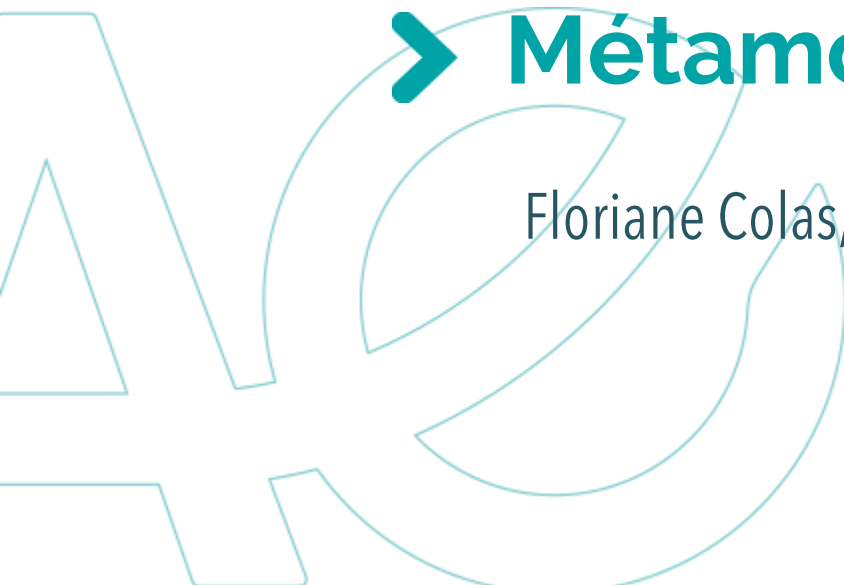
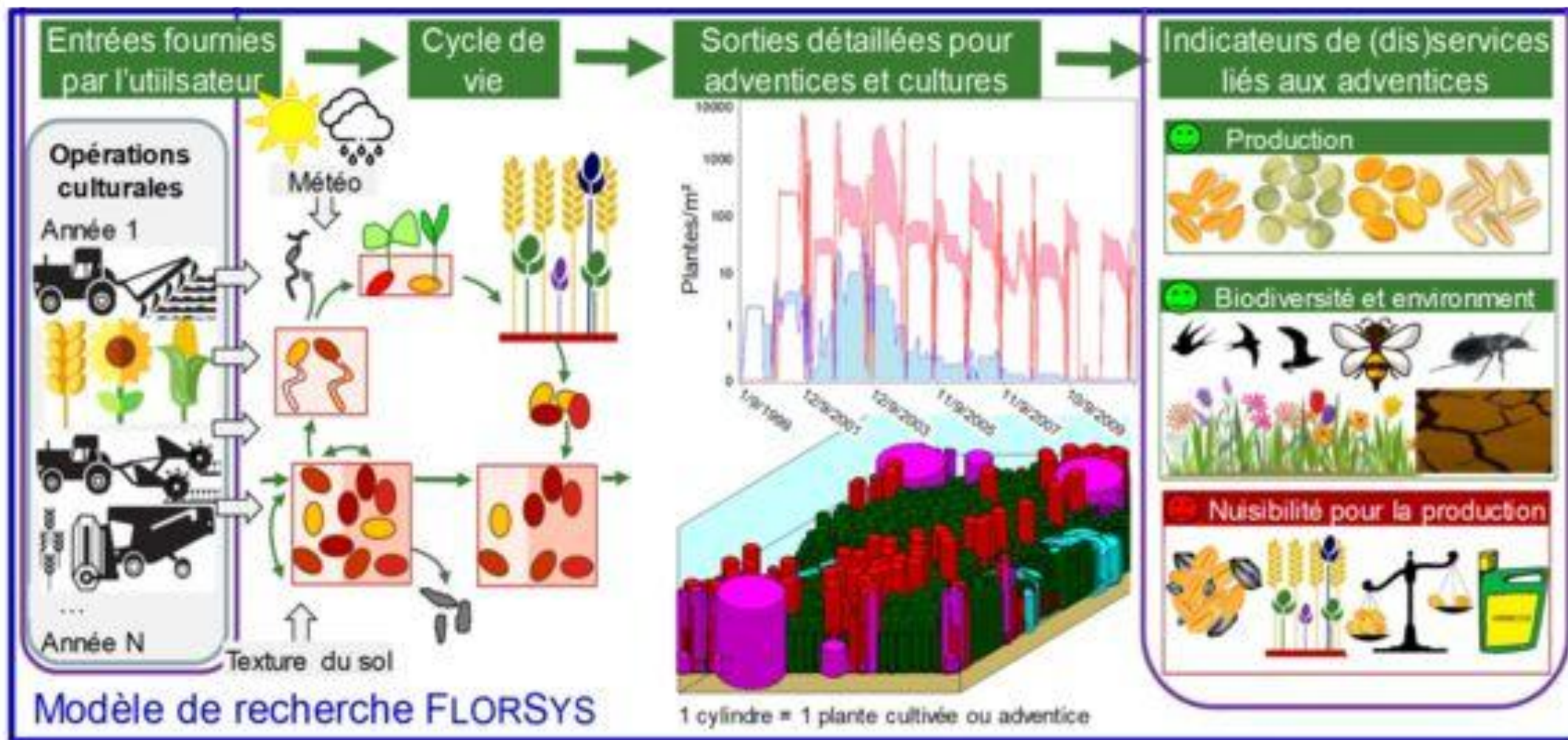




➤ Métamodélisation de Florsys

Floriane Colas, Jean Villerd, Nathalie Colbach



Nathalie Colbach



INRAE

Métamodélisation de Florsys
Webinaire Florsys – 1^{er} avril 2026



descripteurs SdC de haut niveau

- nb moyen de travail du sol
- nb cultures d'hiver
- % temps couvert temporaire
- ~700 descripteurs



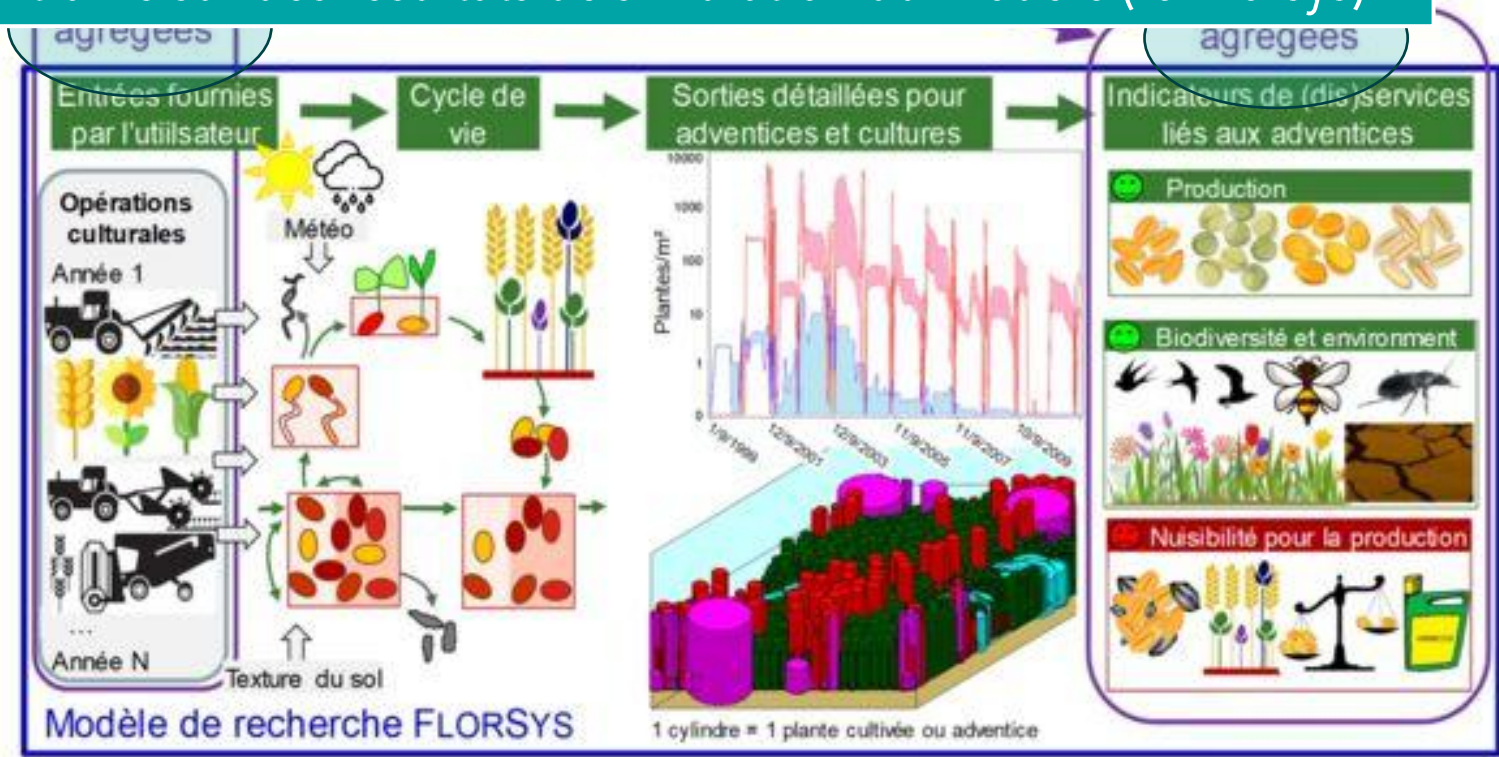
prédiction par le métamodèle

indicateur perte de rendement	note
indicateur salissement	note
indicateur qté nourriture carabes	note
...	

descripteurs climat moyen

- nb jour < 0°
- précip moy été
- ...

métamodèle = modèle statistique (ici machine learning)
entraîné sur des résultats de simulation du modèle (ici Florsys)



Nathalie Colbach

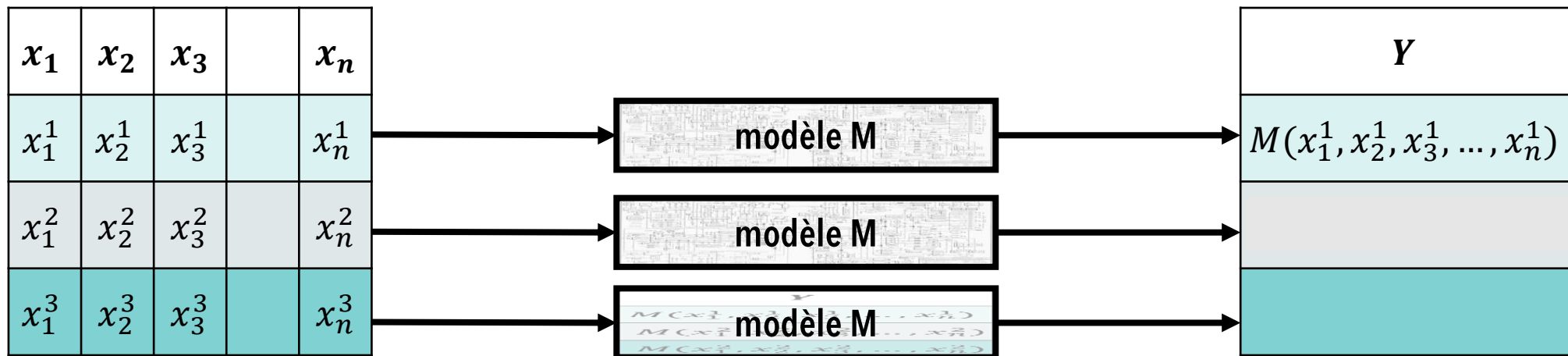


INRAE

Métamodélisation de Florsys
Webinaire Florsys – 1^{er} avril 2026

➤ Base d'apprentissage

1. définition d'un plan de simulation adéquat (explorant l'ensemble du domaine de validité du modèle M)
2. simulation de chaque combinaison du plan (long !)



➤ Apprentissage du méta-modèle

x_1	x_2	x_3		x_n	Y
x_1^1	x_2^1	x_3^1		x_n^1	$M(x_1^1, x_2^1, x_3^1, \dots, x_n^1)$
x_1^2	x_2^2	x_3^2		x_n^2	$M(x_1^2, x_2^2, x_3^2, \dots, x_n^2)$
x_1^3	x_2^3	x_3^3		x_n^3	$M(x_1^3, x_2^3, x_3^3, \dots, x_n^3)$

apprentissage statistique $Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$

- même principe que pour apprendre un modèle stat à partir de données d'expérimentations ou d'observations
- mêmes métriques
- mêmes procédures (validation croisée, etc.)

$f =$ méta-modèle MM

f peut être

- un arbre de régression
- une forêt aléatoire
- un réseau de neurones
- ou tout autre modèle statistique

➤ Avantages du méta-modèle

modèle <i>M</i>	métamodèle <i>MM</i>
lent	rapide
mécaniste	statistique
intégration de connaissances	identification de liens entre <i>X</i> et <i>Y</i>
complexe (interactions entre processus)	simple ou complexe

1. le métamodèle est beaucoup plus rapide que le modèle
2. le métamodèle renseigne sur le comportement du modèle
 - les liens statistiques identifiés constituent un « résumé » du modèle et donc **synthétisent** son comportement
 - il **ordonne les variables d'entrée** par importance (~ analyse de sensibilité)
 - selon le type de méta-modèle, cette synthèse est **interprétable et analysable** par un humain

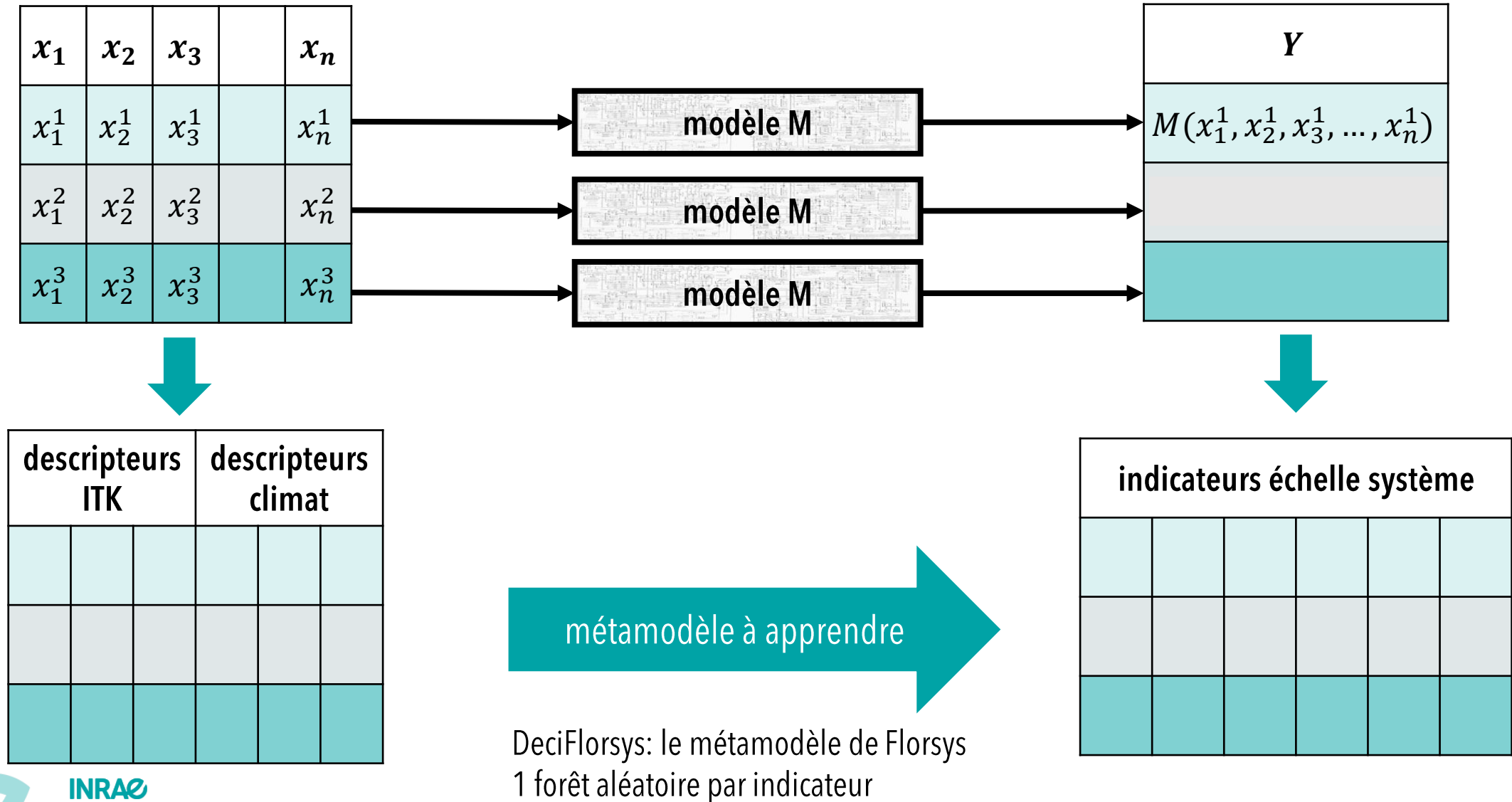
➤ Limites du méta-modèle



> Limites du méta-modèle

- le métamodèle est dépendant de la base d'apprentissage
 - plan de simulation (= plan d'expérience)
 - exploration du domaine de variation des x_i
 - domaine de validité défini par le domaine de variation des x_i
 - les arbres et les forêts ne permettent pas d'extrapoler
- le méta-modèle est d'autant plus fidèle au modèle
 - que le nombre de simulations dans la base d'apprentissage est élevé
 - que le plan de simulation est équilibré
- mais on peut imaginer vouloir volontairement construire un métamodèle pour un sous-domaine de validité spécifique
 - le plan de simulation doit alors être restreint à ce sous-domaine

➤ Application à FlorSys: base d'apprentissage



➤ Application à FlorSys: base d'apprentissage

données d'apprentissage: utilisées pour apprendre le méta-modèle

- 200 SdC réels provenant de diverses régions
- les mêmes auxquels on a retiré les herbicides ou le labour afin de décorrélérer les effets confondus de techniques souvent appliquées ensemble
- 3043 SdC générés aléatoirement afin de couvrir au maximum le champ des possibles

données de test: utilisées pour évaluer la qualité du méta-modèle

- 659 SdC provenant du réseau DEPHY-FERME (stockés dans AgroSyst)

chaque système

- est simulé par FlorSys sur 27 ans x 10 répétitions climatiques
- est décrit par ses descripteurs synthétiques ITK
- est décrit par ses variables pédoclimatiques
- est évalué sur les indicateurs de flore adventice

> Utilisation du métamodèle: en tant qu'OAD



<https://deciflorsys.sk8.inrae.fr/>

1 – choix d'un ensemble d'indicateurs à calculer

Indicateurs d'impacts des adventices

- ☐ Quantité de nourriture pour carabes
- ☐ Quantité de nourriture pour abeilles
- ☐ Quantité de nourriture pour oiseaux
- ☐ Richesse spécifique en adventices
- ☐ Equilibre de la flore adventice
- ☒ Perte de rendement en grain due aux adventices
- ☒ Pollution de la récolte
- ☒ Salissement du champ
- ☒ Ralentissement des chantiers a la récolte



INRAE

Métamodélisation de Florsys
Webinaire Florsys – 1^{er} avril 2026

➤ Utilisation du métamodèle: en tant qu'OAD

2 – descripteurs climatiques



	Côte-d'Or
Evapotranspiration moyenne en été (mm)	349.51
Evapotranspiration moyenne en printemps-été (mm)	552.92
Evapotranspiration moyenne en printemps (mm)	203.41
Nombre de jours à moins de 0°C	7.00
Précipitation moyenne annuelle (mm)	790.84
Précipitation moyenne en automne (mm)	217.94
Précipitation moyenne en hiver (mm)	184.42
Rayonnement moyen en été (J/cm ²)	166,955.30

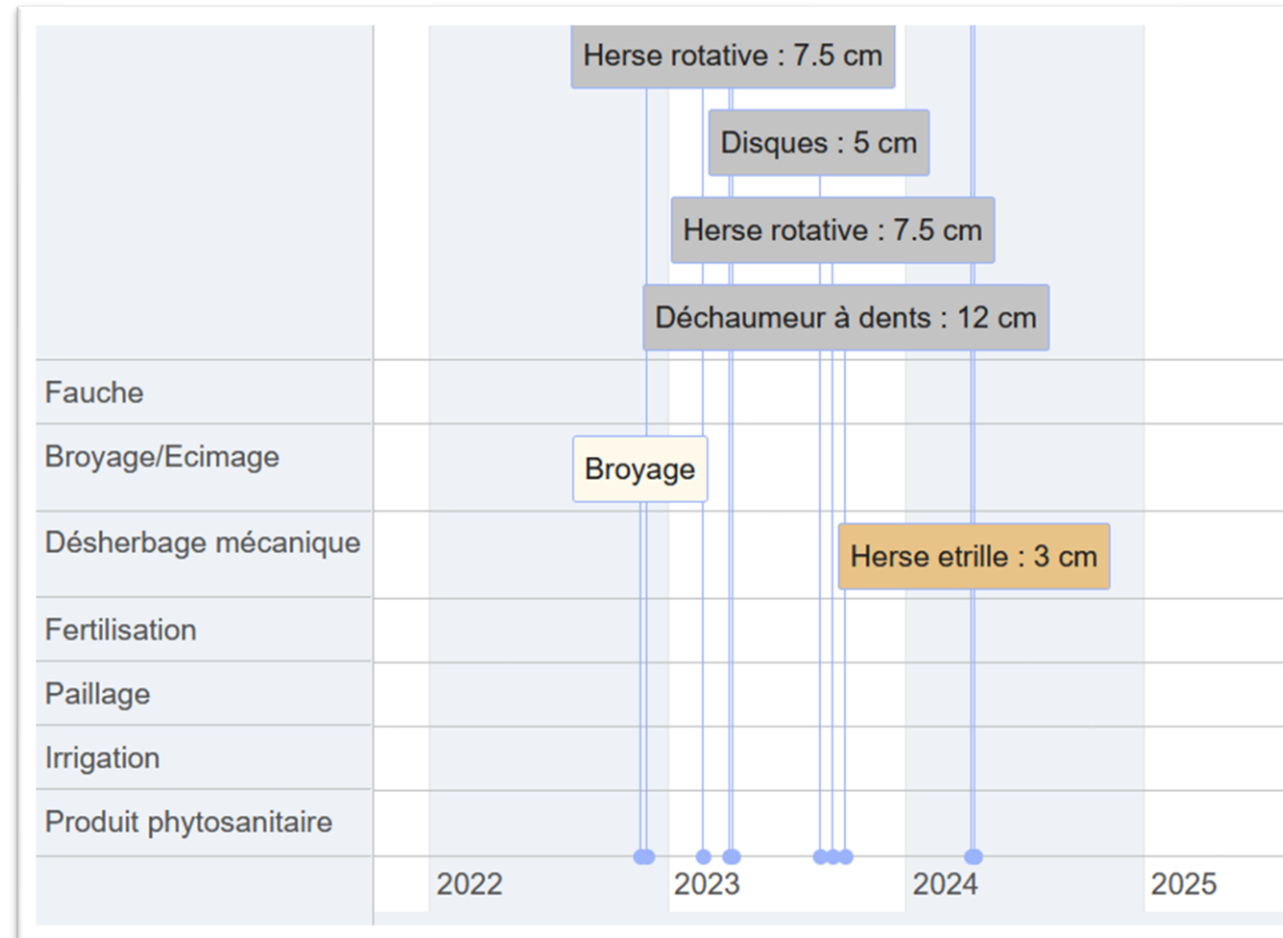
Previous12Next

> Utilisation du métamodèle: en tant qu'OAD



<https://deciflorsys.sk8.inrae.fr/>

3 – interface de saisie du SdC



(et calcul des
descripteurs de
SdC)



INRAE

Métamodélisation de Florsys
Webinaire Florsys – 1^{er} avril 2026

➤ Utilisation du métamodèle: en tant qu'OAD



4 – résultats

<https://deciflorsys.sk8.inrae.fr/>

Nombre de semis /an
(moyenne sur la rotation)

NbSemis

0 1 5

0 1 2 3 4 5

☒ utiliser valeur ci-dessous

1

Perte rendement

Nombre de jours entre le
dernier travail du sol (hors
rouleau) et le semis de
culture de rente (moyenne
sur la rotation)

TempsTDSsemis

-270 149 360

-270 -144 -18 108 234 360

☒ utiliser valeur ci-dessous

149

Date de recolte (moyenne
sur la rotation)

DateRecolte

58 206 368

58 89 120 182 244 306 368

☒ utiliser valeur ci-dessous

206.125

Perte rendement Pollution

recalculer les descripteurs

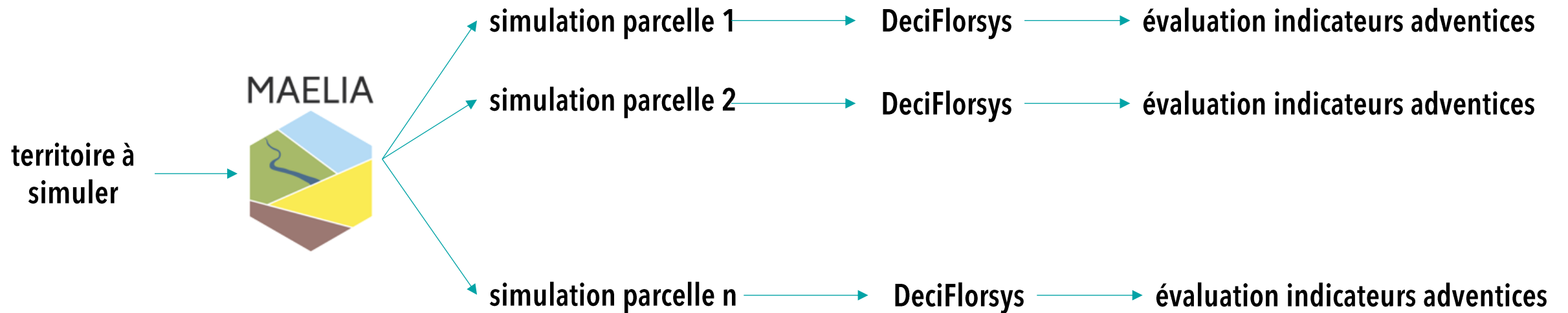
	initial	modifie
Perte rendement	0.659	0.659
Pollution récolte	0.411	0.411
Salissement champ	0.205	0.205
Problèmes récolte	0.403	0.403



INRAE

Métamodélisation de Florsys
Webinaire Florsys – 1^{er} avril 2026

➤ Utilisation en tant qu'émulateur de Florsys



> Pour en savoir plus

thèse Floriane Colas

Floriane Colas. Co-développement d'un modèle d'aide à la décision pour la gestion intégrée de la flore adventice. Méta-modélisation et analyse de sensibilité d'un modèle mécaniste complexe (FLORSYS) des effets des systèmes de culture sur les services et disservices écosystémiques de la flore adventice. Sciences agricoles. Université Bourgogne Franche-Comté, 2018. Français. [NNT : 2018UBFCK014](#). [tel-01829696](#)

métamodélisation Florsys

Floriane Colas, Stéphane Cordeau, Sylvie Granger, Marie-Helene Jeuffroy, Olivia Pointurier, et al.. Co-development of a decision support system for integrated weed management: Contribution from future users. *European Journal of Agronomy*, Elsevier, 2020, 114, pp.126010. [10.1016/j.eja.2020.126010](#). [hal-02511806](#)

Nathalie Colbach, Floriane Colas, Stéphane Cordeau, Thibault Maillot, Wilfried Queyrel, et al.. The FLORSYS crop-weed canopy model, a tool to investigate and promote agroecological weed management. *Field Crops Research*, Elsevier, 2021, 261, pp.108006. [10.1016/j.fcr.2020.108006](#). [hal-03132684](#)

Nathalie Colbach, Floriane Colas, Olivia Pointurier, Wilfried Queyrel, Jean Villerd. A methodology for multi-objective cropping system design based on simulations. Application to weed management. *European Journal of Agronomy*, Elsevier, 2017, 87, pp.59-73. [10.1016/j.eja.2017.04.005](#). [hal-01608320](#)