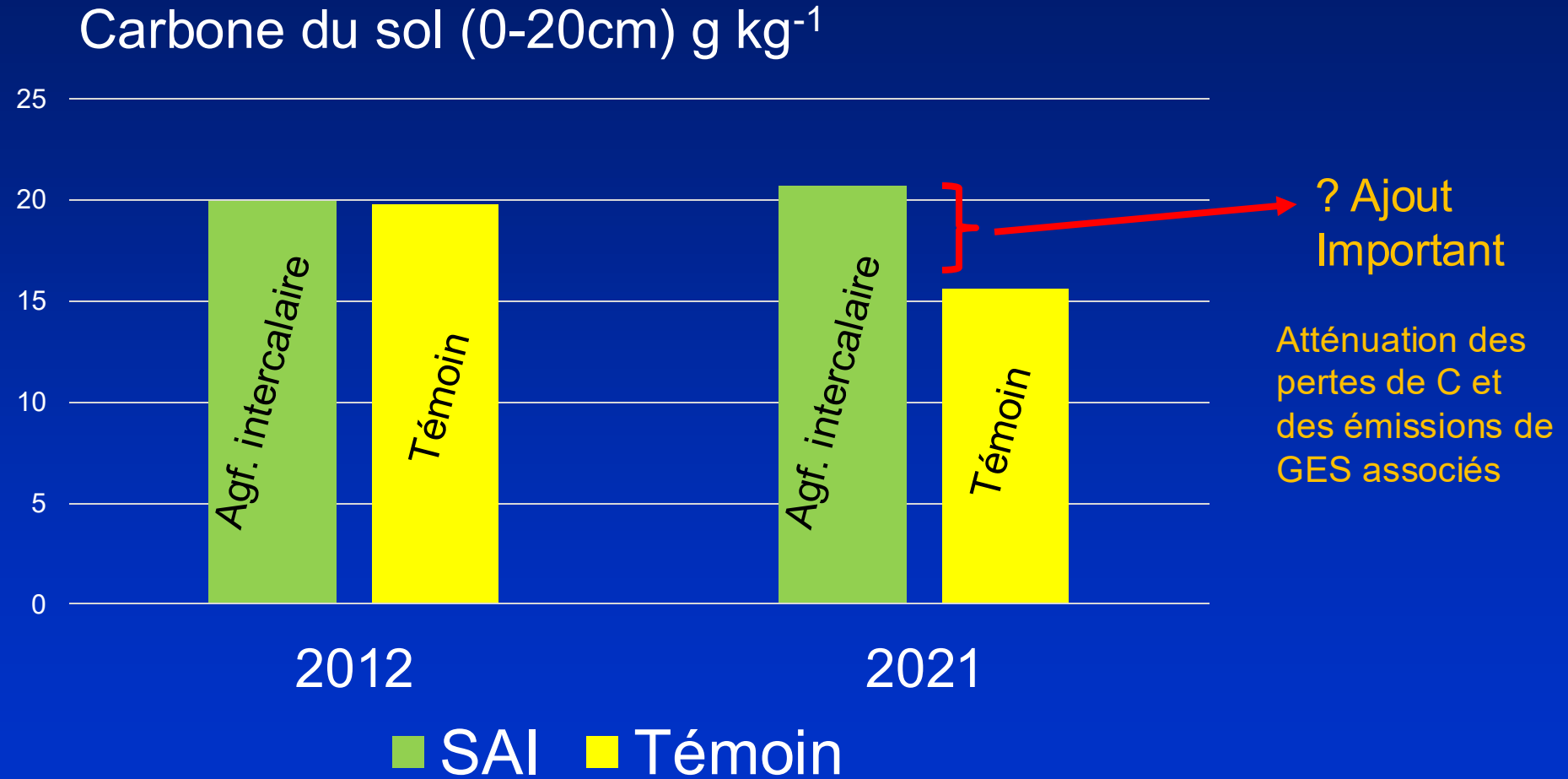


MOAM

Jilling *et al.* 2020;
Lavallee *et al.* 2020;
Sokol *et al.* 2022

- 2018 et 2019 %H₂O sol inférieur à 4 et 12 m du rang vs Témoin
- 2019 Température du sol -1 à -3 °C dans l'allée vs *Témoin*
- 2019 vent -13% à 4 et 12 m du rang et -28% à 20 m, vs Témoin
- Ces modifications influencent la décomposition de MO et le rendement
- Rendements soya (2018) et culture fourragère (2021) étaient (+) que le témoin
- Décomposition réduite ou litières aériennes et souterraines supérieures ?

Accumulation de C.... 2012....2021





Carbone dans les arbres

Avec 50 arbres/ha après 10 ans (réduction prévue à 25/ha)

- + 4000Kg C /ha
- + 400kg C /ha/an
- + 40g C /m²/an

La présence des peupliers élève ces valeurs
Leur retrait demeure nécessaire

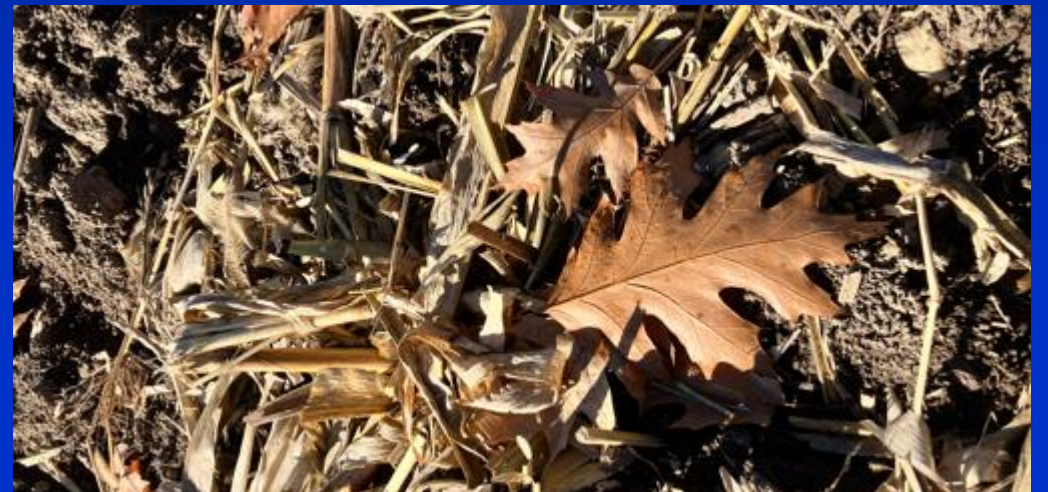
En résumé....

36 haies / Effets, âge, paillis sur C sol, litière, arbres contribuent

- Sans Effet distance (0m vs 40m témoin)

SAI_{BduF} Effets profondeur, distance, forêt, témoin, sans paillis

- ***davantage de C dans l'allée que Témoin (0-20cm prof)



Sites étudiés par Samuel Dulac (2023)

2 agroforestiers intercalaires

St-Télesphore 9ans

Baie-du-Febvre 11 ans

paillis

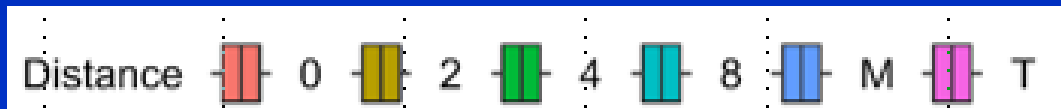


Mais

Sans
paillis

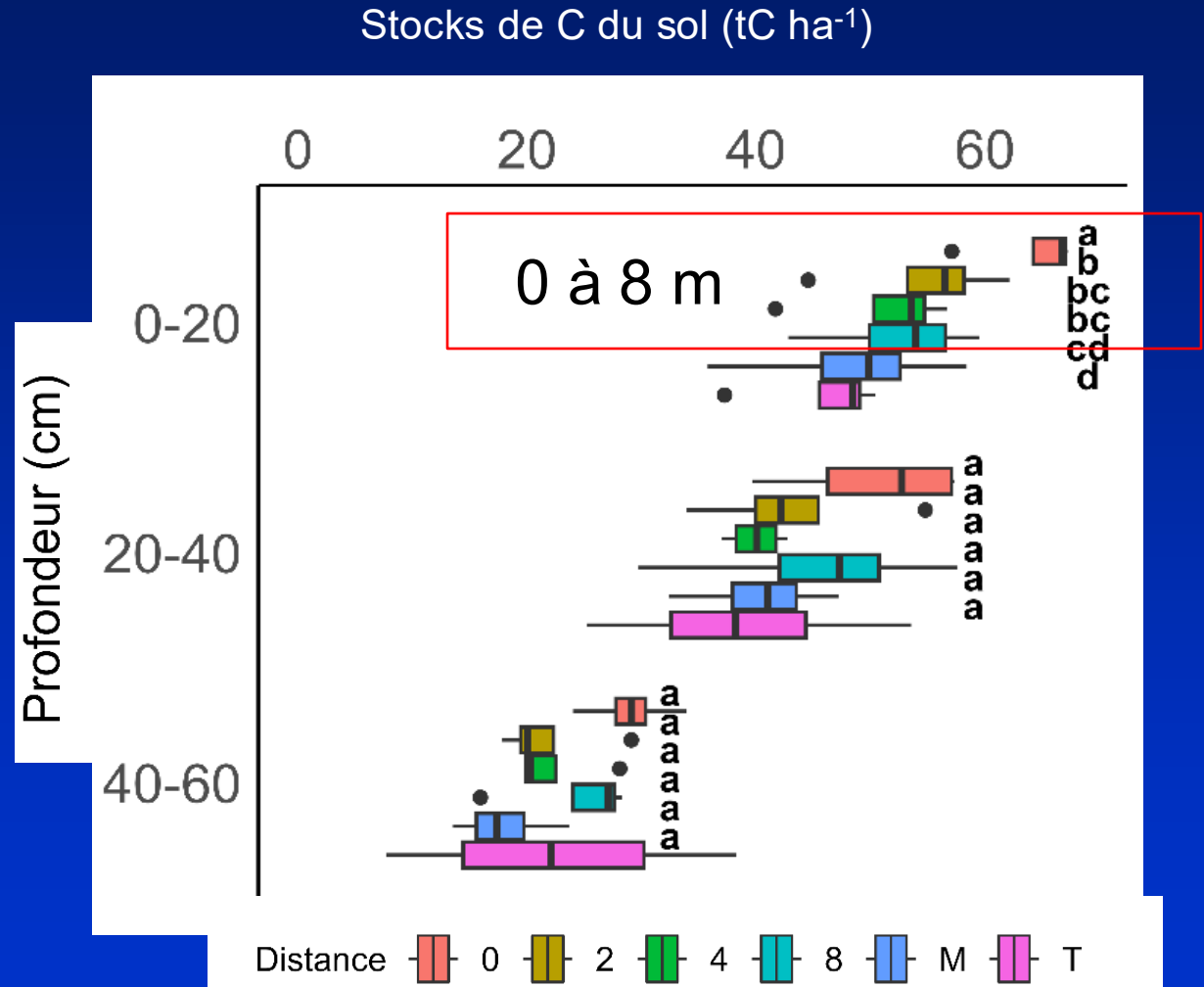


Luzerne



C du sol – Baie-du-Febvre 2023...11ans

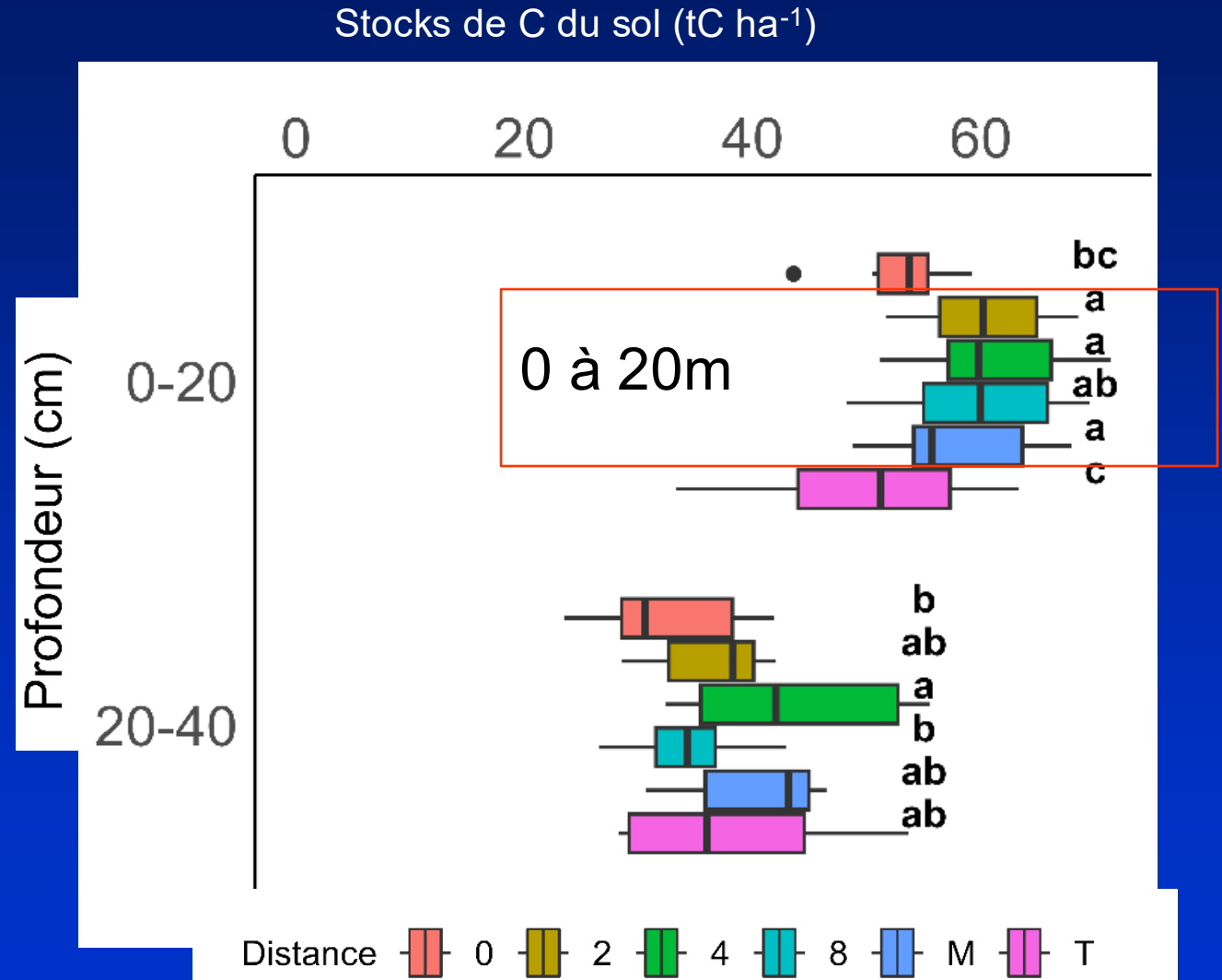
- 0-20 cm
+C de 0 à 8 m
vs témoins (rose)
- 0 m >> toutes les
autres distances
- Sans paillis !!
- Pas de différence aux
autres profondeurs



C du sol – St-Télesphore...9ans

0-20 cm
+C de 0 à 20m
vs témoins (rose)

- 0 m équivalent aux témoins
- Paillis présent !!



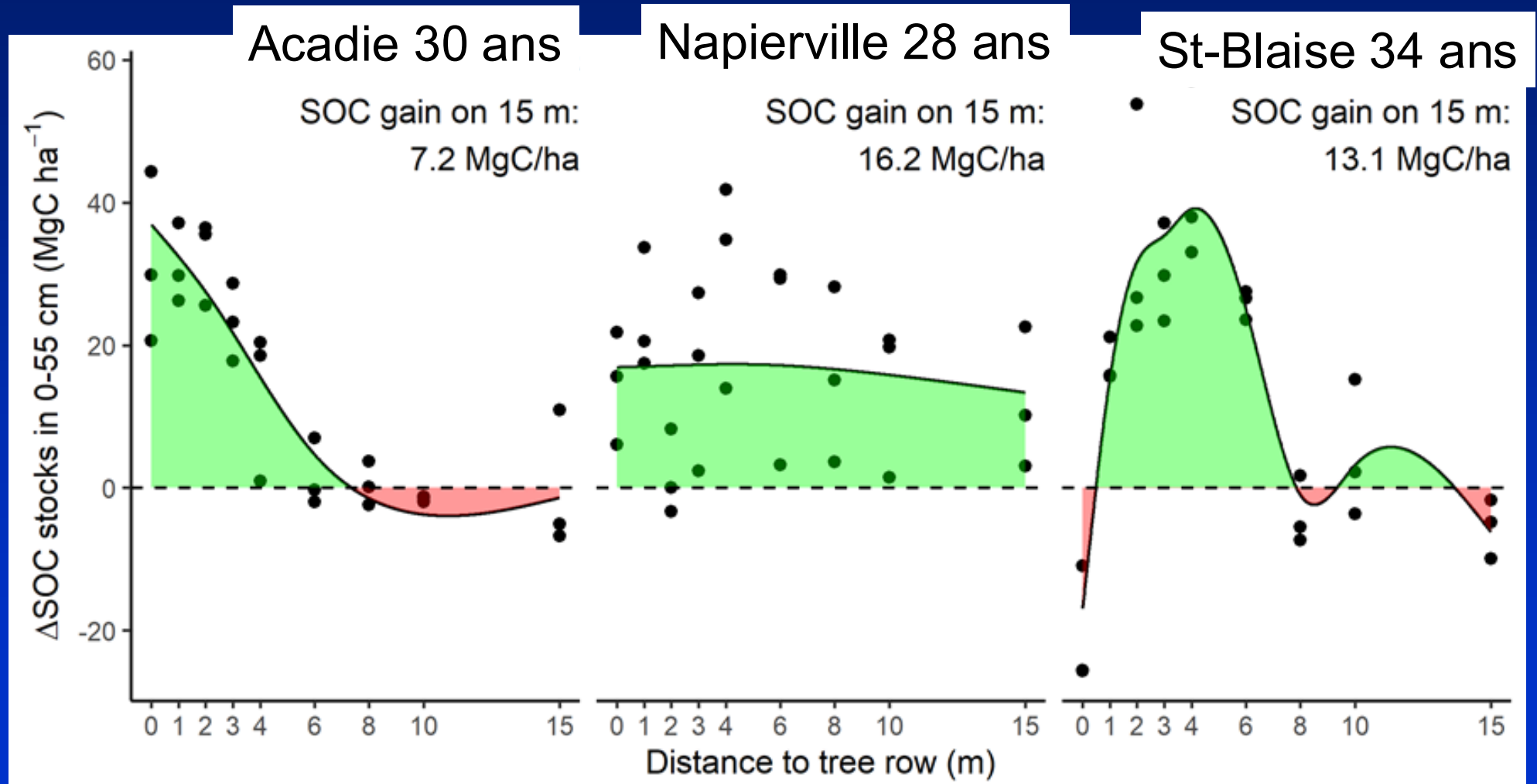


		Stocks de C dans le système intercalaire (tC ha ⁻¹)	
		Arbres	Sols
Site	Âge		
St-Télesphore	9	2,0 ± 0,7	101,4 ± 5,5
Baie-du-Febvre	11	5,3 ± 0,3	116,2 ± 7,9



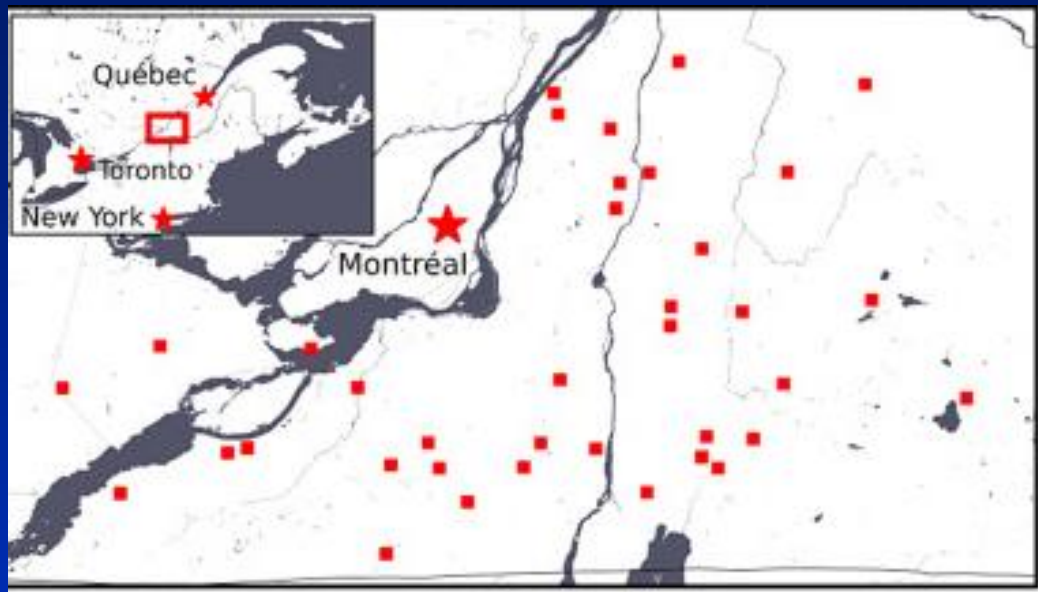
Haies matures (25-30 ans) Antoine Magnoux Ph.D.

▲ Comparaison au Témoin à 50m (0-55cm prof)



Succès d'établissement des arbres dans les aménagements agroforestiers

Antoine Mathieu M.Sc.



Montérégie & MRC de Brome-Missisquoi et de la Haute-Yamaska...

- 4 700 arbres
- 40 km de haies agroforestières
- 52 brise-vent – 26 bandes riveraines
- 37 fermes.

Caractéristiques des aménagements

Brise-
vent

Bande
riveraine

Number of
rows

1 row

38

22

2 rows

8

4

3 rows

6

0

Age

≤ 5 years

4

3

6–10 years

14

8

11–15 years

5

6

16–20 years

13

4

21–25 years

6

0

26–30 years

4

4

31–40 years

5

1

> 40 years

1

0

Composition

Conifers (without shrubs)

10

3

Broadleaf (without shrubs)

2

1

Broadleaf (with shrubs)

1

3

Mixed (without shrubs)

30

14

Mixed (with shrubs)

9

5

Adjacent crop
during
sampling

Hay

12

1

Maize

8

4

Soy

13

6

Market gardening

9

6

Others

10

9

Total

52

26

Résultats de survie - 78 haies (2022)

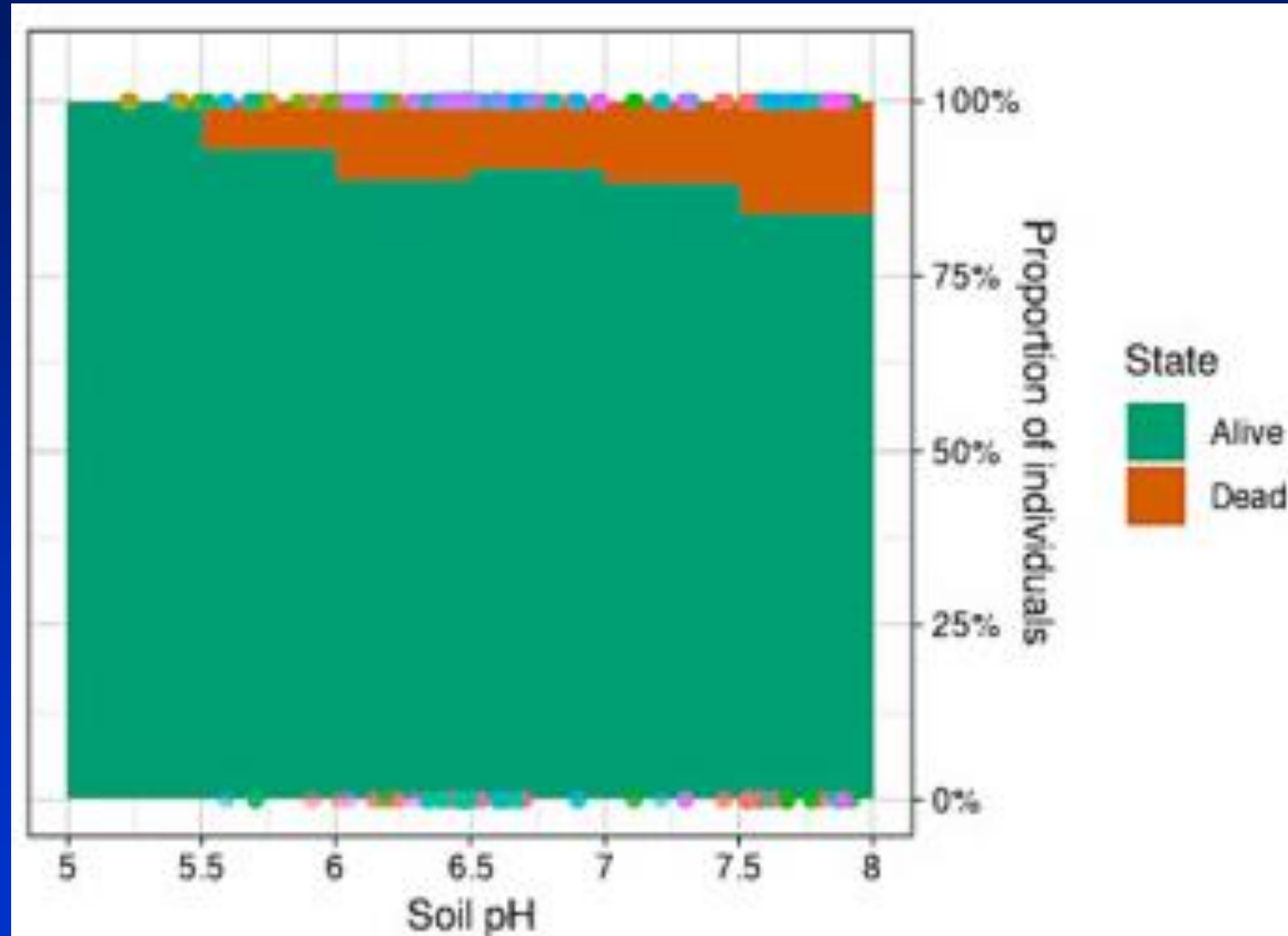
Tableau 1: Taux de survie de différentes espèces d'arbres plantés dans 78 haies brise-vent et bandes riveraines agroforestières en Montérégie. (Tiré du mémoire de maîtrise d'Antoine Mathieu, 2023).

Espèce	Taux de survie	n	Espèce	Taux de survie	n
<i>Picea glauca</i>	93,1%	1043	<i>Pinus sylvestris</i>	37,8	37
<i>Picea abies</i>	87,8%	698	<i>Juglans nigra</i>	97,0	33
<i>Fraxinus</i> spp. ¹	86,5%	488	<i>Quercus</i> spp. ³	36,6	30
<i>Larix laricina</i>	94,8%	425	<i>Populus</i> spp. ⁴	100	27
<i>Quercus macrocarpa</i>	95,1%	405	<i>Carya cordiformis</i>	100	19
<i>Larix x marschlinsii</i>	91,8%	280	<i>Picea</i> spp. ⁵	82,4	17
<i>Quercus rubra</i>	97,8%	181	<i>Acer saccharinum</i>	100	15
<i>Populus x canadensis</i>	100%	171	<i>Pinus strobus</i>	86,7	15
<i>Acer rubrum</i>	100%	107	<i>Pinus nigra</i>	100	14
<i>Acer saccharum</i>	100%	64	<i>Tilia americana</i>	100	14
<i>Pinus resinosa</i>	100%	63	<i>Abies balsamea</i>	90,9	11
<i>Prunus serotina</i>	100%	48	<i>Betula alleghaniensis</i>	90,0	10
<i>Juglans</i> spp. ²	100%	43	NA (individus morts)	0,0	272
			Taux moyen	86,4	4016

Le n correspond au nombre d'individus échantillonnés. 1 : *Fraxinus* spp. inclut *F. americana* et *F. pennsylvanica* ; 2 : *Juglans* spp. inclut (mais n'est pas limité à) *J. ailantifolia* et *J. cinerea* ; 3 : *Quercus* spp. inclut (mais n'est pas limité à) *Q. alba* et *Q. robur* ; 4 : *Populus* spp. inclut deux possibilités d'hybrides : *P. balsamifera* x *P. suaveolens* (syn. *P. maximowiczii*) et *P. x canadensis* x *P. suaveolens* (syn. *P. maximowiczii*) ; 5 : *Picea* spp. inclut (mais n'est pas limité à) *P. mariana*.

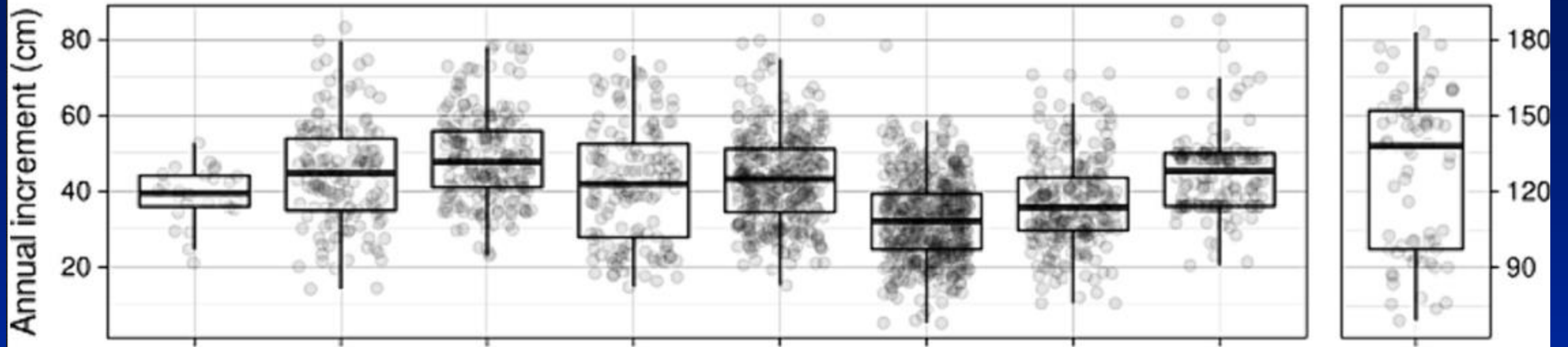
Mathieu, A., Cogliastro, A. et Rivest, D. 2024. Drivers of tree establishment in planted windbreaks and riparian buffers: A case study of farms in southern Quebec, Canada. *Geoderma Regional* 37: e00788.

Relation Survie / pH du sol

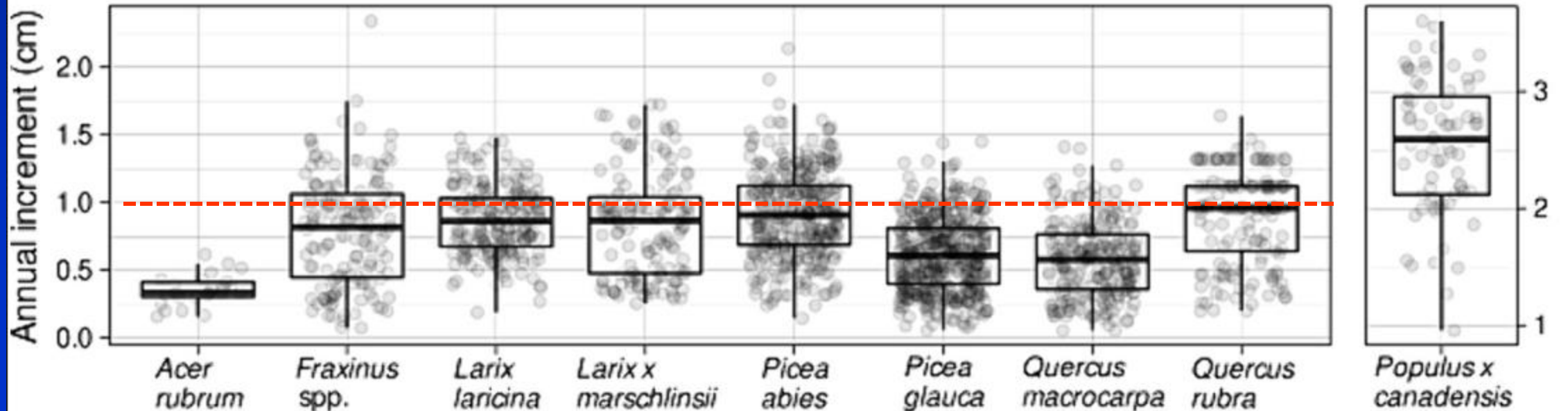


Croissance annuelle des espèces

a. Height



b. DBH



Croissance continue

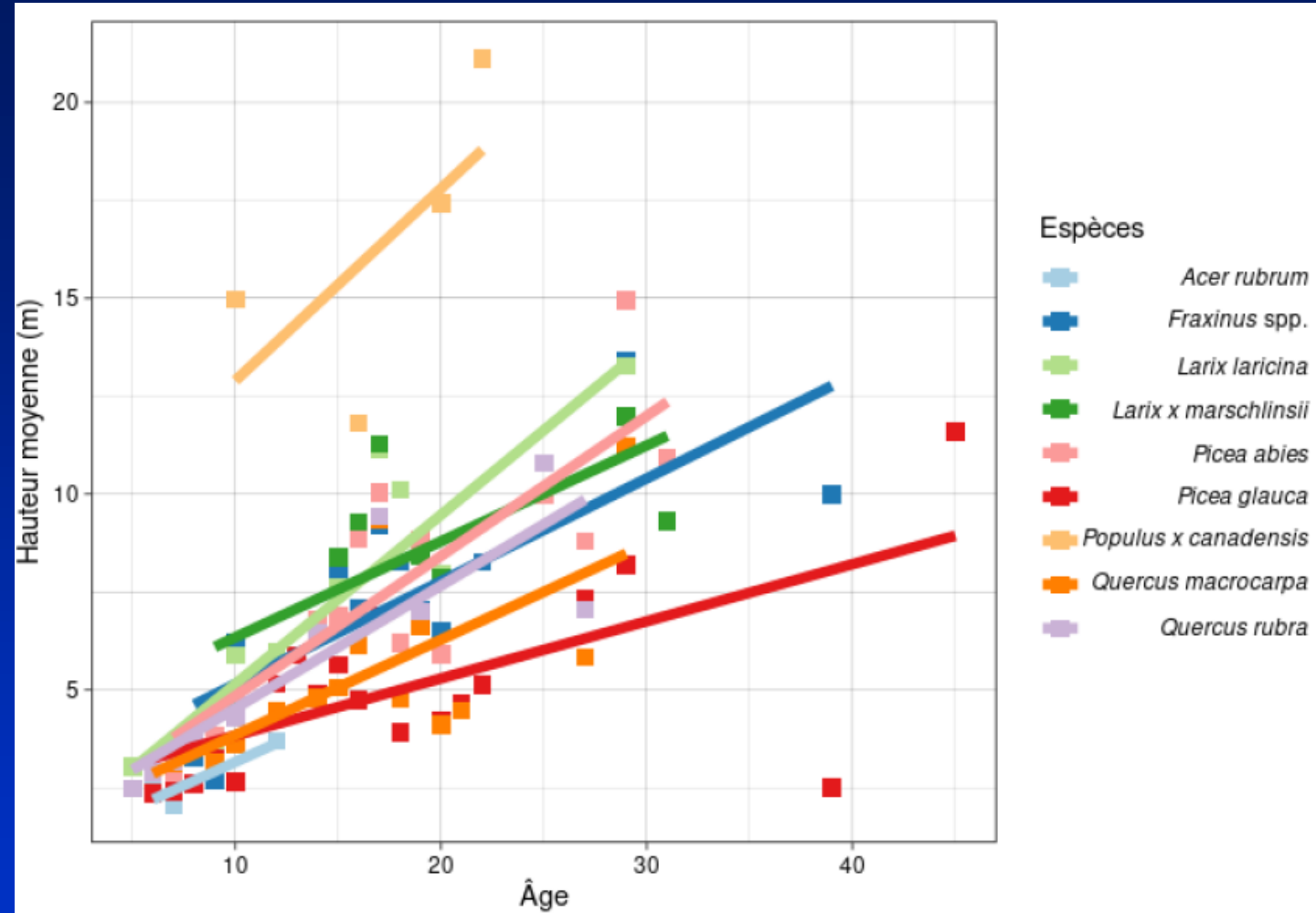
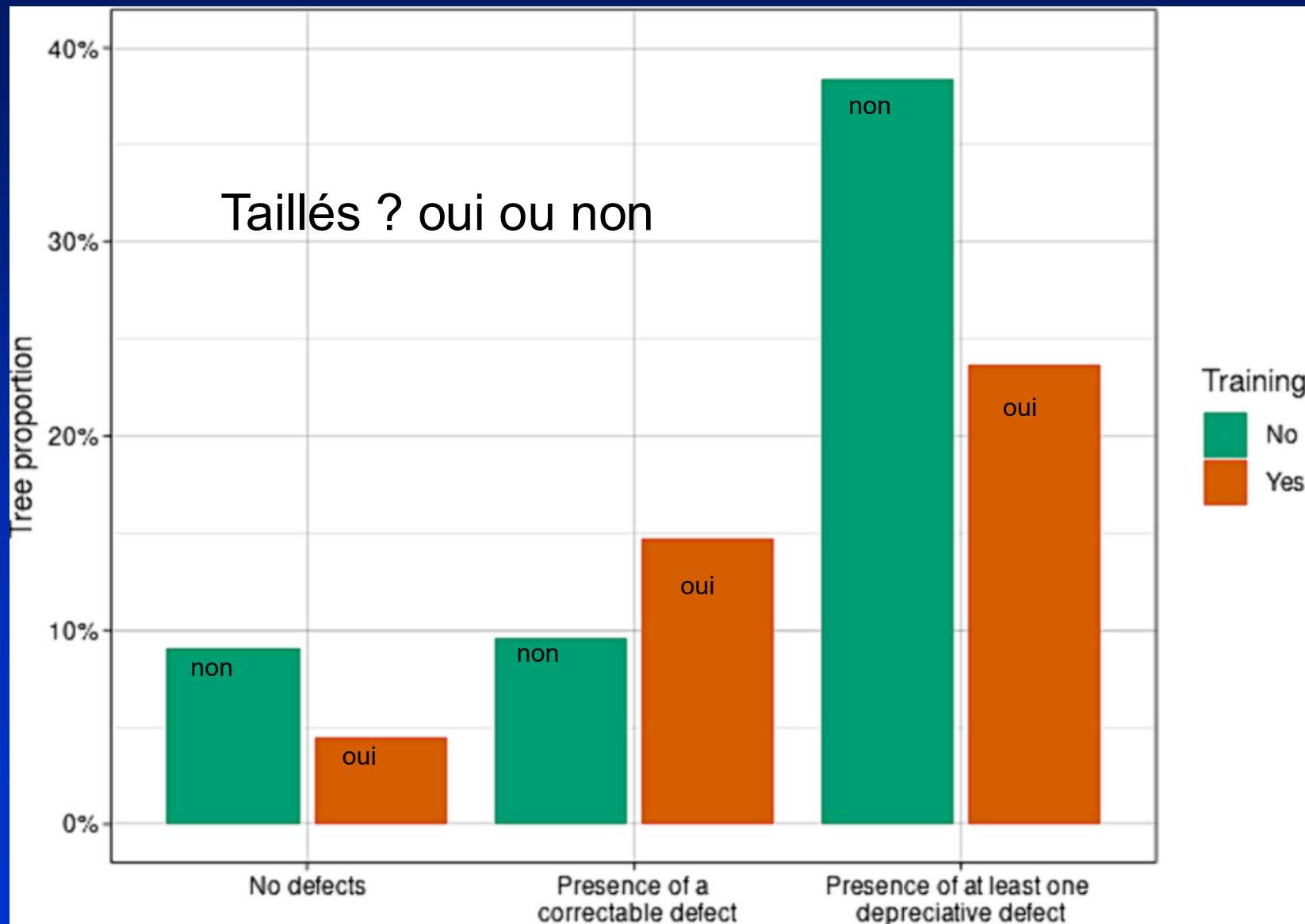


Figure 1 : Hauteur moyenne des espèces les plus fréquentes en fonction de leur âge. Chaque point représente la hauteur moyenne de tous les individus d'une espèce à l'âge donné. *Fraxinus* spp. inclut *F. americana* et *F. pennsylvanica*.

Défaut affectant la qualité d'usage du bois

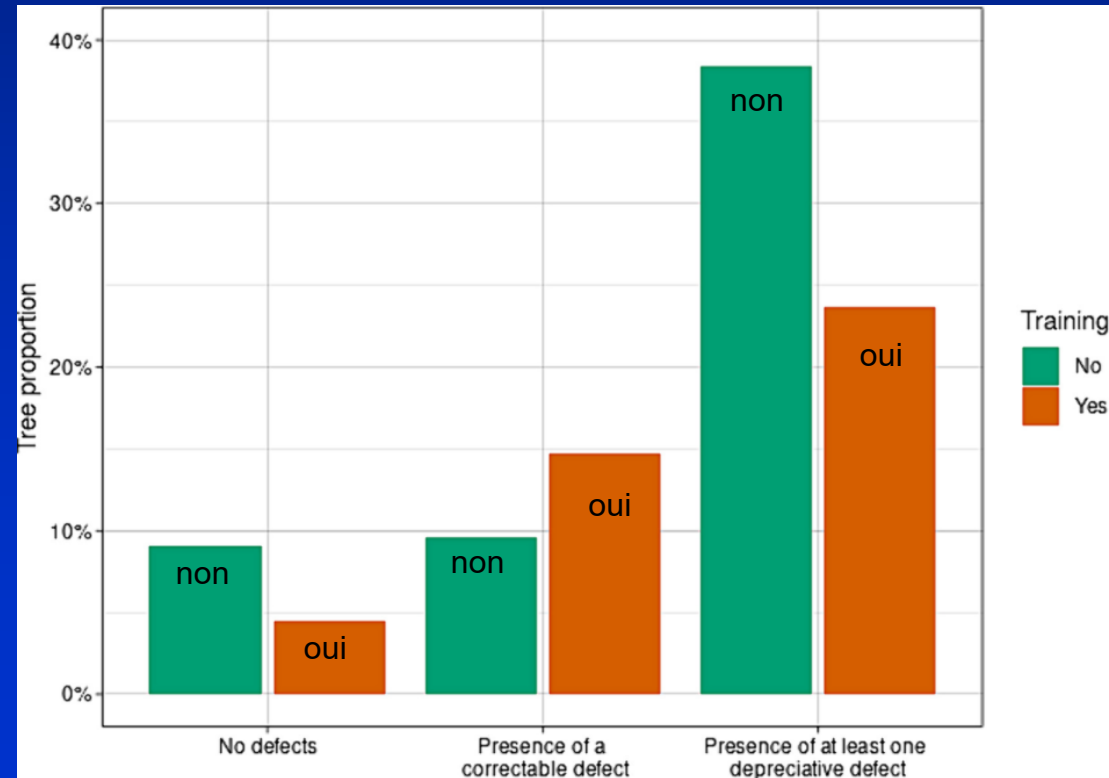




≈ 60% avec défauts importants
(fourches, gélivures, fissures ou trop grosses branches)

40% restant

≈ 25% avec défauts corrigibles
(84% petites branches de diamètre < 5 cm)
≈ 15% aucun défaut



Vers de
meilleures
pratiques



• Agroforesterie et son action à l'échelle du site et du paysage

- + Culture sur couverture végétale
- + Travail réduit du sol
- + Diversification des productions
- + Utilisation raisonnée des pesticides





Recommandations

- Réfléchir aux alternatives (permises par Prime-Vert!) aux rouleaux de plastique :
 - Plastique individuel de 1 m²
 - Paillis organiques dans un rayon de 50 cm (copeaux, BRF)
- De façon générale, indépendamment des systèmes, il faut attendre au moins 10-15 ans avant d'observer une accumulation dans le sol (comparativement aux témoins agricoles). Intégrer des espèces à croissance rapide comme les peupliers semble accélérer le processus.
- Cette accumulation de C organique se manifeste d'abord dans l'horizon de surface du sol où les dépôts organiques des arbres (et des autres plantes annuelles et pérennes des bandes non-cultivées) sont les plus importants. Elle peut ensuite se faire en profondeur au fur et à mesure que les arbres grandissent et sous une forme stable (MOAM).
- Dans les champs avec haies matures (ex. 25-30 ans), la zone d'accumulation peut s'étendre jusqu'à 15 m dans le champ.)
- On peut faire davantage de gains en C dans le réservoir du sol en SAI que dans les haies car les effets des arbres couvrent tout le champ.



Collaborateurs



Merci de
votre
attention

David Rivest (UQO)
Marc-Olivier Martin-Guay (UQO),
Samuel Dulac (UQO),
Émilie Maillard (AAC),
Antoine Mathieu (Arbre-Évolution)



\$\$

MAPAQ-CRSNG-AAC-Montérégie-MRNF
Agence forestière Montérégie

...et plus



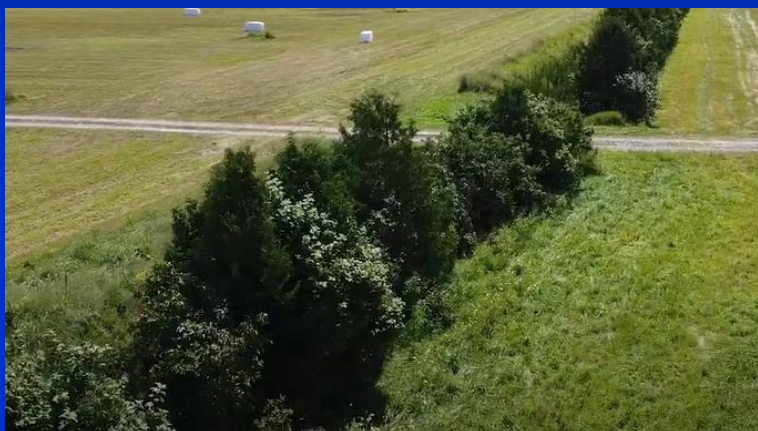
Guide d'aménagement de
SYSTÈMES AGROFORESTIERS



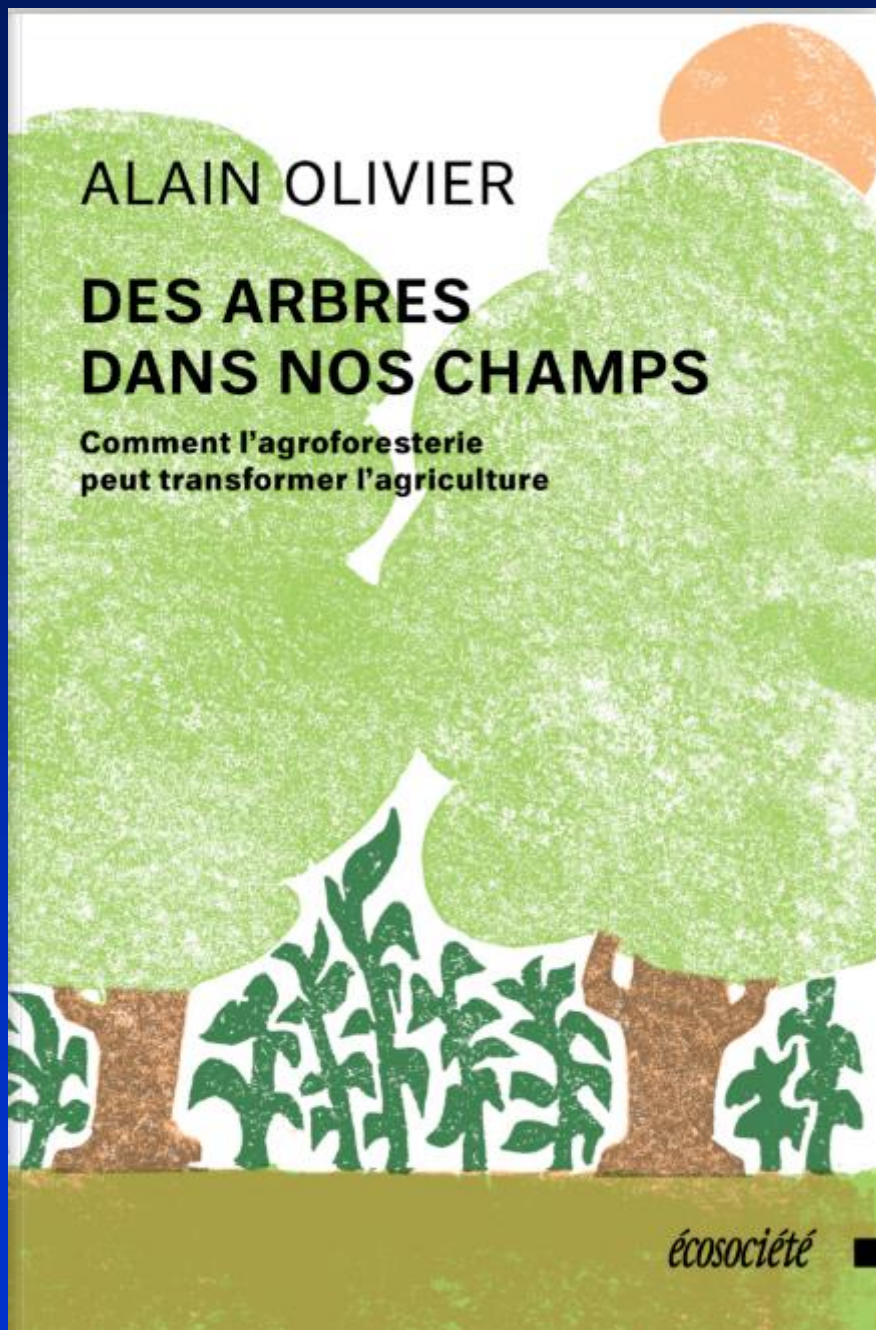


CETAB Centre d'expertise en agriculture biologique

Vous irez voir ces vidéos



- Aménager une haie pour la biodiversité
 - <https://www.youtube.com/watch?v=CSE4DV2Q6kw>
- Des haies agroforestières aux multiples fonctions
 - <https://www.youtube.com/watch?v=SlvYteV1rZo>
- Planification, implantation et entretien des aménagements agroforestiers
 - <https://www.youtube.com/watch?v=UUiCVVgb9K8>



Guide d'aménagement de **SYSTÈMES AGROFORESTIERS**





La reconnaissance est là !!
MAPAQ
MRNF - Entente sectorielle
Montréal

Recommandations (2017)

1. Reconnaître le potentiel de l'agroforesterie

Une **intégration** claire du terme « **agroforesterie** » dans les **politiques gouvernementales** ainsi que dans les **plans d'action des principales organisations**:

/agriculture /forêt /environnement /aménagement du territoire

