

AAP Ecophyto II «Durabilité des systèmes de productions agricoles alternatifs évitant ou limitant l'utilisation des produits phytopharmaceutiques». Outils et référentiels d'accompagnement à la transition agroécologique

➤ **ODACE: Outil d'évaluation et de Dialogue entre acteurs et chercheurs, pour Accompagner la conCEption de solutions de protection des plantes dans le contexte arboricole (20121-2024)**

Julie Borg et Mohamed-Mahmoud MEMAH (au nom du groupe)



> Contexte

- L'arboriculture très consommatrice des produits phyto et produits pouvant être consommés en frais!
- Demandes sociétales et de différents acteurs pour des systèmes agricoles et alimentaires durables et résilients.
- Nécessité de combiner plusieurs méthodes alternatives complémentaires pour réduire les pesticides dont celles basées sur la biodiversité cultivée.
- Connaissances scientifiques fragmentaires et de sources hétérogènes (dire d'expert le plus souvent)
- Les programmes Ecophyto ont montré que des stratégies de protection alternative des vergers sont possibles

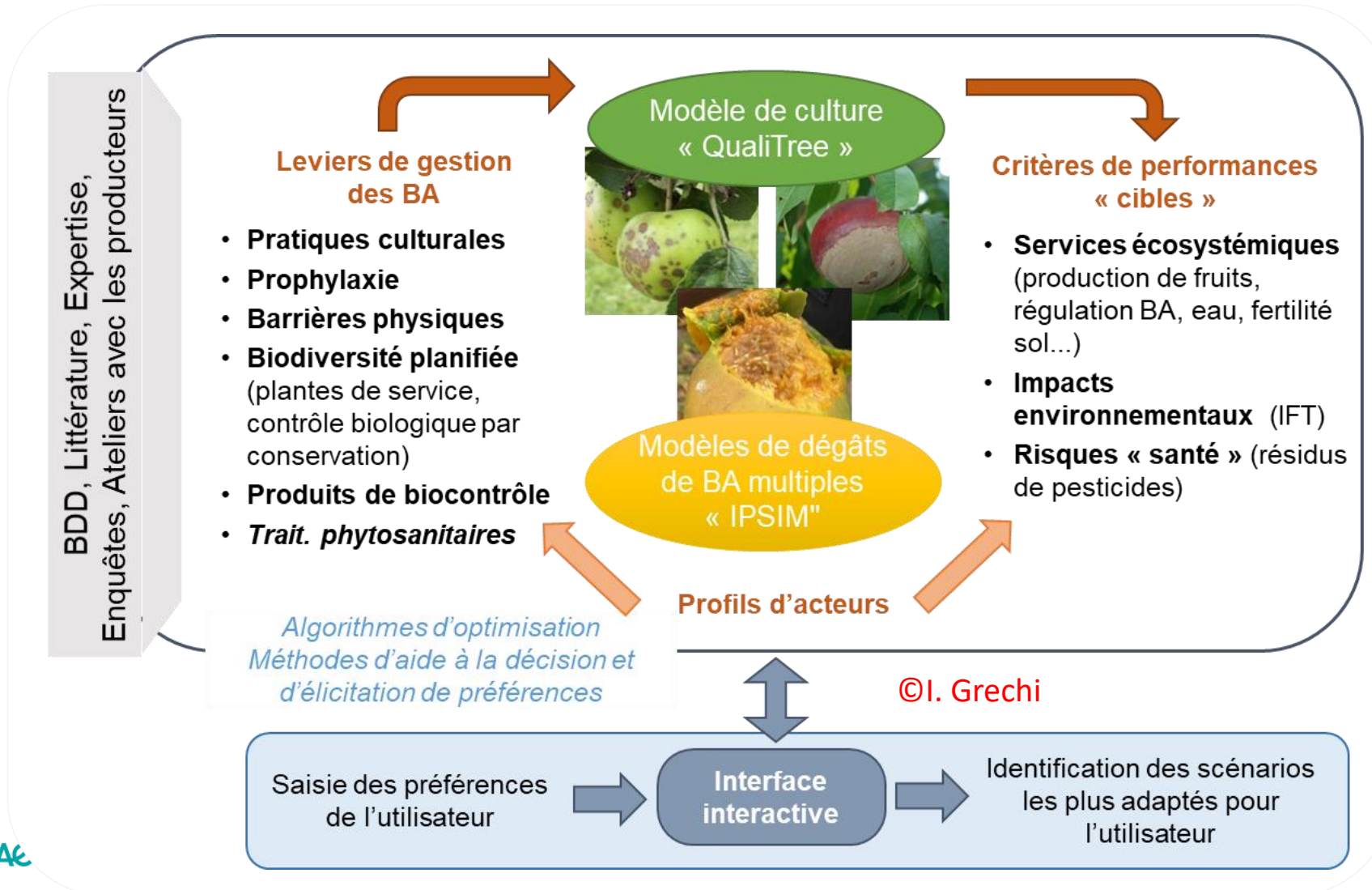
Nécessité d'une **approche d'évaluation intégrée de la durabilité** (multi-dimensionnelles, multicritère, multi-acteurs) pour aider à faire **“évoluer les modes de production vers des systèmes reposant sur une protection des arbres économe en pesticides et capables d'assurer une production suffisante en quantité et en qualité”**

➤ Objectifs du projet

Intégrer des connaissances et expertises de diverses natures (ex: BDD, littérature, expertises, modèles quantitatifs et qualitatifs, ateliers...) dans un **outil de co-conception assistée par modèle**

- 1) Articuler des modèles de culture et de dégâts de bioagresseurs prenant en compte **plusieurs bioagresseurs**, les effets de **plusieurs leviers alternatifs** aux pesticides pour la gestion des bioagresseurs, et **plusieurs dimensions de la durabilité**.
- 2) Mobiliser des méthodes d'optimisation multicritère pour identifier un ensemble de **scénarios adaptés aux différents profils d'acteurs**, définis par des contraintes et objectifs contrastés.
- 3) Synthétiser par des **méthodes de représentation de connaissances** et d'**aide à la décision multicritère** tout ce savoir-faire (exp. ensemble de règles de décision).

➤ Objectifs du projet



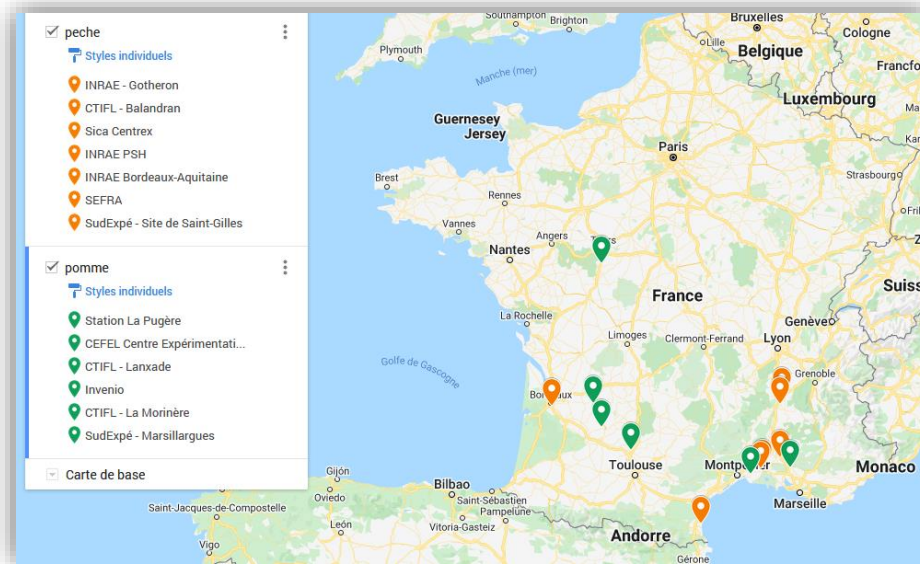
➤ Tâche 1: Collecte, tri, mise en forme des données

Principalement des données du réseau DEPHY EXPE :

- **Pomme (Ecopyto pomme)** : 28 systèmes dans 6 domaines, 180 systèmes*années
- **Pêche (Ecopêche)** : 42 systèmes dans 7 domaines, 232 systèmes*années
- **Pomme et pêche (Empusa/vertical)** : 1 domaine (La Durette), 2 systèmes, 8 systèmes*années
- **Mangue (Biophyto + Ecoverger + Cosaq)**

Projet Ecopyto Pomme :

- CTIFL Centre de Lanxade
- Station expé La Morinière (gérée par le CTIFL)
- CEFEL
- La Pugère
- INVENIO
- SUDEXPE Marsillargues



- Données reçues dans des fichiers compilés ou par les acteurs concernés de chaque site expé

- Particularités de ces données :

• Il s'agit d' « essais système » :

- Plusieurs leviers mis en place simultanément
- Pas de répétition de l'essai : en général 1 système (expérimentation) = 1 parcelle
➔ Seulement les répétitions annuelles

• Il s'agit de données d'expé en plein champ

- Pas de plantes en pot, de données de la littérature ni de données observationnelles à ce jour

B. Gauffre (inrae)
J. Ruesch (ctifl)
Clémence Monot (CDD)



INRAE

Modélisation agroécologique de vergers

02/06/2022

➤ Mise en forme des données : diagramme entité-relation de la base « ecofruit »

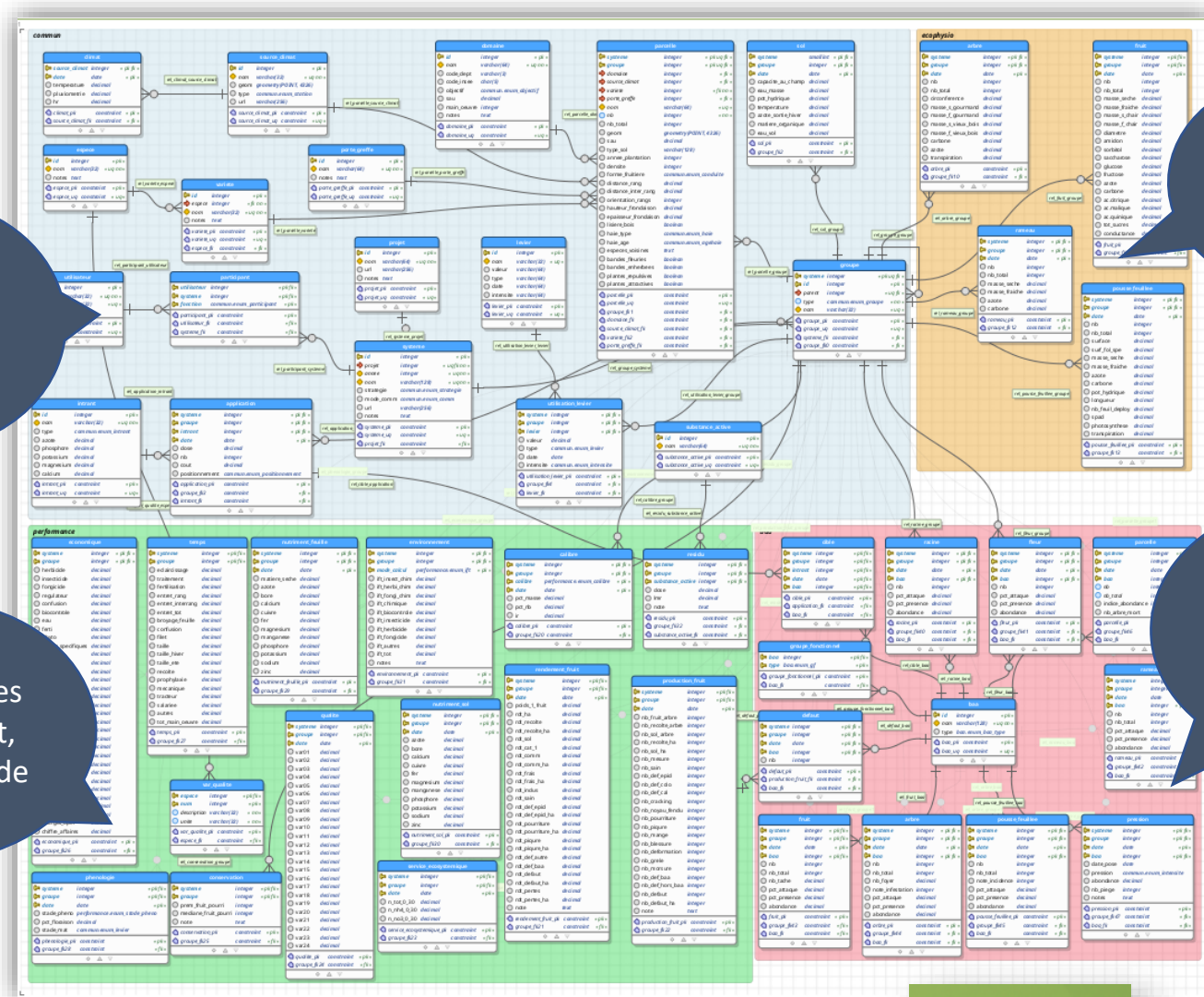


Schéma commun = description du verger + pratiques

Schéma ecophysio

Clémence Monot (CDD)
Pierre Valsesia

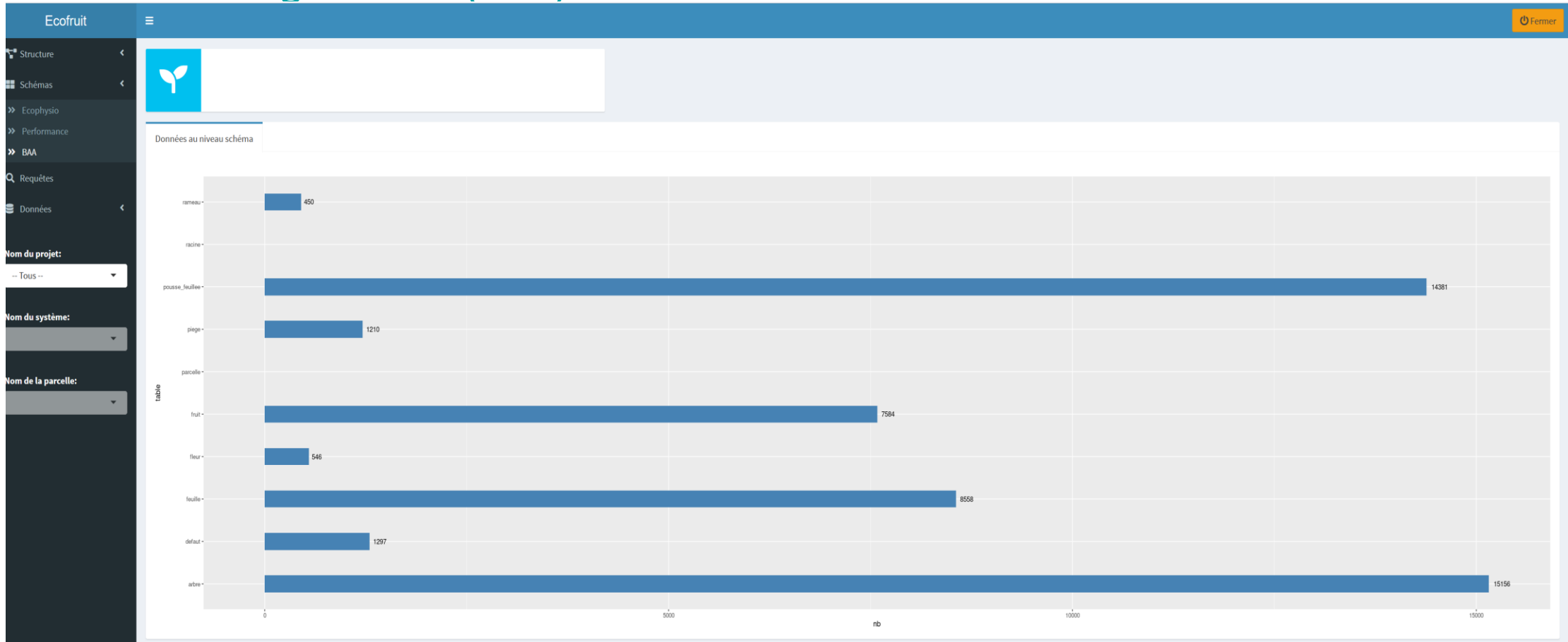
Schéma performances : rendement, coût, temps de travail

Schéma bioagresseurs et auxiliaires : présence et dégâts



➤ Base de données Ecofruit

- Schéma Bioagresseurs (BAA)



Pierre Valsesia



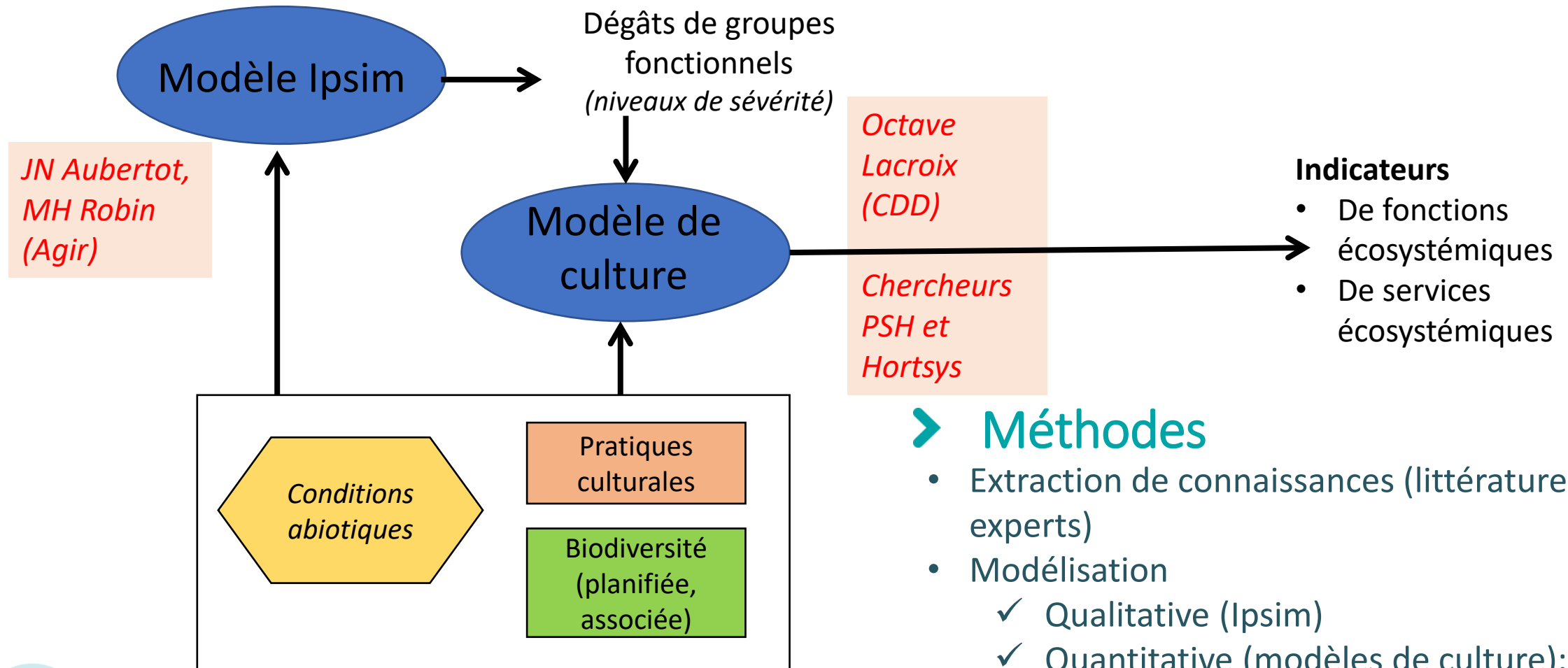
INRAE

Modélisation agroécologique de vergers

02/06/2022

➤ Tâche 2: Modélisation agroécologique de vergers

Articuler des modèles de l'atténuation des dégâts de bioagresseurs multiples (approche Ipsim) et des modèles de culture fruitière



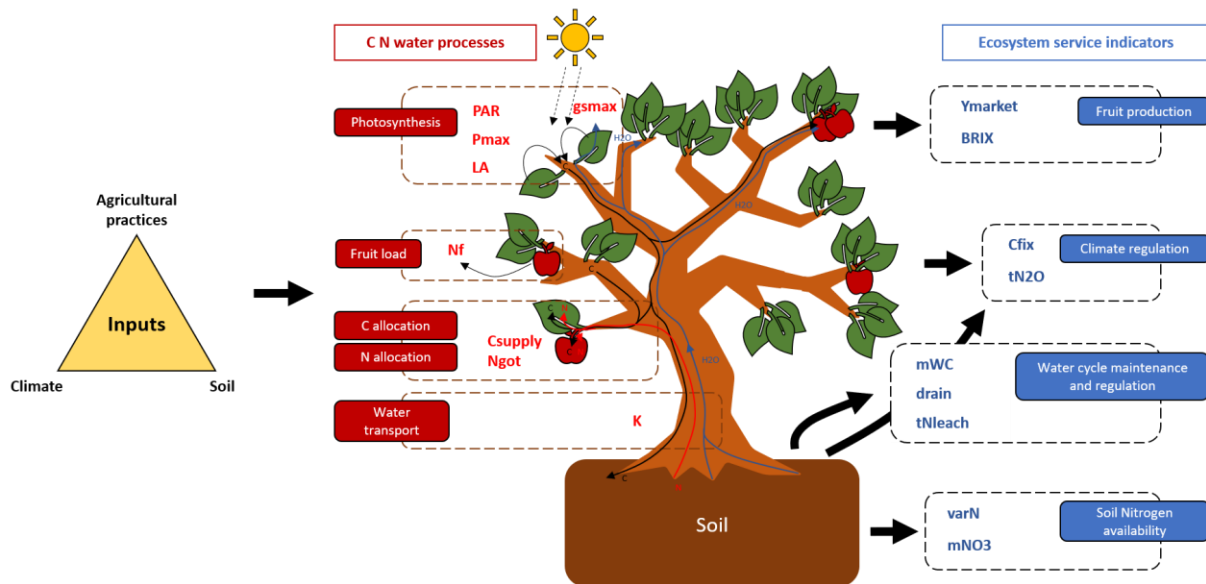
➤ Méthodes

- Extraction de connaissances (littérature, experts)
- Modélisation
 - ✓ Qualitative (Ipsim)
 - ✓ Quantitative (modèles de culture): algorithmes, codage

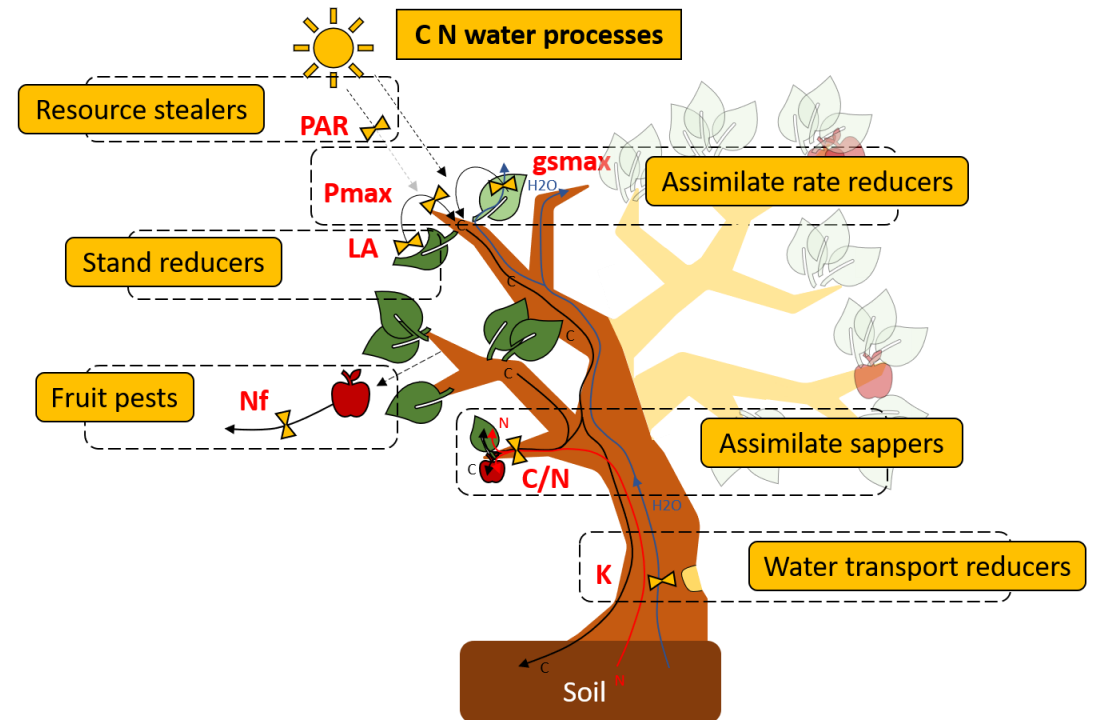
➤ Tâche 2: Modélisation agroécologique de vergers

- Modélisation des 10 BAs dans QualiTree pommier

QualiTree initial



QualiTree module pests



INRAE

Modélisation agroécologique de vergers

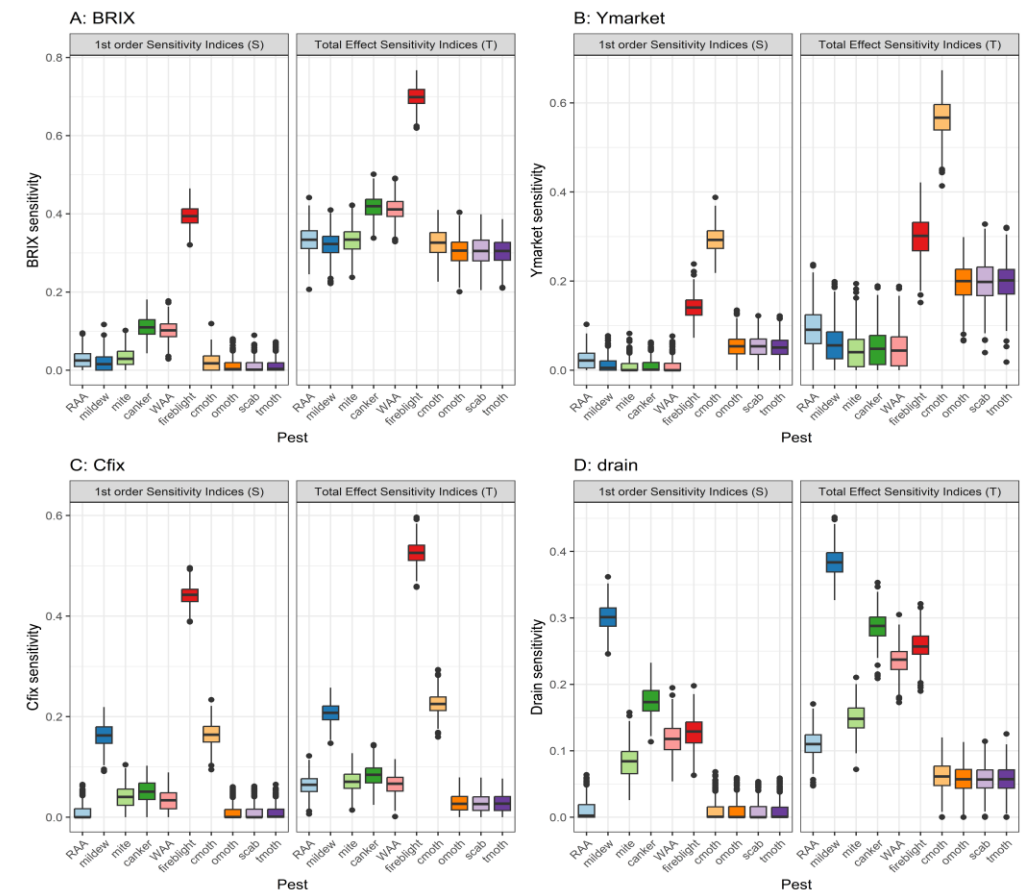
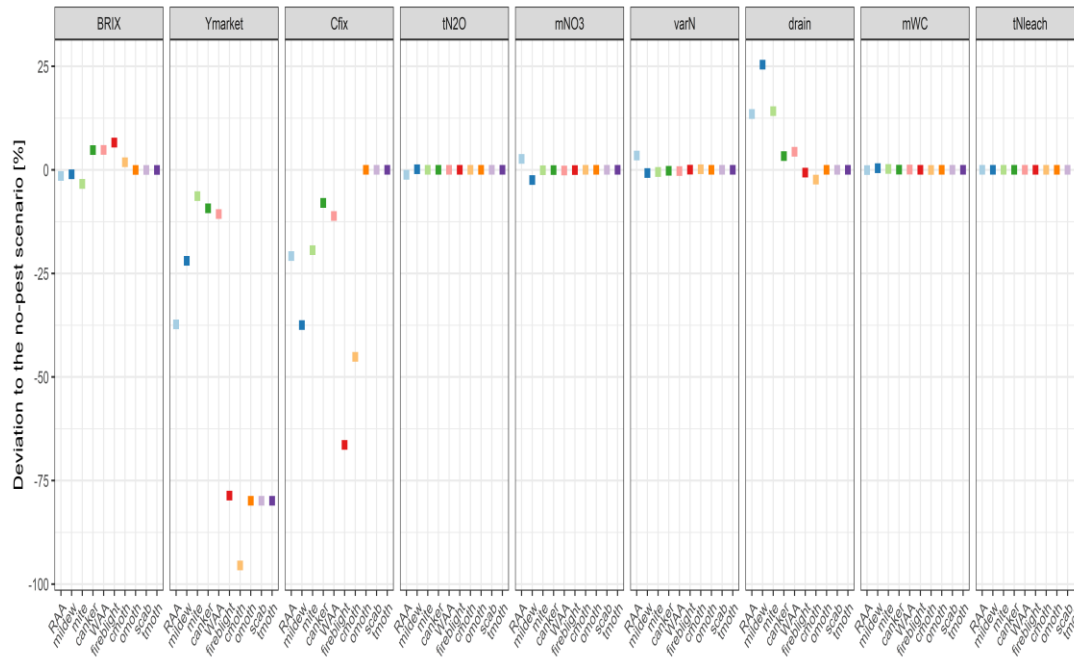
02/06/2022

Figure 2 : Schematic representation of pests' incidence on 7 QualiTree variables. Main variables part of C, N and Water processes described are: Photosynthetically Active Radiation (PAR [$\mu\text{molPhoton.m}^{-2}\text{s}^{-1}$]), light-saturated leaf photosynthesis rate (Pmax [$\mu\text{mol CO}_2\text{.m}^{-2}\text{s}^{-1}$]), Leaf area (LA [m^2]), maximal stomatal conductance (gsmax [$\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$]), Number of fruits (NF [Fruit]), Supply of Carbon (Csupply [gC.day^{-1}]), N obtained by organ (Ngot [gN.day^{-1}]), Hydraulic conductance (K [$\text{m}^4\text{.s}^{-1}\text{.MPa}^{-1}$]). Citée où ?

➤ Tâche 2: Modélisation agroécologique de vergers

- Analyse de sensibilité sur QualiTree module pests

- ➔ Conditions pédoclimatiques et arbre constants
- ➔ 10 BA en tant que facteurs à 3 niveaux : Absent, Infestation moyenne, Infestation Forte
- ➔ 9 indicateurs de services écosystémiques étudiés



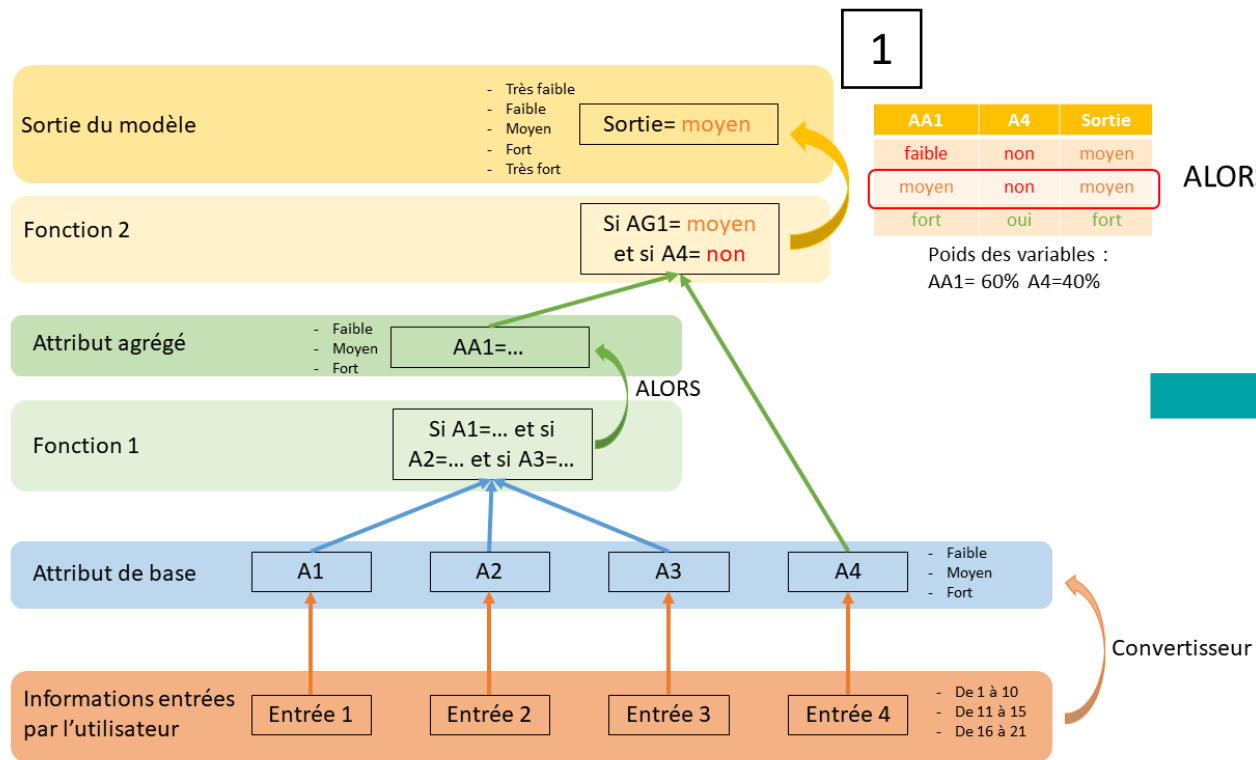
➤ IPSIM Pommier : 5 bioagresseurs sélectionnés selon leur fonction de dommages

- Puceron cendré + Fumagine
 - Vol de carbone et d'azote
 - Réduction de la surface foliaire photosynthétiquement active
 - Réduction du rayonnement photosynthetiquement actif
- Puceron lanigère
 - Réduction de la conductance hydraulique

- Carpocapse
 - Réduction du nombre de fruits
- Oïdium
 - Réduction de la conductance stomatique maximale
 - Réduction de la photosynthèse saturante

*Stage ingénieur ISARA
Valentine Mouche (Agir
Toulouse)*

➤ Principe de la modélisation qualitative:



ALORS

Table d'agrégation finale

2

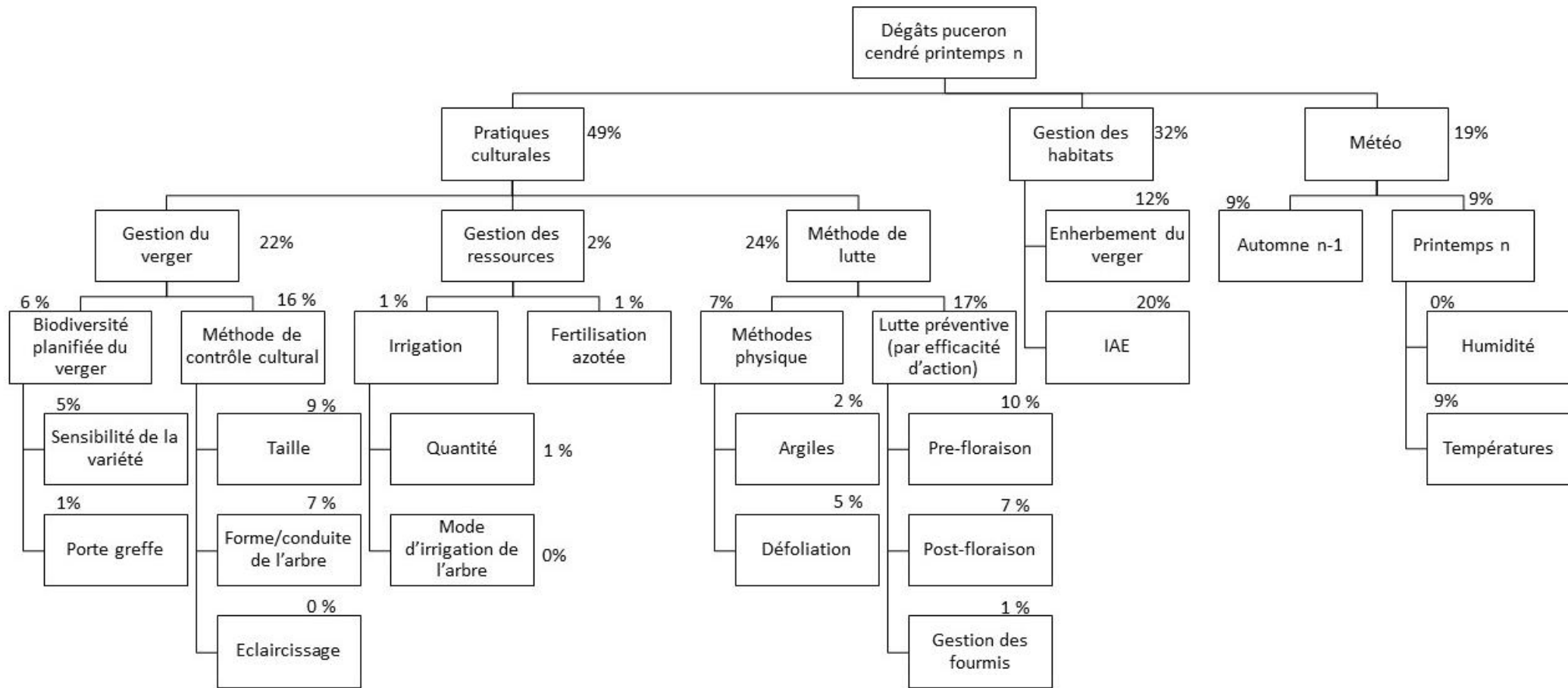
Pratiques culturales	Paysage	Météo	Dégâts de carpocapse
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts très élevés
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts très élevés
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts très élevés
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales peu efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales moyennement efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts faibles
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts faibles
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts élevés
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts faibles
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts moyens
Pratiques culturales efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts très faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est favorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts très faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts très faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est moyennement favorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts très faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo favorable pour le carpocapse	Dégâts faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo moyennement favorable pour le carpocapse	Dégâts faibles
Pratiques culturales très efficaces	Le paysage est défavorable au carpocapse	Météo défavorable pour le carpocapse	Dégâts très faibles

Résultat : dégâts très élevés, moyennement élevés...

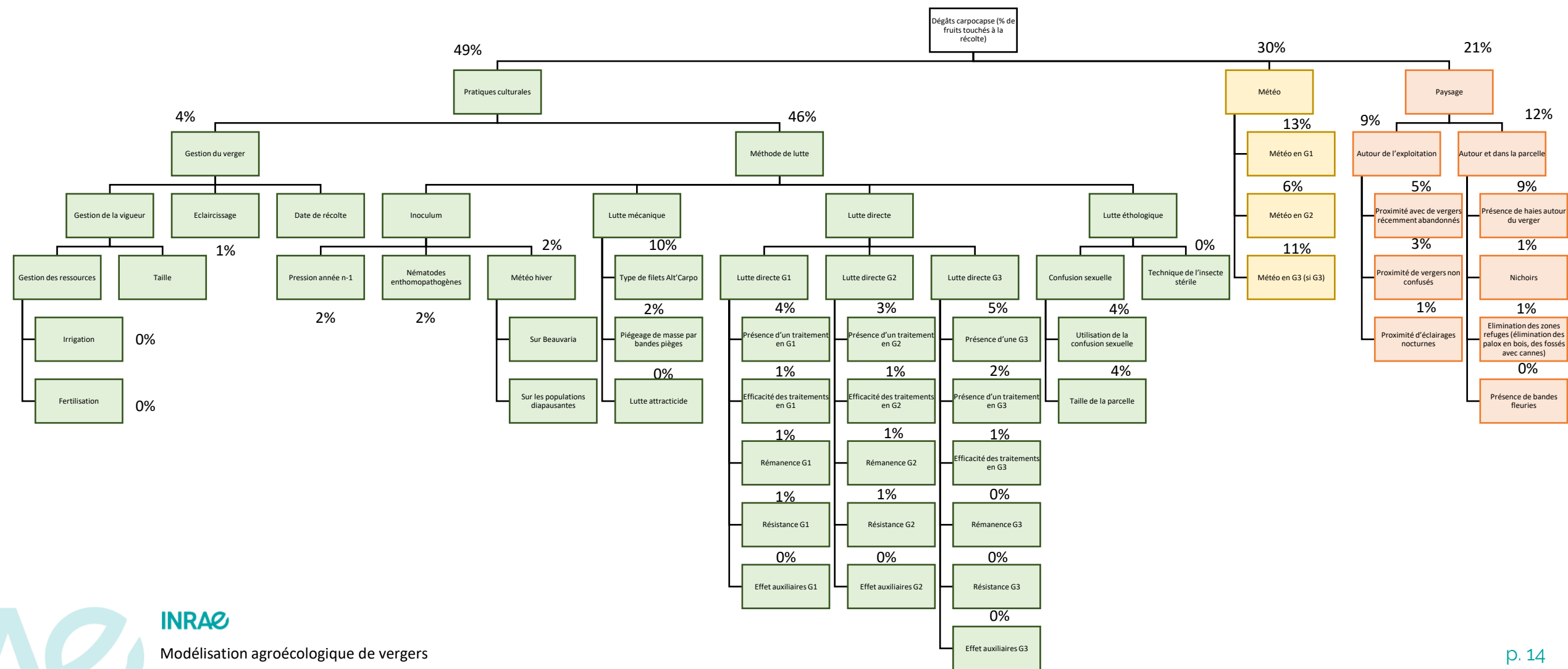
3

Dégâts du ravageur
Pour le carpocapse : % de fruits touchés à la récolte

➤ Arbre IPSIM Puceron cendré



IPSIM Carpocapse



➤ Tâche 3: Co-conception des itinéraires techniques

1. Scénarisation dans 2 zones de production de pomme (Val-de-Loire et Sud-Est)

Contexte

- Conditions météo
- Pression des principaux bioagresseurs (qualitatif)
- Dates de phénologie du pommier (floraison...)

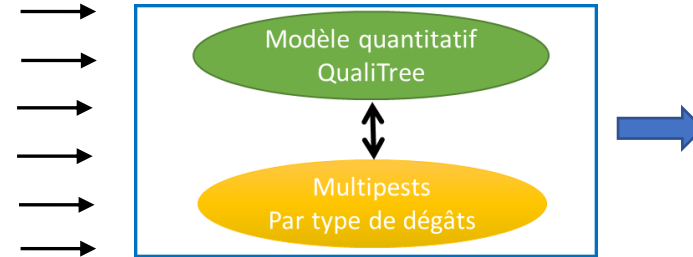
Stratégies

- Conventioneerelle (PFI)
- Biologique
- Biologique de rupture

Définition des bornes/
valeurs par expertise

Pratiques

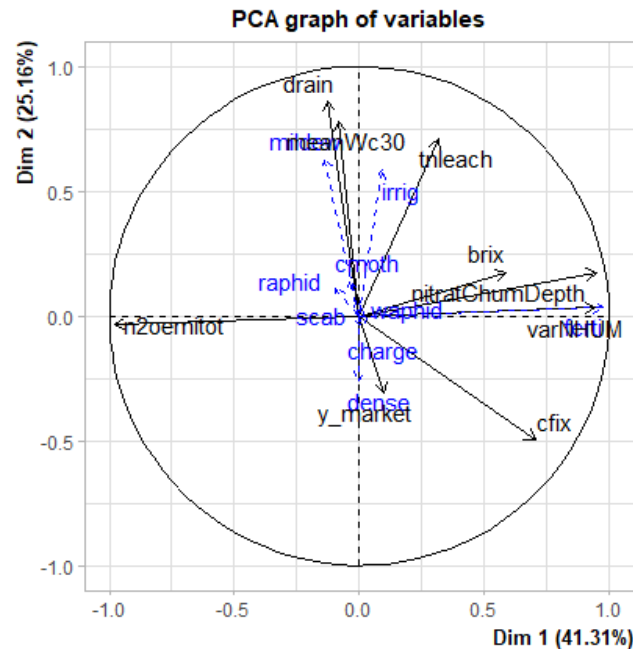
- densité de plantation
- charge
- fertilisation
- irrigation
- protection (leviers)....



Critères d'évaluation

- rendement, calibre
- sucre, amidon
- % pertes tolérées
- lixiviation, stockage C...

En cours : vérifier la
cohérence des sorties



Traduction pour les modèles (Qualitree pour le moment)

simulation	varNHUM	nitratChumDepth	n2oemitot	cfix	meanWc30	drain	tnleach	brix	y_market
	Yearly variation of organic nitrogen	the amount of nitrate present in the humdepth horizon and / or the concentration of NO3-N (mg / kg of dry soil) in humdepth.	total N2O emission	Total of carbon fixed during one year for one ha [ton C ha-1 year-1]	Mean soil humidity in the humus soil layer [g water cm soil-3]	Water drainage [mm]	Computation of nitrate leaching for whole days of simulation from the final layer [kg NO3--N ha-1]	Brix indicator uses soluble concentration in fruits at harvest	Marketable fruits in QualiTree are fruits without any pest injuries [ton ha-1]
			lower is better	higher is better			lower is better	higher is better	higher is better
sudest conv sans pest	46,22417052	2,011441988	-11,53658895	3,010101265	37,89243834	0	0	12,32696452	48,84723161
sudest conv Cmoth fort	46,26656578	1,977578829	-11,53573582	2,08570035	37,86434959	0	0	12,5127882	2,173763463
sudest charge faible sans pest	46,28383321	1,964018942	-11,53453753	2,671040659	37,85609046	0	0	12,4061446	37,29175346
sudest charge faible Cmoth fort	46,32133124	1,933195175	-11,5337791	1,991695406	37,84416565	0	0	12,8215568	1,76655738
sudest charge fort sans pest	46,184429	2,050534062	-11,53813629	3,108960405	37,91541407	0	0	11,91964222	56,55721781
sudest charge fort Cmoth fort	46,22721781	2,012494905	-11,53727425	2,154934234	37,88950342	0	0	12,7847088	2,712213046
sudest dense 2000 sans pest	46,14129165	1,819083657	-11,52253111	3,235237184	37,8271209	0	0	12,2349876	51,95860987
sudest dense 2000 Cmoth fort	46,18330235	1,786611341	-11,52169462	2,259409947	37,81602748	0	0	12,4927668	2,304371726
sudest dense 2250 sans pest	46,20409626	1,525878561	-11,49660262	3,643542326	37,63322284	0	0	12,03546744	57,55686725
sudest dense 2250 Cmoth fort	46,24603254	1,512563007	-11,49580103	2,591646504	37,6280755	0	0	12,23898306	2,554225546
sudest dense 2500 sans pest	46,30889288	1,239723329	-11,45410257	4,178038493	37,21232632	0	0	11,36766702	67,76062976
sudest dense 2500 Cmoth fort	46,34770429	1,23545215	-11,45341283	3,044323273	37,21347524	0	0	11,6814787	2,999931648
sudest ferti faible sans pest	42,64013974	0,394666399	-5,75699542	2,293149016	37,97283733	0	0	11,50786974	46,2762933
sudest ferti faible Cmoth fort	42,66663844	0,394539361	-5,756648453	1,506403211	37,96243895	0	0	11,87720528	2,025919806
sudest ferti fort sans pest	48,54515356	4,005119496	-15,4076329	3,102921484	37,86824606	0	0	12,3430816	49,21284602
sudest ferti fort Cmoth fort	48,5924831	3,95973114	-15,40638976	2,17263443	37,85414744	0	0	12,5386014	2,186204568
sudest irrig faible sans pest	46,10160898	1,593676833	-11,57448668	2,681139652	36,08727768	0	0	11,12574324	52,50516394
sudest irrig faible Cmoth fort	46,13953897	1,580217631	-11,57391652	1,837931065	36,07523839	0	0	11,29747354	2,301901093
sudest irrig fort sans pest	46,16754833	1,773453739	-11,43715766	2,825573894	37,92352732	0	0	12,16363576	48,49096894
sudest irrig fort Cmoth fort	46,2064625	1,744276673	-11,43661928	1,925044335	37,90259665	0	0	12,418718	2,146134247

➤ Tâche 3: Co-conception des itinéraires techniques

Pour la suite...

*J. Borg (inrae)
B. Lebeyrie (ctifl)
ITAB (plusieurs)*

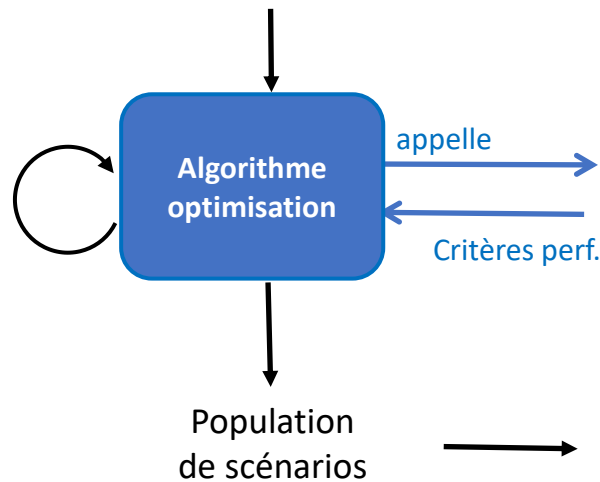
1 bis. Scénarisation dans une nouvelle zone de production (Sud-Ouest)

2. Expérimentation *in silico*

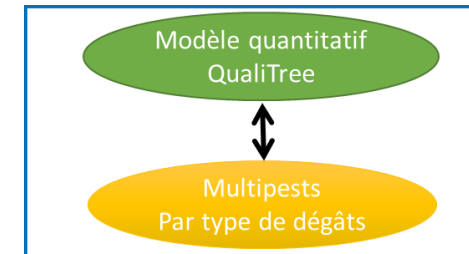
3. Sélection des meilleurs scénarios

4. Utilisation des méthodes d'aide à la décision multicritère

Règles de décision (DRSA), Analytic hierarchical process (AHP), Best/worst , MR Sort methods...



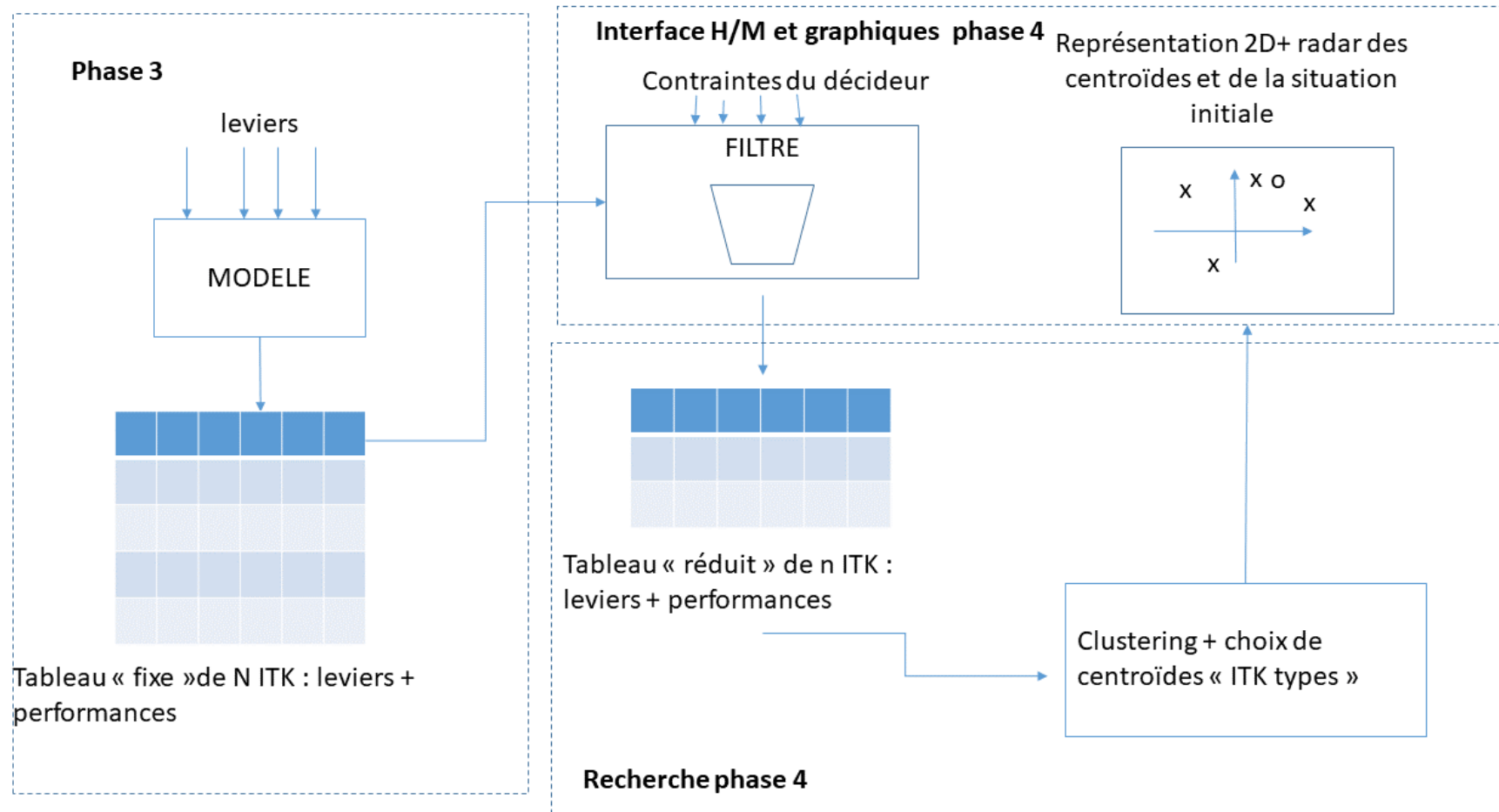
Modèle QualiTree-IPSIM



Méthodes d'analyses de données
Sélection des scénarios : **expertise**

➔ Système de recommandation
Exp: Base de règles de décisions

➤ Tâche 4: développement de l'outil



➤ Suites

- Développer deux nouveaux IPSIM (puceron lanigère et oïdium)
 - appel aux experts de ces deux BAs
 - Mobilisation des travaux AgroEcoPerenne (F. Warlop, P. Neveu, D. Lafond...)
 - Lien avec le PPR CapZérophyto (modèle pour la tavelure)
- Coupler les IPSIM puceron cendré et carpocapse à Qualitree
- Faire les simulations nécessaires à l'avancement de la tâche 4 pour aller vers la V0 de l'outil sur pommier
- Adapter la démarche pour la pêcher et le manguier.

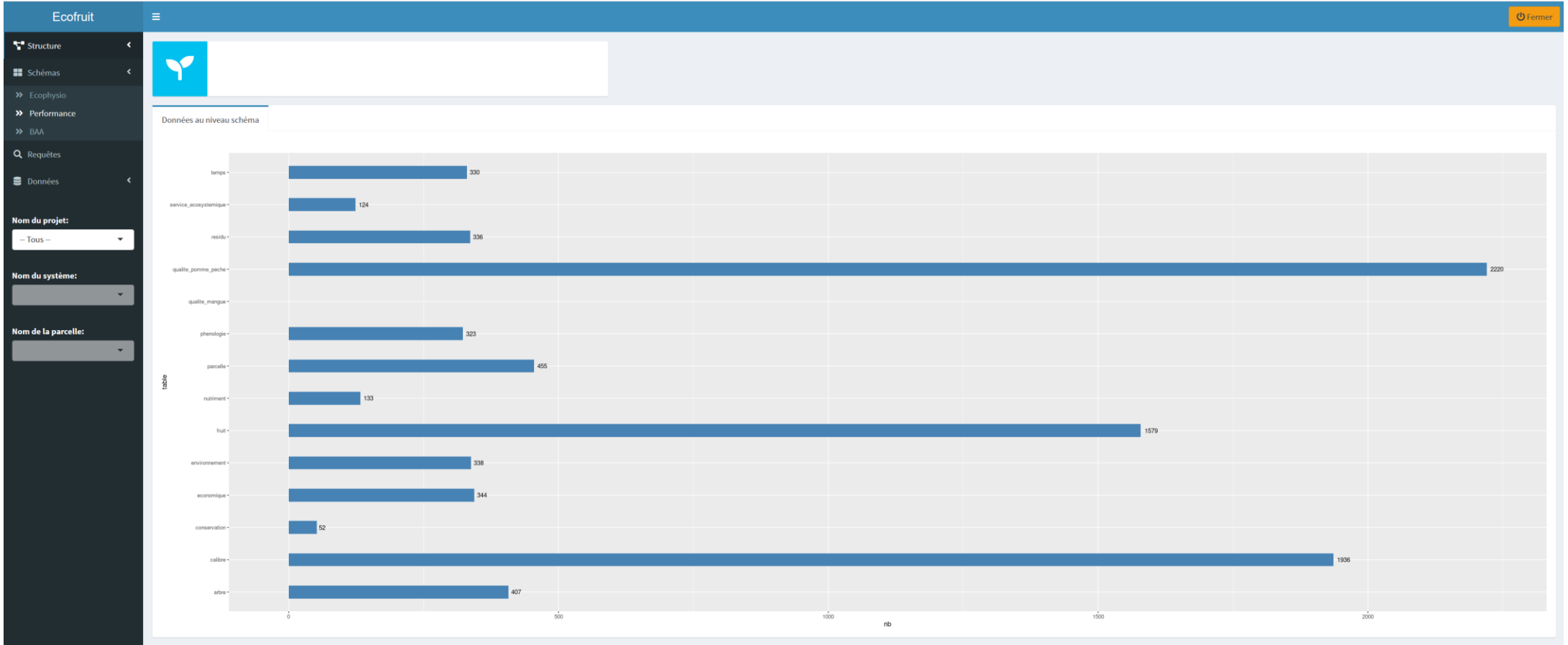
Merci à vous.



INRAE

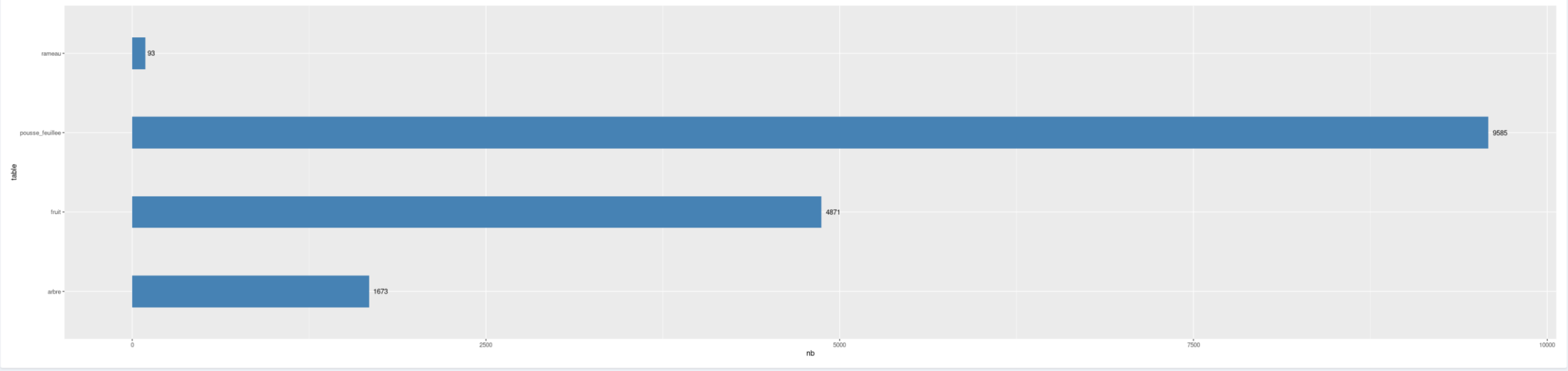
Modélisation agroécologique de vergers

02/06/2022





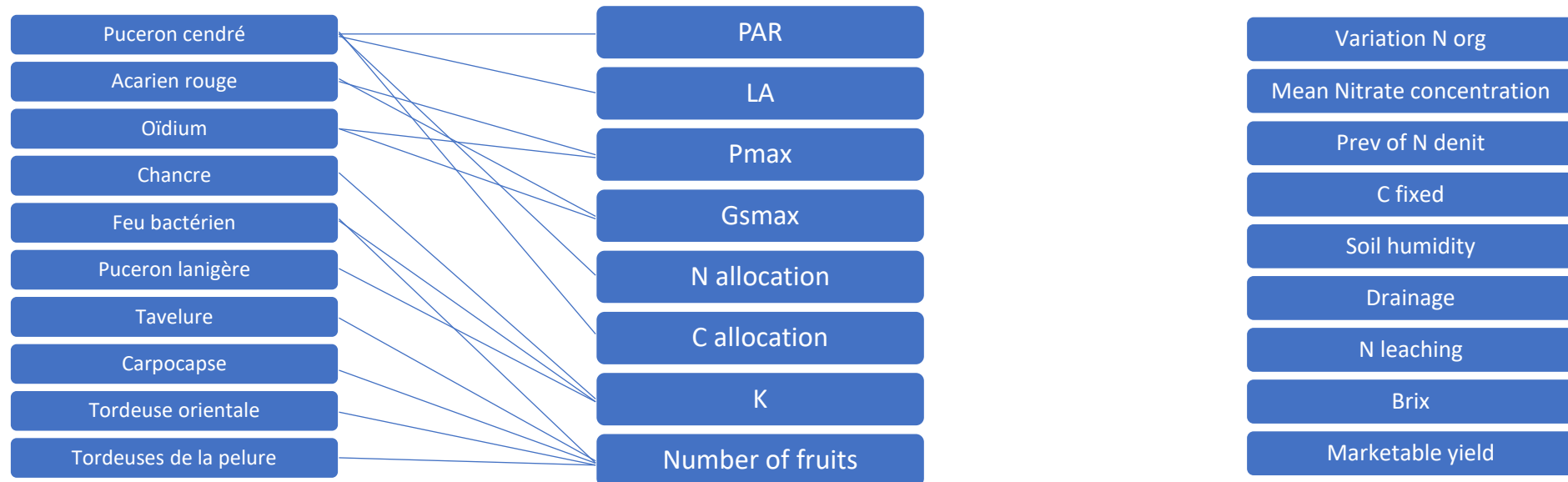
Données au niveau schéma



➤ Tâche 2: Modélisation agroécologique de vergers

- Modélisation de 10 Bioagresseurs sur modèle de culture QualiTree pommier

- Ajout de fonctions d'altérations des variables du modèle de culture QualiTree selon les taux d'incidence et de sévérité de BA fournis au modèle
- BA modélisés par groupe selon la variable de culture impactée, les interactions au sein des groupes sont multiplicatives



BA ajoutés



Var impactées

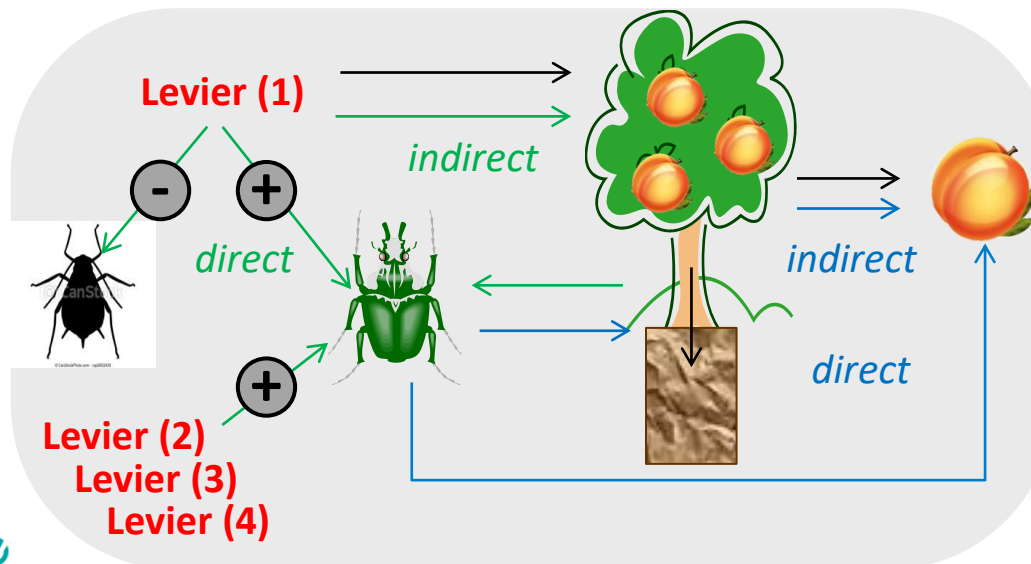


Indicateurs services écosystémiques étudiés

➤ Objectifs du projet

“L’ambition de cet AAP est de **faire évoluer les méthodes et outils existants et d’intégrer des dimensions nouvelles**. Il paraît aussi essentiel que ces outils et démarches d’évaluation et de gouvernance de la durabilité servent dans le cadre d’un dialogue et d’une co-construction entre des partenaires variés afin de balayer un panel d’expériences dans leur complexité.”

- **Approche globale, multidimensionnelle et intégrée du système**
- **Leviers de gestion multiples** avec différents modes d’action, combinant des effets partiels et évalués sur leurs implications sur la gestion des BAs et d’autres performances du système
- **BAs multiples**, pouvant être affectés différemment par une même pratique



• **Indicateurs de performance multiples**, représentatifs de différentes dimension de la durabilité & co-définis avec les acteurs

- Production (rendement, qualité)
- + Viabilité économique
- **Impacts environnementaux**
- Services écosystémiques (eau, N)
- Santé humaine (**résidus**)

