



Webinaire FLORSYS (24-03-2026)

Intégrer le mécanisme d'allélopathie dans un modèle mécaniste simulant les interactions entre plantes cultivées et adventices (FLORSYS)

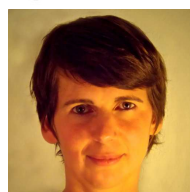
Delphine MOREAU (Agroécologie), Aurélie BAQUET (Agroécologie), Alain BOUCHEREAU (IGEPP),
Younès Dellerio (IGEPP), Alexandre DE SAINT GERMAIN (IJPB), Aurélie GFELLER (Agroscope),
Sophie JASINSKI (IJPB), Oumayma MHAMDI (IJPB), Nathalie COLBACH (Agroécologie)



Agroscope



Agroécologie
Dijon
Unité de Recherche



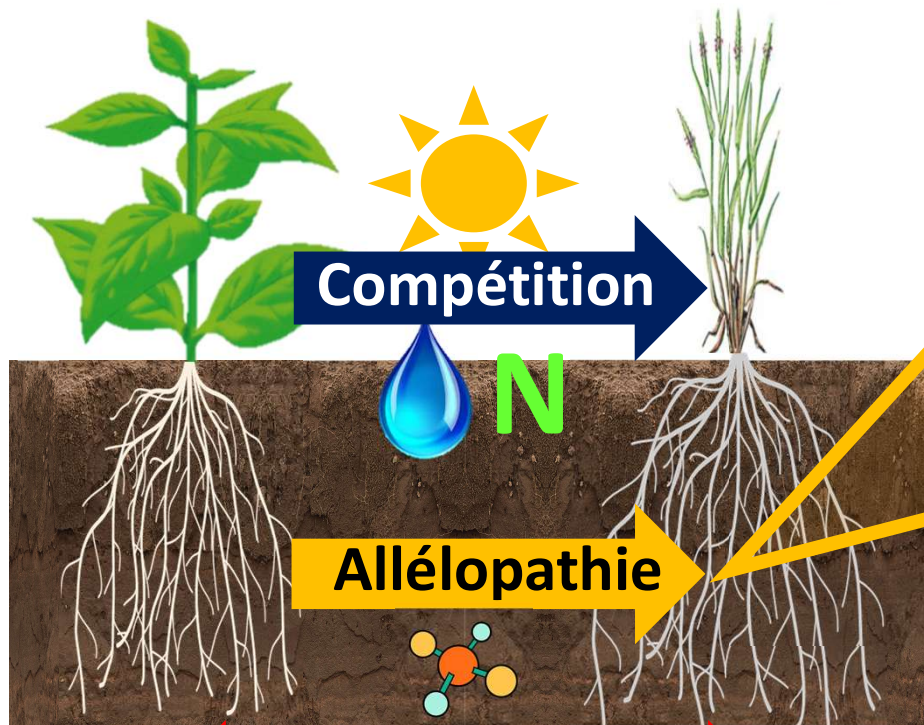
1. Contexte



Cultures avec un pouvoir répressif

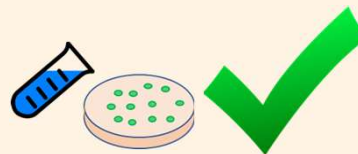
Culture

Adventice



Les plantes doivent être assez proches
⇒ Compétition

Tout effet négatif d'une plante sur une autre
par le relargage de composés chimiques
(principalement par les racines)



Attesté au laboratoire



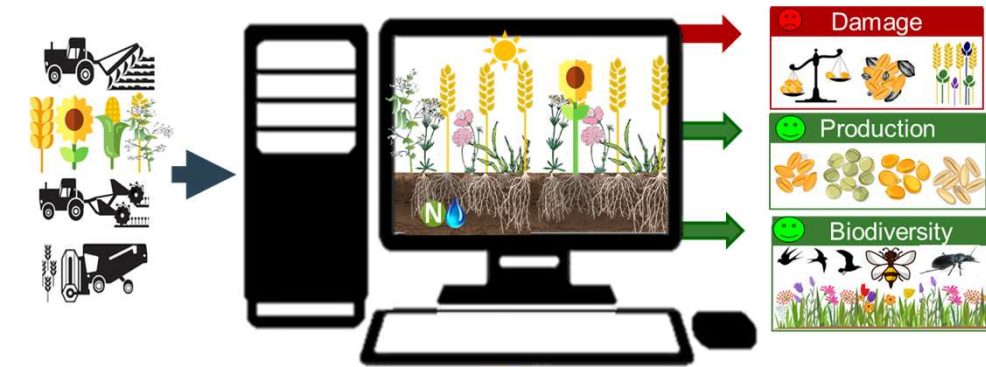
Difficile à observer au champ
car difficile d'isoler ses effets
de ceux de la compétition

(Mahé et al. 2022 Agronomy for Sustainable Development)

→ Est-ce que l'allélopathie est un mécanisme
intéressant à mobiliser en plus de la compétition
pour favoriser la régulation biologique des
adventices ?

1. Contexte

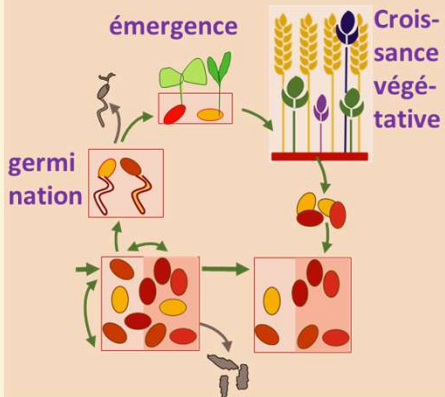
Modèles mécanistes : des outils précieux pour estimer des variables/mécanismes difficiles à mesurer au champ



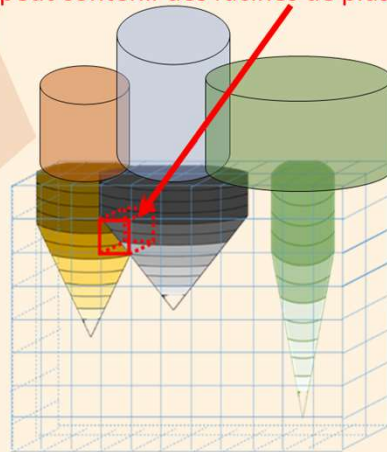
Modèle mécaniste FLORSYS (Colbach et al., 2021)

→ Synthétiser les connaissances et simuler les effets des systèmes de culture en interaction avec le pédoclimat sur la dynamique des adventices et la production des cultures

Différents stades de croissance et développement avec les processus sous-jacents



Interactions souterraines fonction de la distribution des racines dans des voxels (un voxel peut contenir des racines de plusieurs plantes)

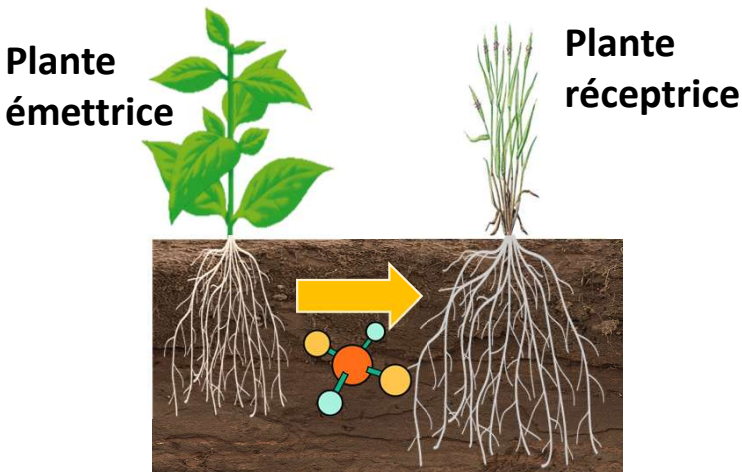


- Modèle 3D individu-centré
- Pas de temps journalier
- Intègre compétition et les interactions souterraines
- Mais pas les interactions allélopathiques



2. Objectifs et étapes

1. Ajouter un « module allélopathie » au modèle FlorSys avec des paramètres reflétant les effets d'espèces émettrices et la réponse d'espèces réceptrices en interaction avec le milieu



2. Utiliser la nouvelle version du modèle pour :

- Quantifier les effets de l'allélopathie (plantes vivantes) au champ indépendamment de la compétition

→ Simuler différents scénarios (systèmes de culture x climats) :

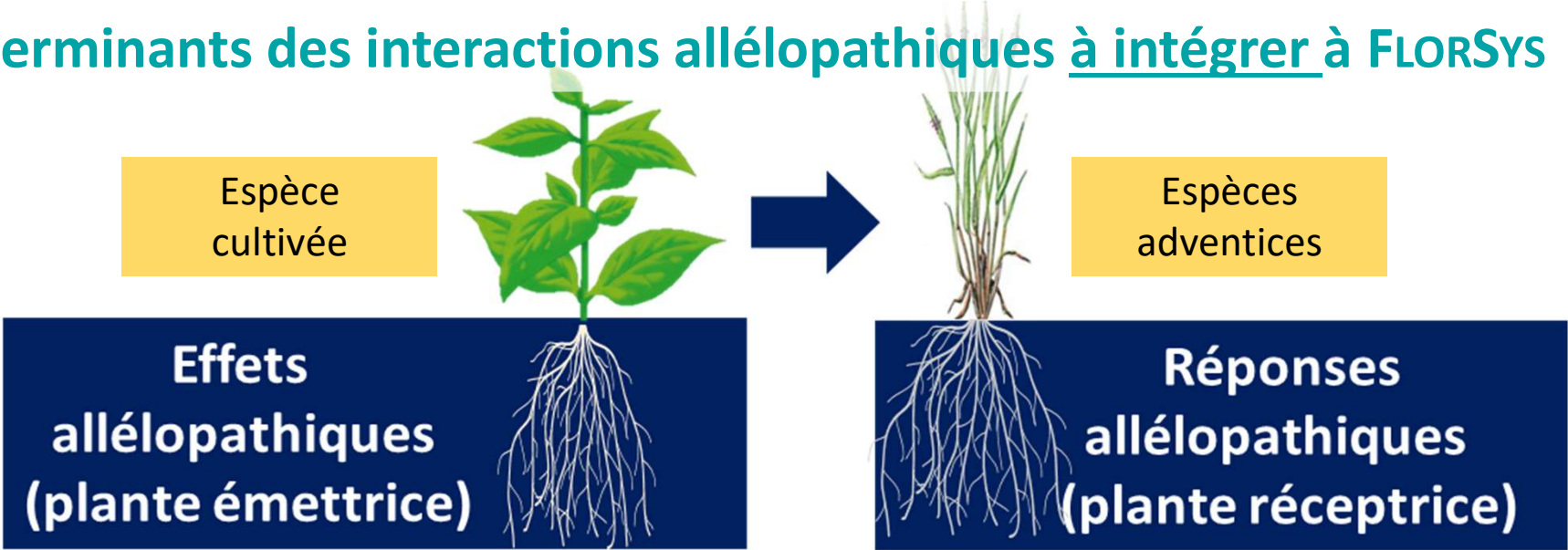
Série de simulation	Modules activés	
	Compétition	Allélopathie
Avec adventice	✓	
	✓	✓



Effets de l'allélopathie par la culture sur les adventices (dynamique, nuisibilité, bénéfiques)

- Identifier dans quelle situation et comment on peut chercher à piloter ce mécanisme pour favoriser la régulation biologique des adventices

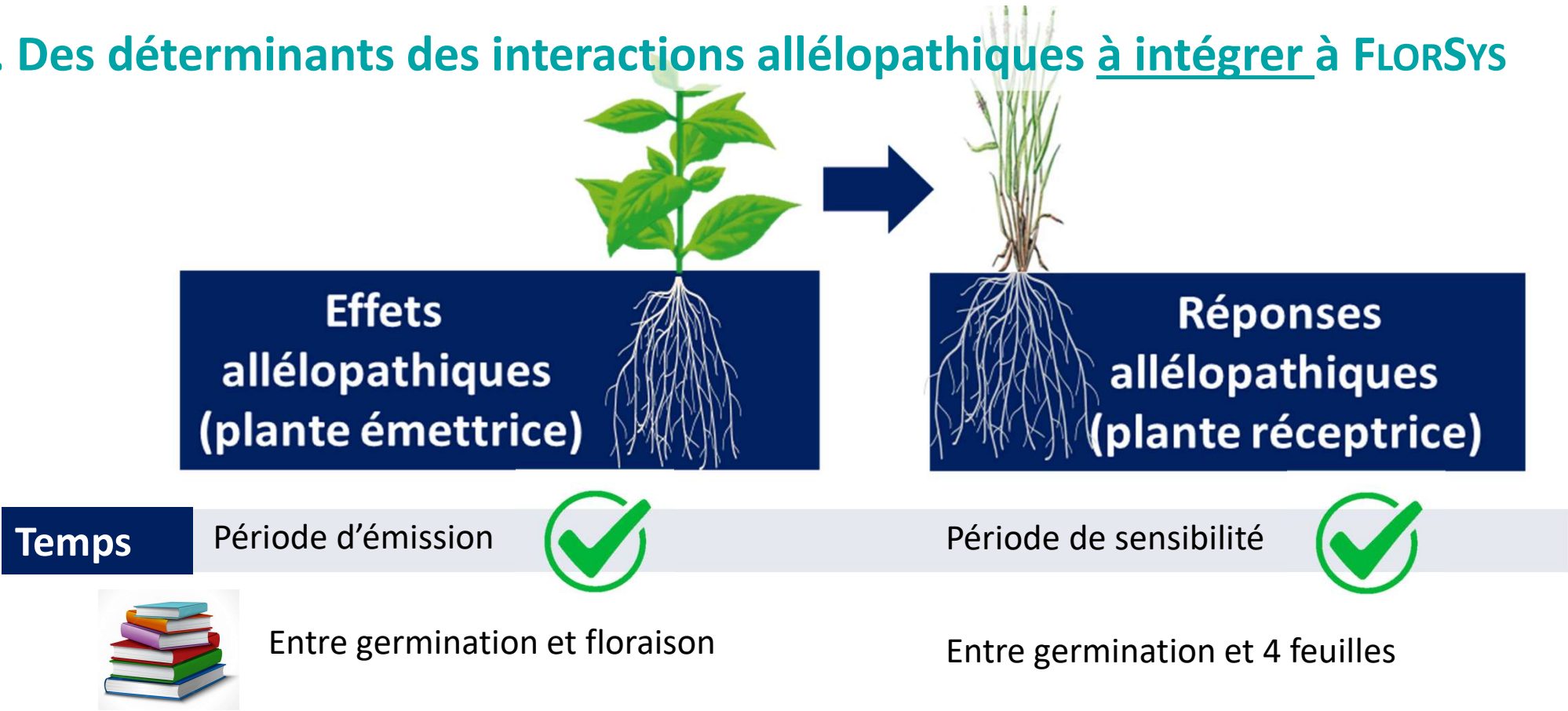
3. Des déterminants des interactions allélopathiques à intégrer à FLORSys



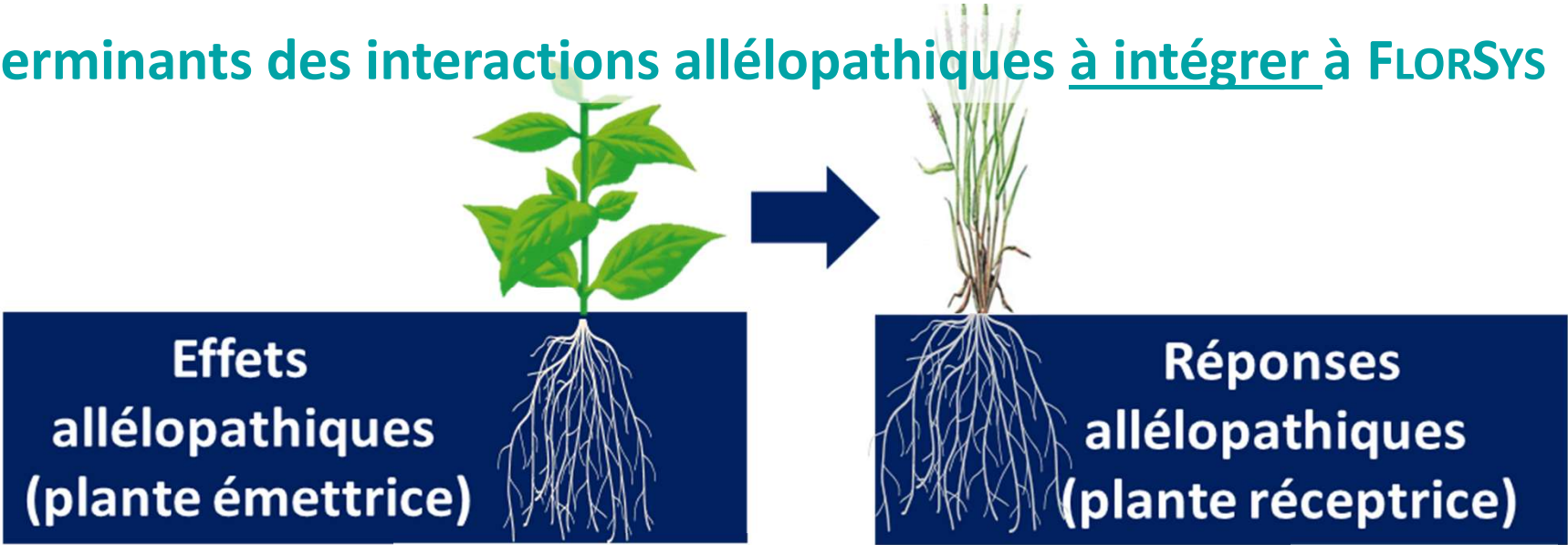
Temps	Période d'émission	Période de sensibilité
Espace	Zones d'émission racinaire Distance d'émission	Zones d'absorption racinaire Distance d'absorption
Intensité	Quantité de composés émis Rémanence des composés	Réponse de la plante (germination, croissance...)

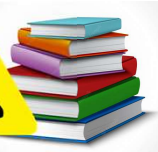
→ Cadre de modélisation

3. Des déterminants des interactions allélopathiques à intégrer à FLORSys



3. Des déterminants des interactions allélopathiques à intégrer à FLORSys

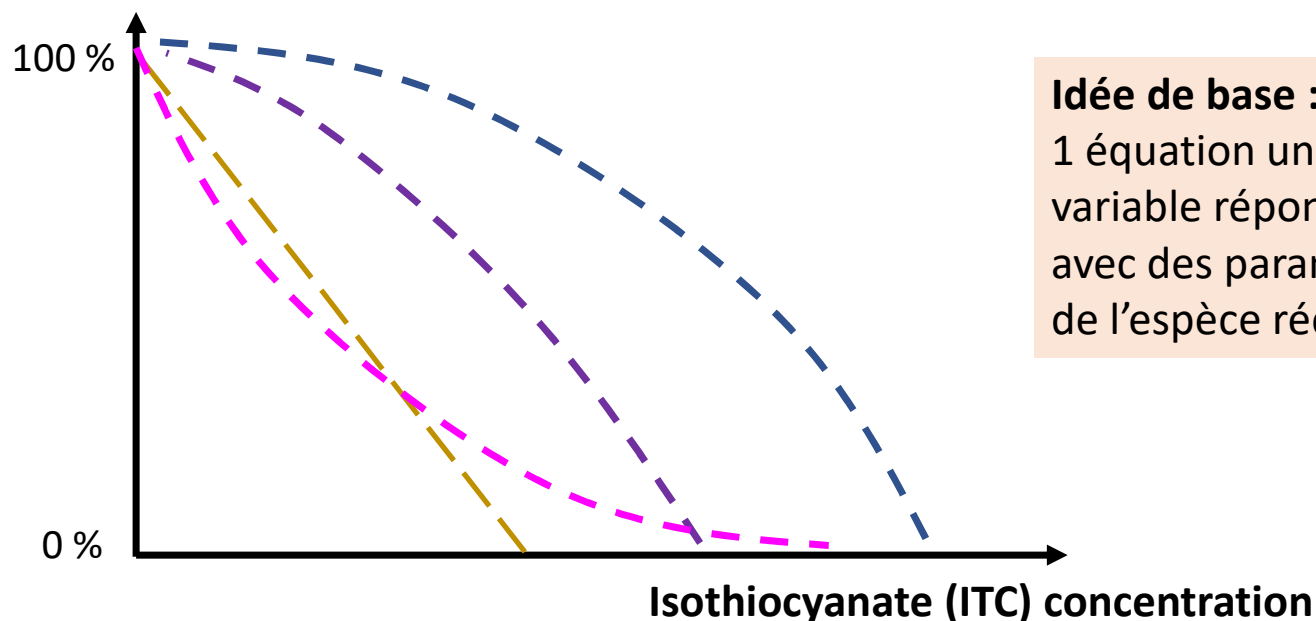


Temps	Période d'émission 	Période de sensibilité 
Espace	Zones d'émission racinaire  Distance d'émission  	Zones d'absorption racinaire  Distance d'absorption 
Intensité	Quantité de composés émis  Rémanence des composés  	Réponse de la plante (germination, croissance...) 

4. Comment modéliser la diversité de réponses des plantes sensibles ?

Weed germination rate or shoot growth or root growth

Illustration de l'attendu :



Idée de base :

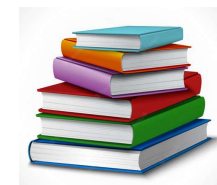
1 équation unique pour une variable réponse donnée avec des paramètres dépendants de l'espèce réceptrice

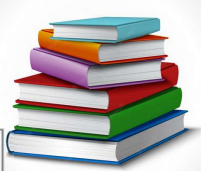
Recherche biblio sur WOS le 24/05/2024 :

ALL=((glucosinol* OR isothioc*) AND (weed AND germination))

⇒ 74 articles

⇒ 5 articles avec des données qu'on pourrait récupérer





4. Comment modéliser la diversité de réponses des plantes sensibles ?

	Variables de réponse	Espèce réceptrice	Catégorie ITC
Uremis et al 2009	• % germination • Longueur aérienne • Longueur racinaire	• AMARE • SOLNI • ECHCO • POROS • PHYAN	Différentes concentrations en extraits de colza caractérisés au niveau de leur concentration en benzyl-ITC et allyl-ITC
Petersen et al 2001	• % germination	• SONAS • MATIN • ECHCG • AMAHY • ALOMY • Blé	Composés synthétiques [0-200] mg/L • 6 espèces : 1 ITC (methyl-) • AMAHY : 6 ITC (methyl-, phenylethyl-, benzyl-, allyl-, n-propyl-, n-butyl-)
Bainard et al 2009	• % germination • Longueur radicule	• AGRSP • FESID • CENBB ou CENRH • SSYLO	Composés synthétiques [0.01-1] mM • isopropyl • sec-butyl
Lefebvre et al 2018	• % germination • % mortalité • % dormance	• CHEAL • AMBEL • DAUCA • SETVI • VICCR • ABUTH • GASCI • TRFPR	Différentes concentrations en extraits de moutarde indienne caractérisés au niveau de leur concentration en allyl-ITC , butyl-ITC , allyl-thiocyanate
Teasdale et al 1986	• % germination • % viabilité • Temps pour atteindre 50% et 90 % germination	• DIGSA	Composé synthétique • Méthyl-ITC [0.01-1] mM

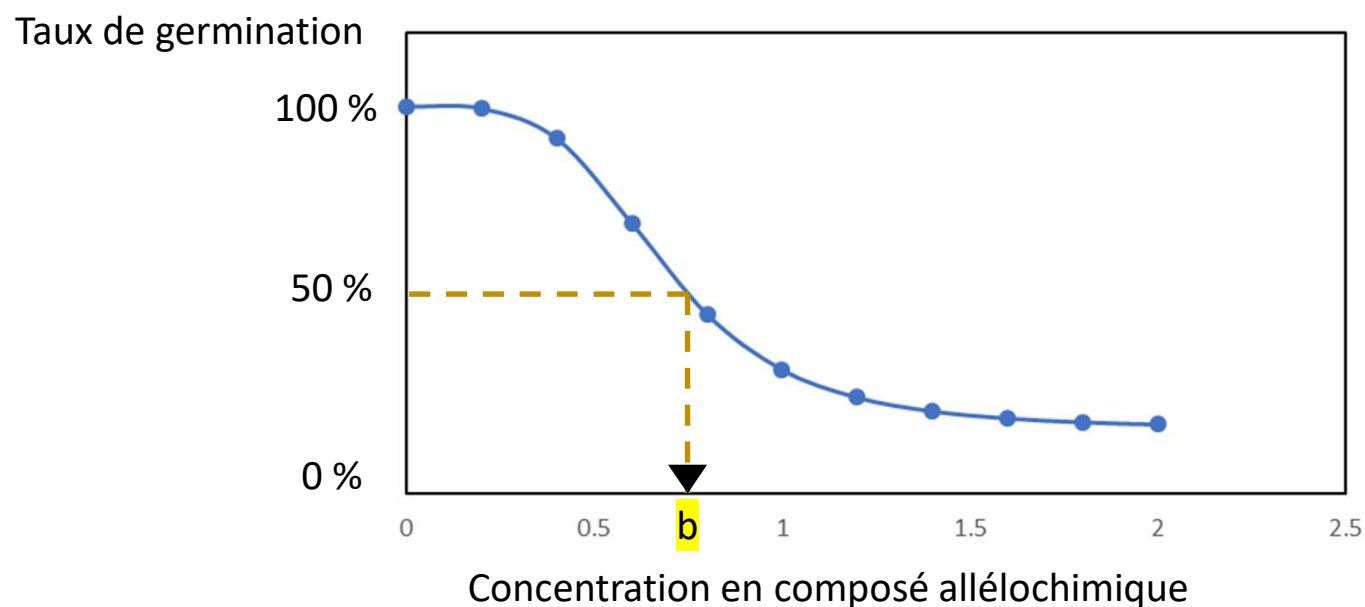
4. Comment modéliser la diversité de réponses des plantes sensibles ?

Equation logistique de Lefebvre et al. (2018) :

$$\text{Taux de germination} = \frac{100}{1 + (\text{concentration}/b)^c}$$

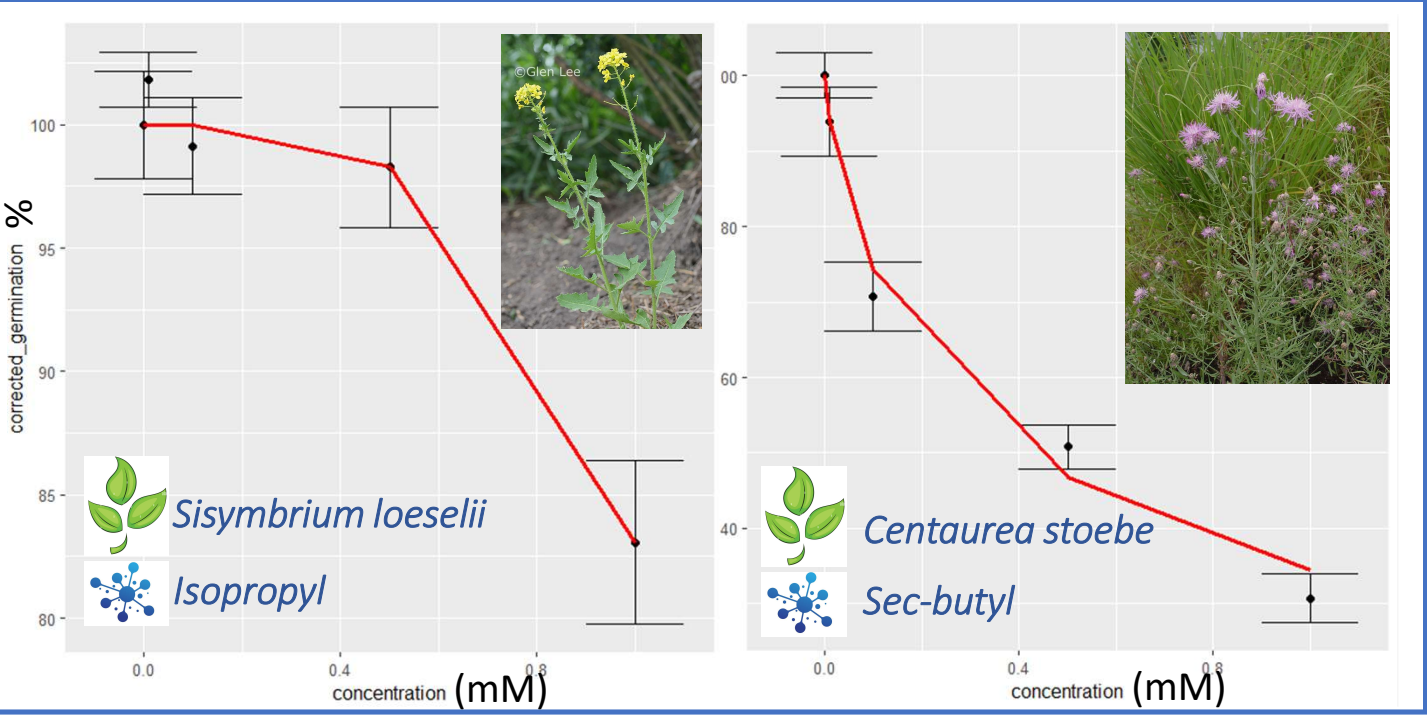
b : concentration quand le taux est de 50 %

c : paramètre de forme de la courbe (pente plus raide avec c élevé)

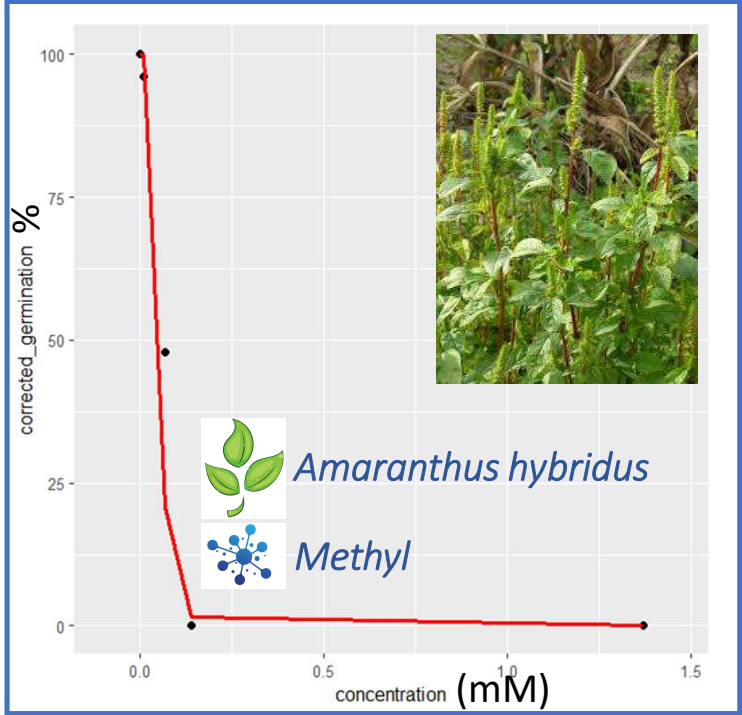


4. Comment modéliser la diversité de réponses des plantes sensibles ?

Données de Bainard (2009)



Données de Petersen (2001)



→ Paramétrage de la réponse de 11 espèces adventices à 1-6 composés (isothiocyanates) par espèce

5. Conclusions

- Travail **interdisciplinaire** d'organisation et de synthèse des connaissances
- Cadre de modélisation utile pour favoriser le **dialogue entre disciplines**
- **Long et fastidieux** (quantité et qualité des articles bibliographiques) mais **enrichissant** (interdisciplinarité) et **original** (pas de modèle équivalent à ce jour)
- La plupart des **équations définies**
- **Paramétrage incomplet** (plus de lacunes qu'anticipé) :
 - Nature et quantité des composés (ITC) émis par le colza (IGEPP)
 - Diversité de réponse des adventices à ces ITC
 - Réponse de la germination
 - Réponse de la croissance post-levée
 - Réponse à des mélanges d'ITC (effets additifs ? synergique ?)

Soil volume with molecules emitted by emitting plants		
1 vd vxyz vm vj s = emitting species of molecule m (Table 1) and l _{xyz} = <i>EmittingStage</i> _{xyz}	$VoxVolE_{mxyz} = VoxRE_{mxyz} \cdot \pi \cdot (VoxDRR_{mxyz} / 2 + DistInfE_{mxyz})^2 / VoxVol_{mxyz}$	• <i>EmittingStage</i>_{xyz}: Period in the cycle when the emitting species s emits molecule m • <i>VoxVolE</i>_{xyz} (voxel / voxel): Volume of emission of the root of the emitting plant j of species s for molecule m in voxel xyz on day d • <i>VoxRE</i>_{xyz} (cm / voxel): Cumulated Root length of the emitting plant j of species s in voxel xyz on day d • <i>VoxDRR</i>_{xyz} (cm): Root diameter of the of the emitting plant j of species s in voxel xyz on day d (taken from the <i>qobaniche</i> version of <i>ElecSua</i>) • <i>DistInfE</i>_{xyz} (cm): Distance of emission of molecule m around the roots of the emitting species s • <i>VoxVol</i>_{xyz} (cm / voxel): Voxel volume
2 vd vxyz vm	$VoxVolE_{mxyz} = \sum_{j=1}^{N_j} V_{jxyz} (VoxVolE_{mxyz})$	• <i>VoxVolE</i>_{xyz} (voxel / voxel): Volume of emission of the roots of all the emitting plants for molecule m in voxel xyz on day d
Soil volume in which molecules can be taken up by receiving plants		
3 vd vxyz vm vj s = receiving species of molecule m (Table 1) and l _{xyz} = <i>ReceivingStage</i> _{xyz}	$VoxVolR_{mxyz} = VoxRE_{mxyz} \cdot \pi \cdot (VoxDRR_{mxyz} / 2 + DistInfR_{mxyz})^2 / VoxVol_{mxyz}$	• <i>ReceivingStage</i>_{xyz}: Period in the cycle when the receiving species s absorbs molecule m • <i>VoxVolR</i>_{xyz} (voxel / voxel): Volume of absorption of the roots of the receiving plant j of species s for molecule m in voxel xyz on day d
		• <i>VoxRE</i>_{xyz} (cm / voxel) = Root length of the of the receiving plant j of species s in voxel xyz on day d • <i>VoxDRR</i>_{xyz} (cm) = Root diameter of the of the receiving plant j of species s in voxel xyz on day d (taken from the <i>qobaniche</i> submodel of <i>ElecSua</i>) • <i>DistInfR</i>_{xyz} (cm) = Distance of absorption of molecule m around the roots of the receiving species s
4 vd vxyz vm	$VoxVolR_{mxyz} = \sum_{j=1}^{N_j} V_{jxyz} (VoxVolR_{mxyz})$	• <i>VoxVolR</i>_{xyz} (voxel / voxel) = Volume of absorption of the roots of all the receiving plants for molecule m in voxel xyz on day d
Soil volume in which allelopathic interactions occur		
5 vd vxyz vm	$VoxVolAllo_{mxyz} = VoxVolE_{mxyz} - VoxVolR_{mxyz} - VoxVol_{mxyz}$	• <i>VoxVolAllo</i>_{xyz} (cm / voxel) = Volume of allelopathic interaction for molecule m in voxel xyz on day d
Allelochemical concentration in the soil volume in which allelopathic interactions occur		
6 vd vxyz vm vj s = emitting species of molecule m (Table 1) and l _{xyz} = <i>EmittingStage</i> _{xyz} Si rémanence > 0, s'ajoute à la rémanence tant qu'on n'a pas écrit à déjà pour le module b	$VoxMolQuant_{mxyz} = (VoxVolAllo_{mxyz} \cdot VoxMolConc_{mxyz}) / (VoxVolE_{mxyz} - VoxVolR_{mxyz})$	• <i>VoxMolQuant</i>_{xyz} (g molecule / voxel):
7 vd vxyz vm	$VoxMolConc_{mxyz} = VoxMolQuant_{mxyz} / (VoxVolE_{mxyz} - VoxVolR_{mxyz})$	

