

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

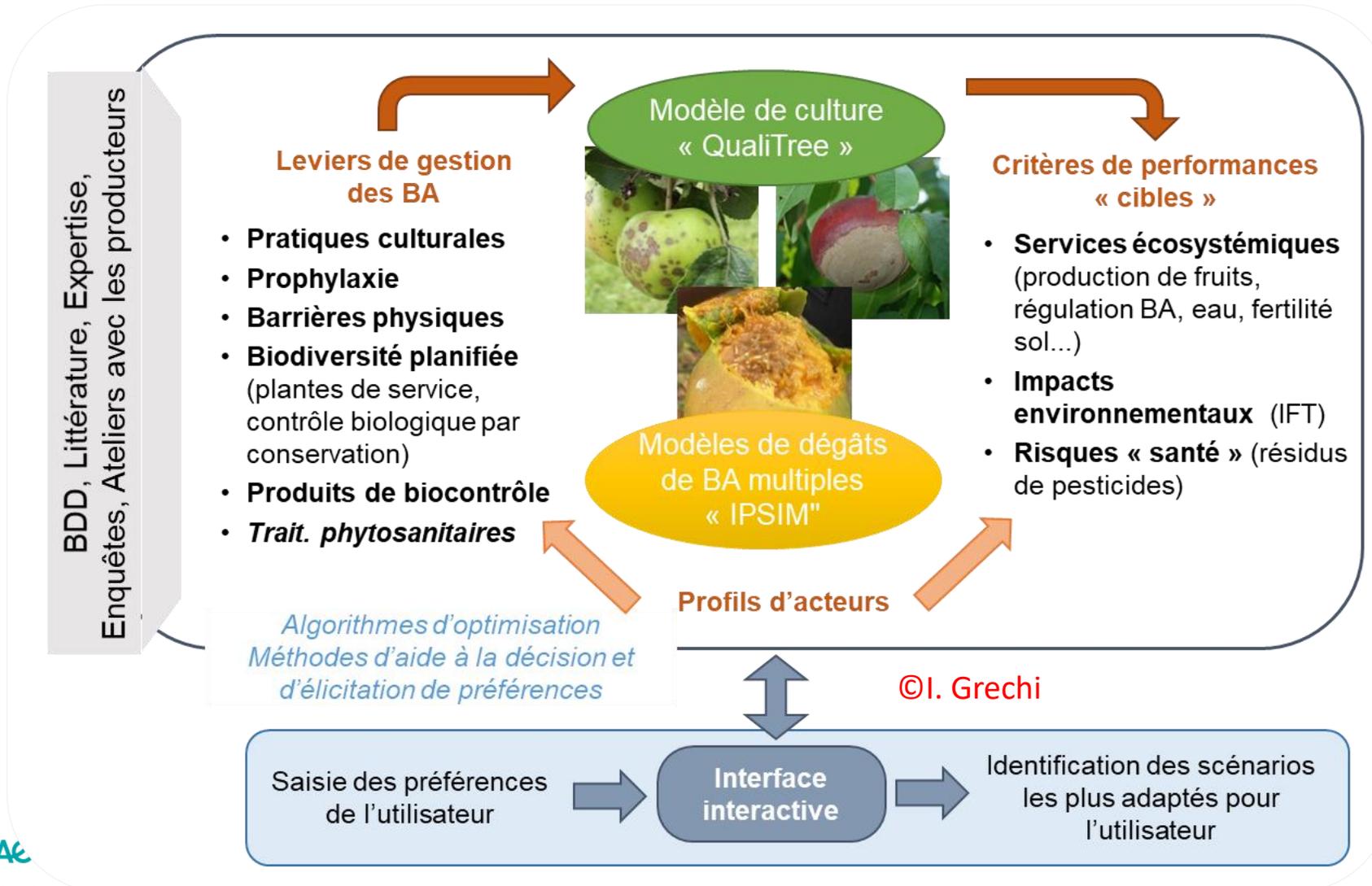
Nécessité d'une **approche d'évaluation intégrée de la durabilité** (multi-dimensionnelles, multicritère, multi-acteurs) pour aider à faire **“évoluer les modes de production vers des systèmes reposant sur une protection des arbres économe en pesticides et capables d'assurer une production suffisante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



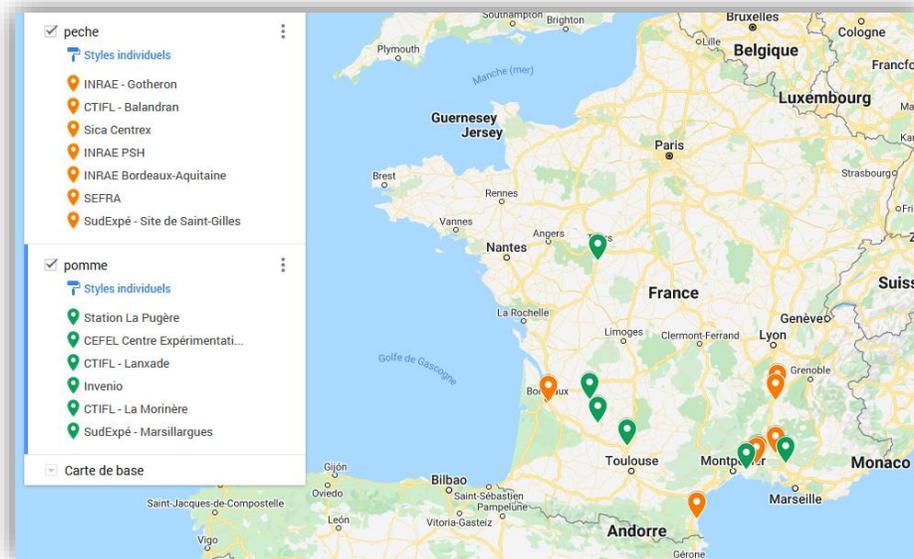
➤ Tâche 1: Collecte, tri, mise en forme des données

Principalement des données du réseau DEPHY EXPE :

- **Pomme (Ecophyto 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 Ecophyto 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 »

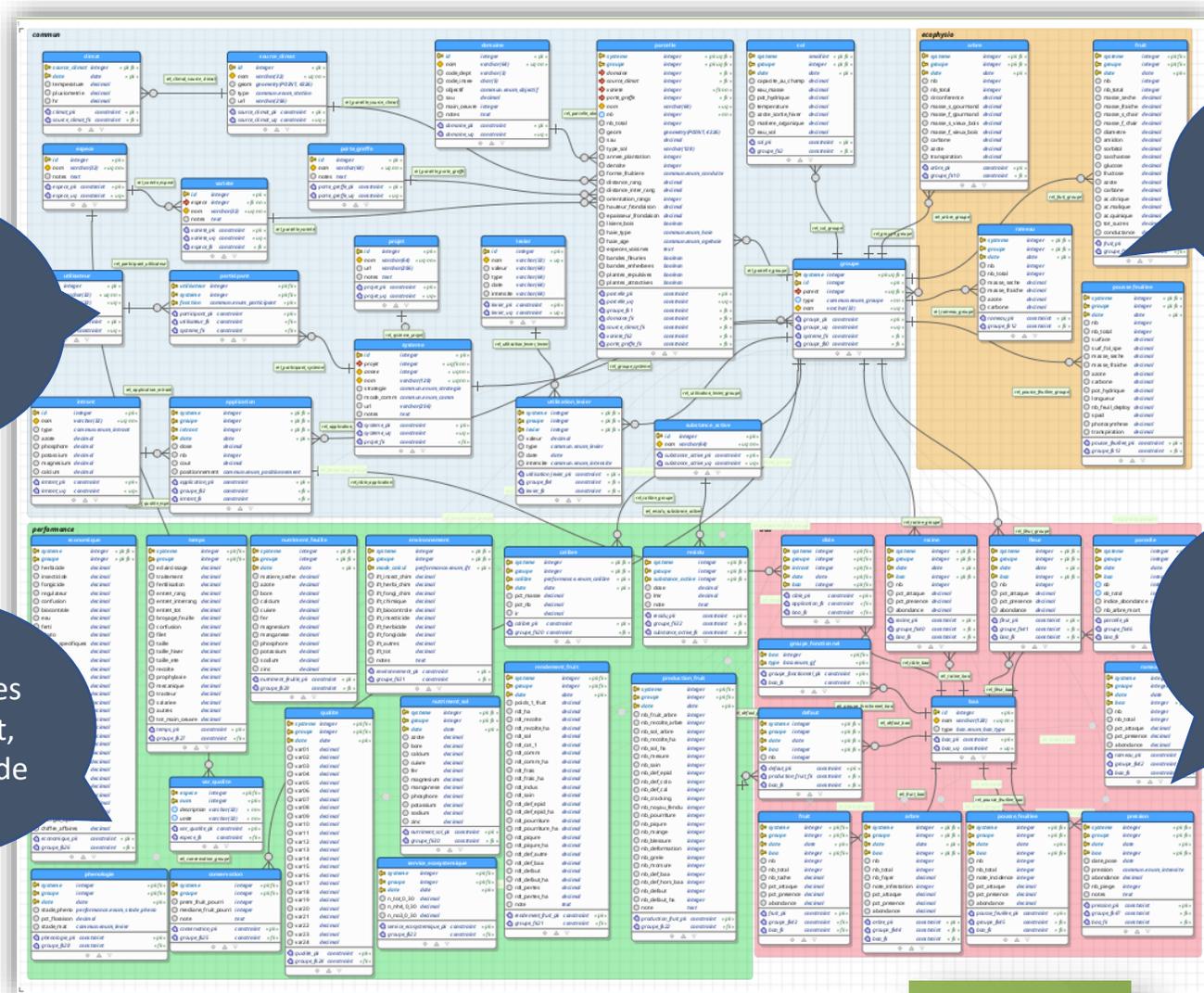


Schéma commun = description du verger + pratiques

Schéma ecophysio

Clémence Monot (CDD)
Pierre Valsesia

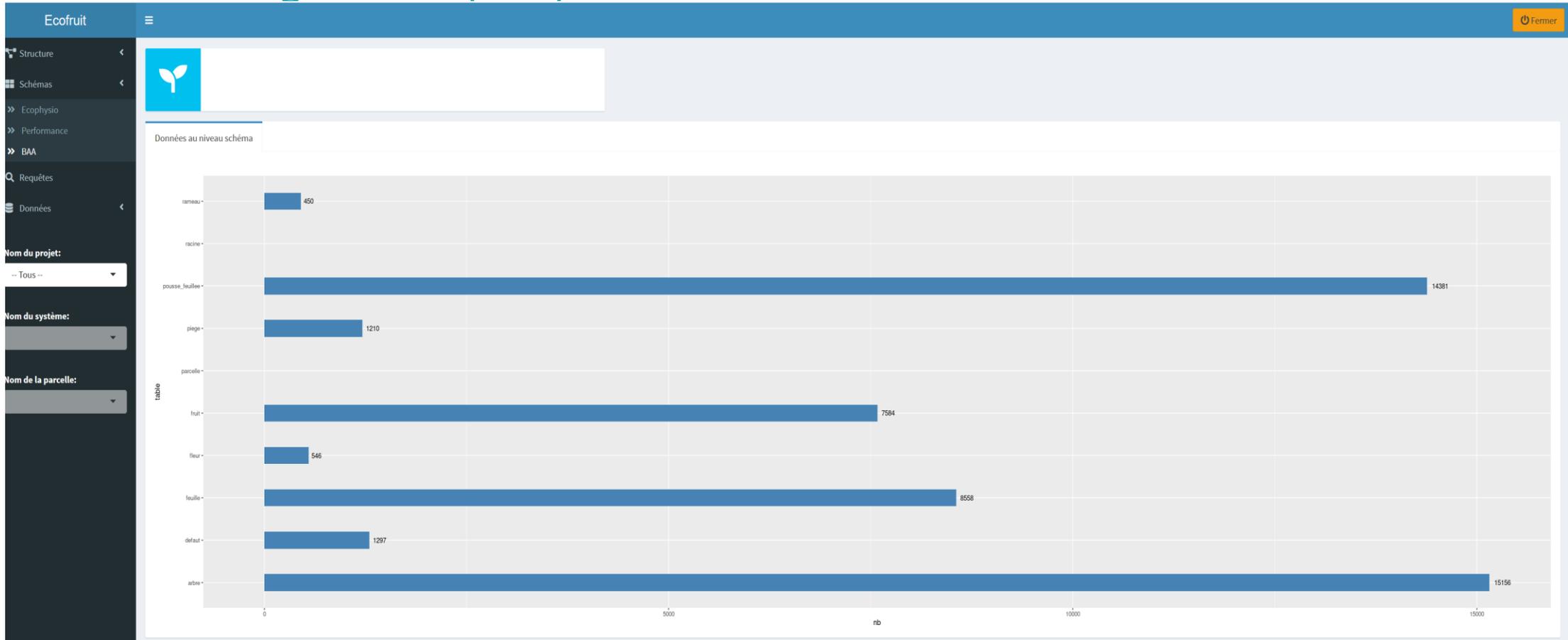
Schéma performances : rendement, coût, temps de travail

Schéma bioagresseurs et auxiliaires : présence et dégâts



➤ Base de données Ecofruit

- Schéma Bioagresseurs (BAA)

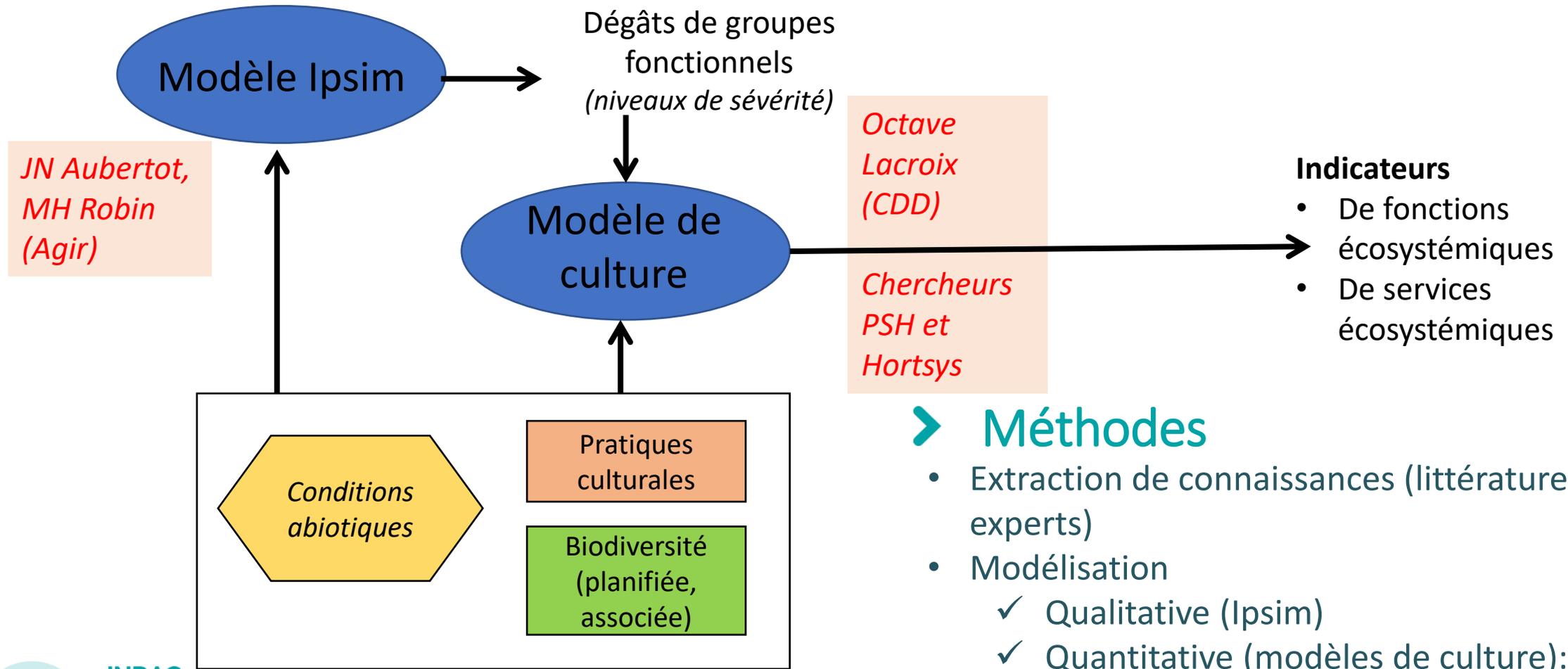


Pierre Valsesia



➤ 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



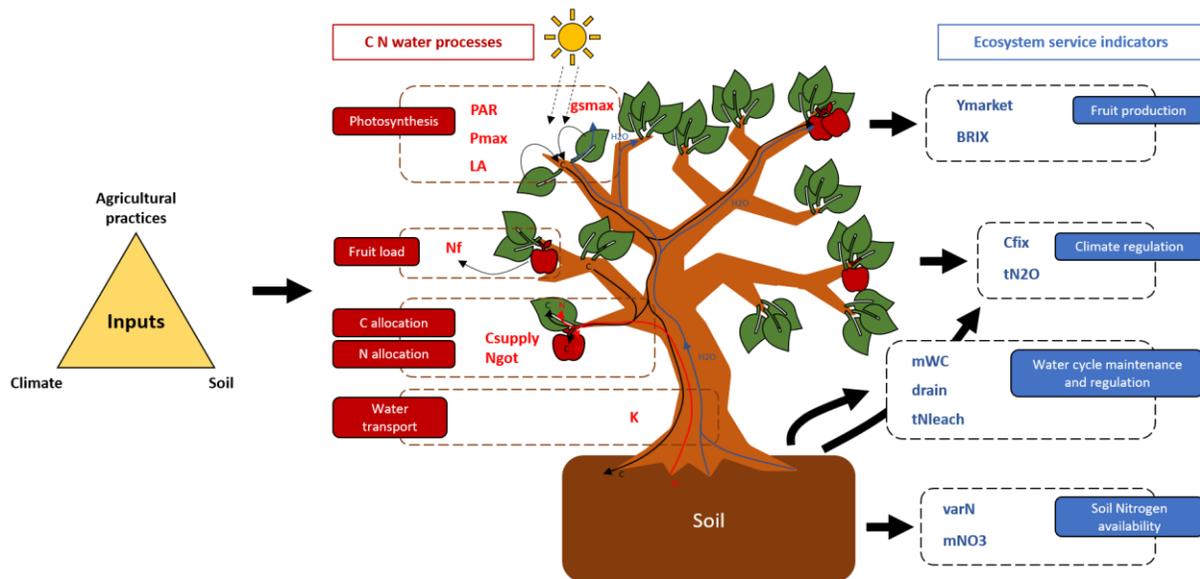
➤ Méthodes

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

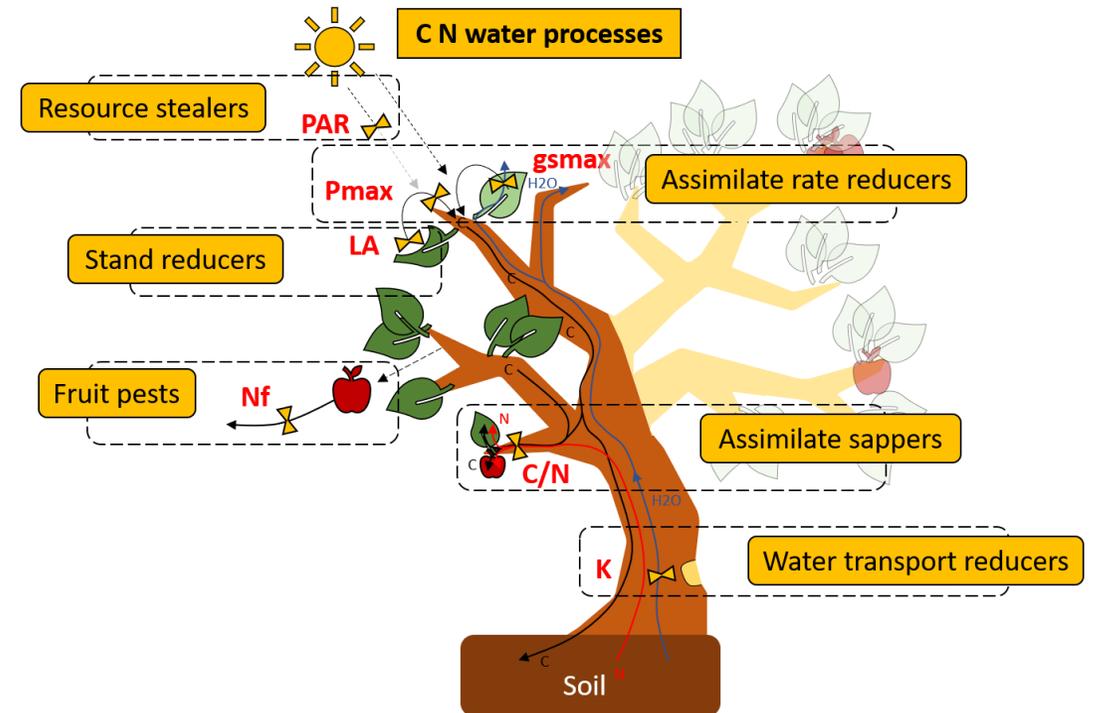
➤ Tâche 2: Modélisation agroécologique de vergers

- Modélisation des 10 BAs dans QualiTree pommier

QualiTree initial



QualiTree module pests



INRAE

Modélisation agroécologique de vergers

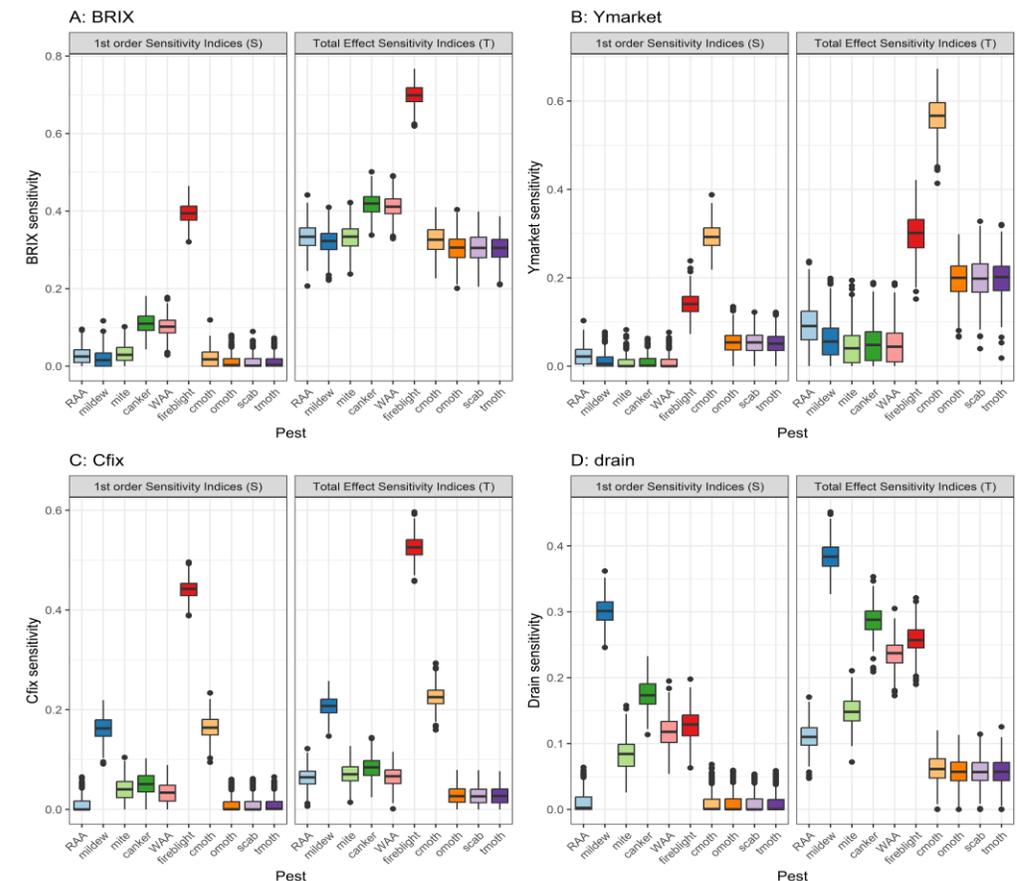
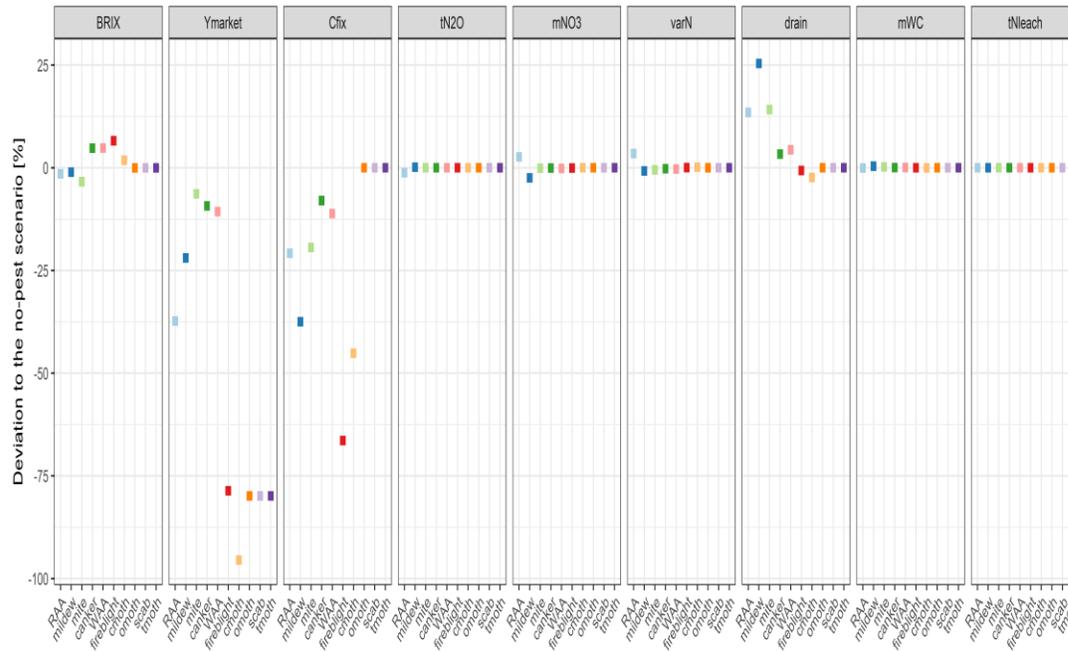
02/06/2022

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 (P_{max} [$\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]), Leaf area (LA [m^2]), maximal stomatal conductance (g_{smax} [$\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]), Number of fruits (NF [Fruit]), Supply of Carbon (Csupply [$\text{gC}.\text{day}^{-1}$]), N obtained by organ (Ngot [$\text{gN}.\text{day}^{-1}$]), 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



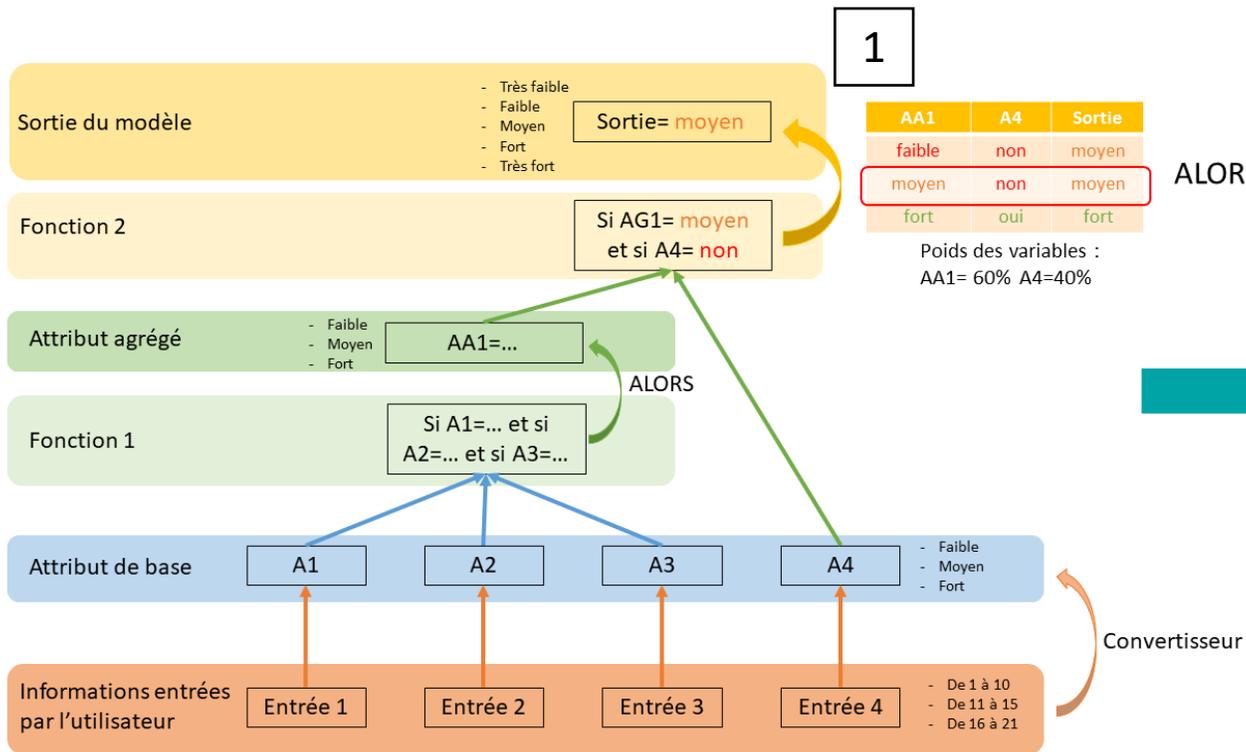
➤ IPSIM Pommier : 5 bioagresseurs sélectionnés selon leur fonction de dommages

- **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:



2

Table d'agrégation finale

| 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 moyennement efficaces | Le paysage est favorable 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 élevés |
| 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 élevés |
| 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 élevés |
| 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 faibles |
| Pratiques culturales efficaces | Le paysage est défavorable au carpocapse | Météo moyennement favorable pour le carpocapse | Dégâts faibles |
| Pratiques culturales efficaces | Le paysage est défavorable au carpocapse | Météo défavorable pour le carpocapse | Dégâts très 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 très 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 très 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 très faibles |
| Pratiques culturales très efficaces | Le paysage est défavorable au carpocapse | Météo moyennement favorable pour le carpocapse | Dégâts très faibles |
| Pratiques culturales très efficaces | Le paysage est défavorable au carpocapse | Météo défavorable pour le carpocapse | Dégâts très faibles |

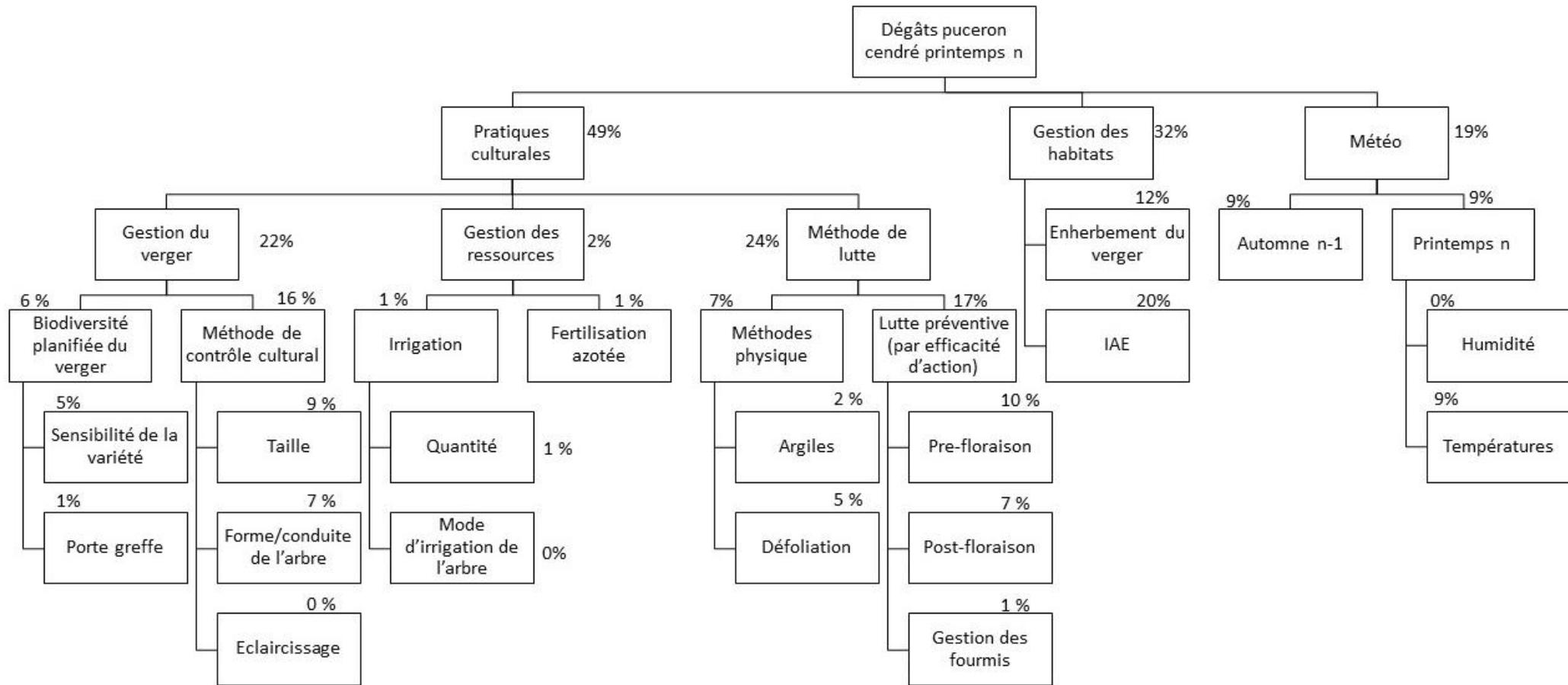
Résultat : dégâts très élevés, moyennement élevés...

3

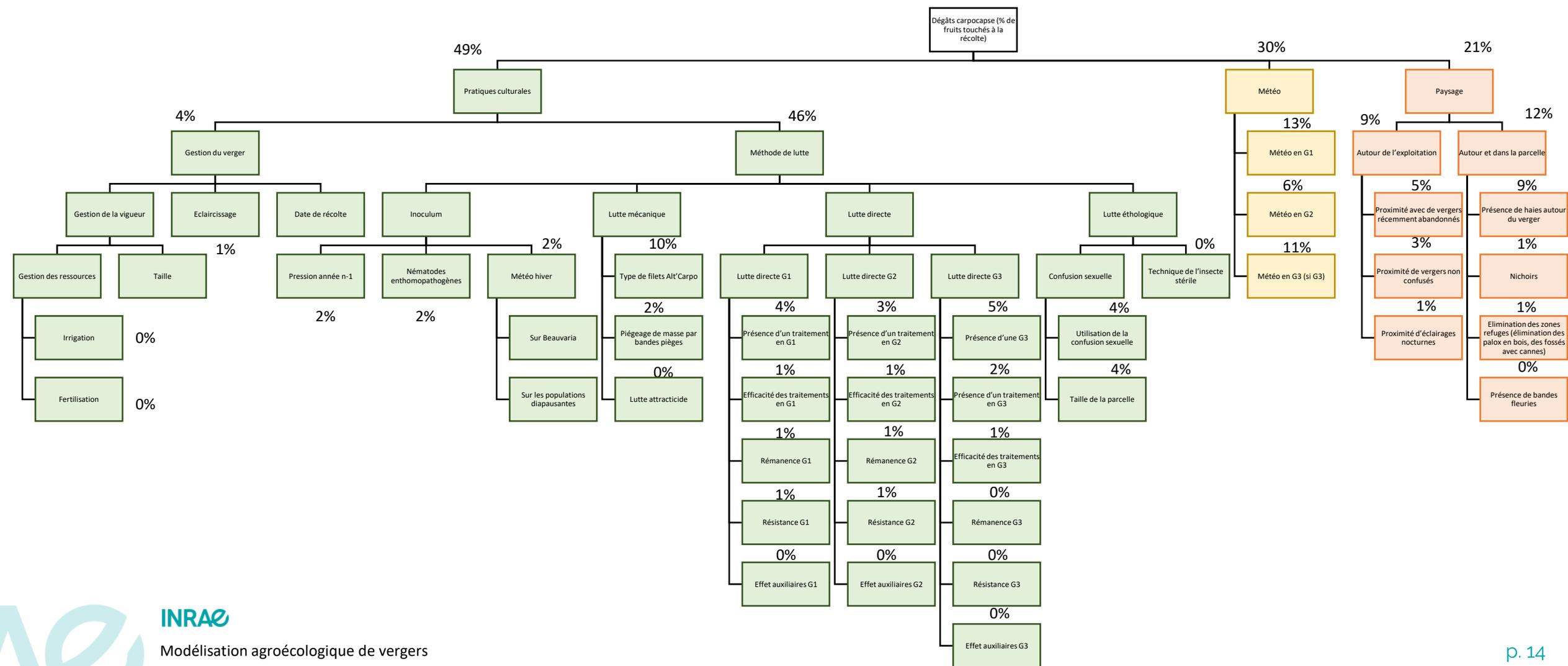
Dégâts du ravageur
Pour le carpocapse : % de fruits touchés à la récolte



➤ 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...)

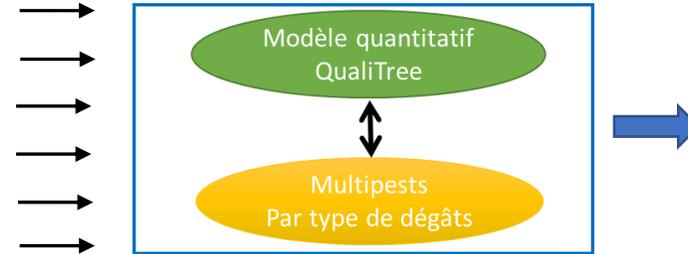
Stratégies

- Conventioennelle (PFI)
- Biologique
- Biologique de rupture

Définition des bornes/
valeurs par expertise

Pratiques

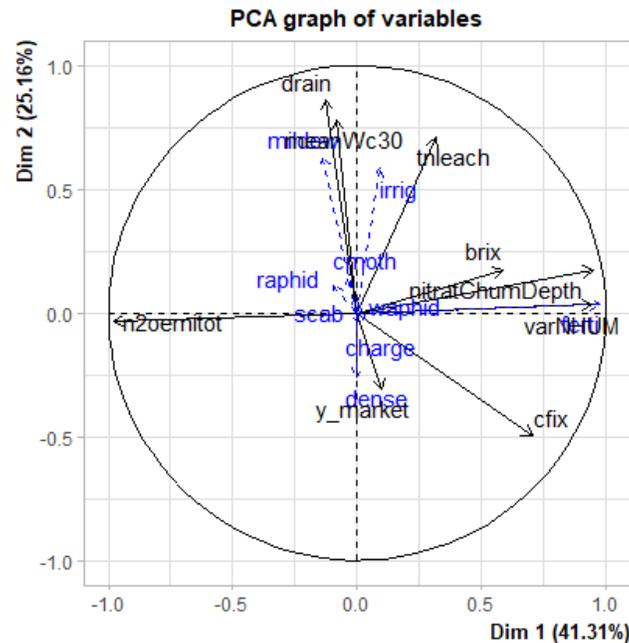
- densité de plantation
- charge
- fertilisation
- irrigation
- protection (leviers)....



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 | nitrChumDepth | 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)*

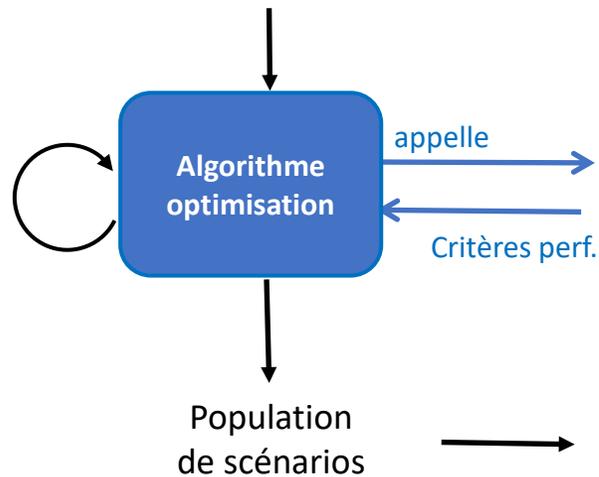
1 bis. Scénarisation dans une nouvelle zone de production (Sud-Ouest)

2. Expérimentation *in silico*

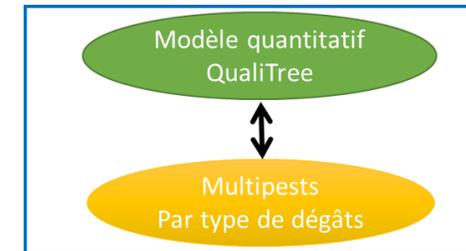
3. Sélection des meilleurs scénarios

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

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



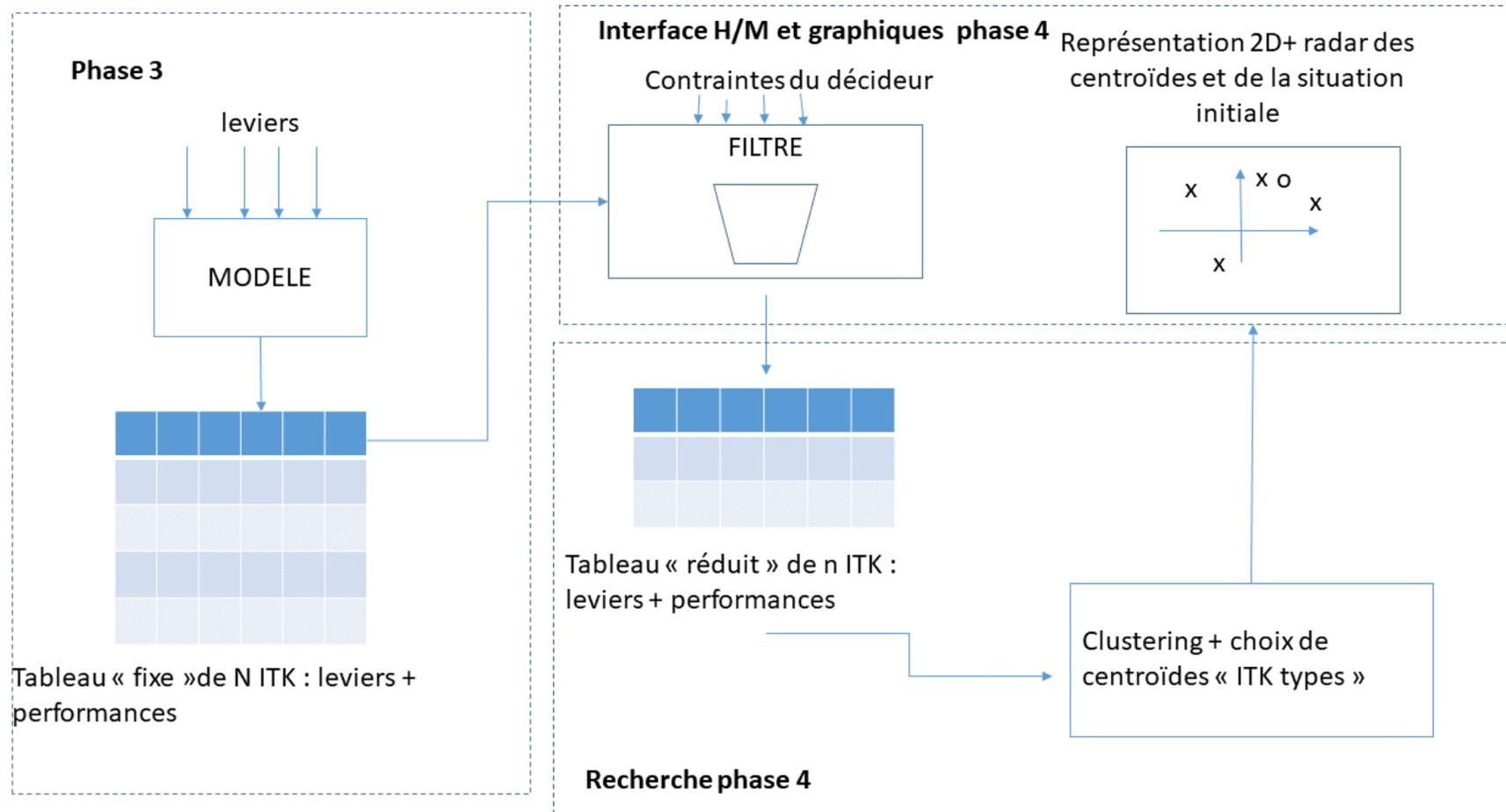
Modèle QualiTree-IPSIM



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.

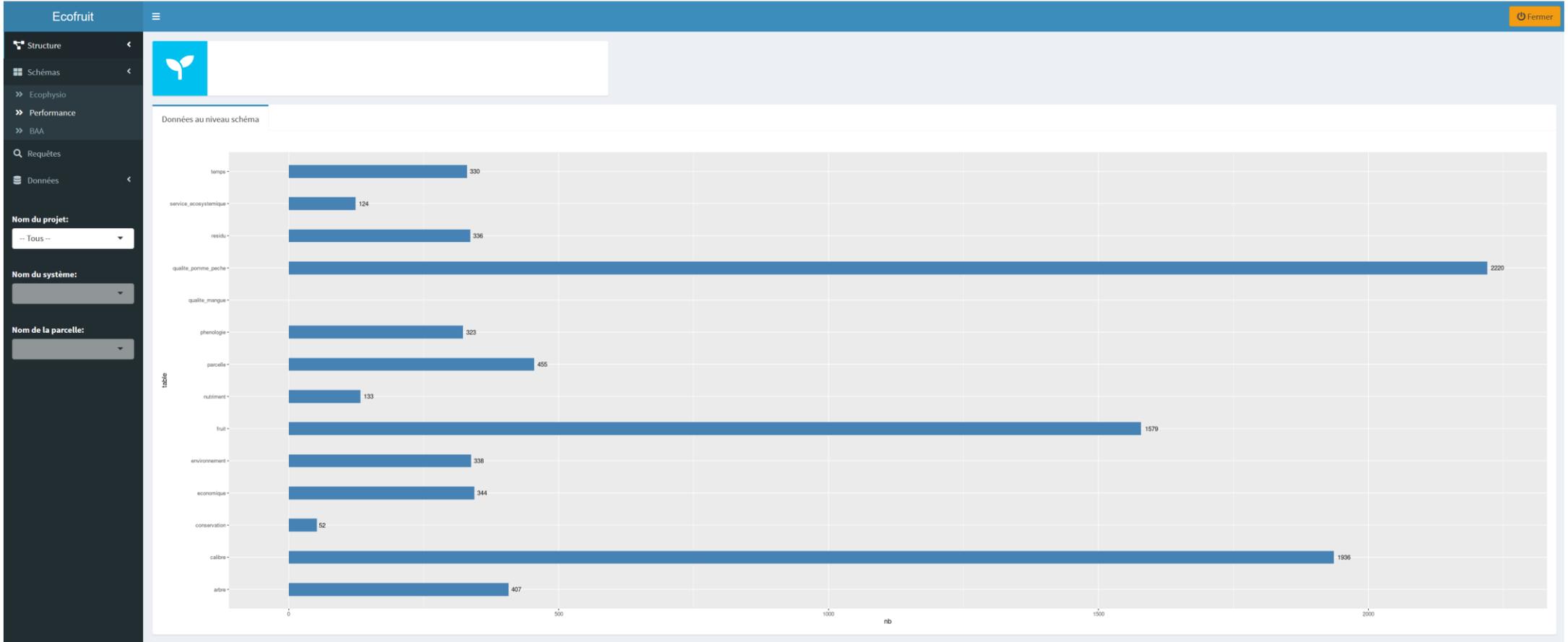
Merci à vous.



INRAE

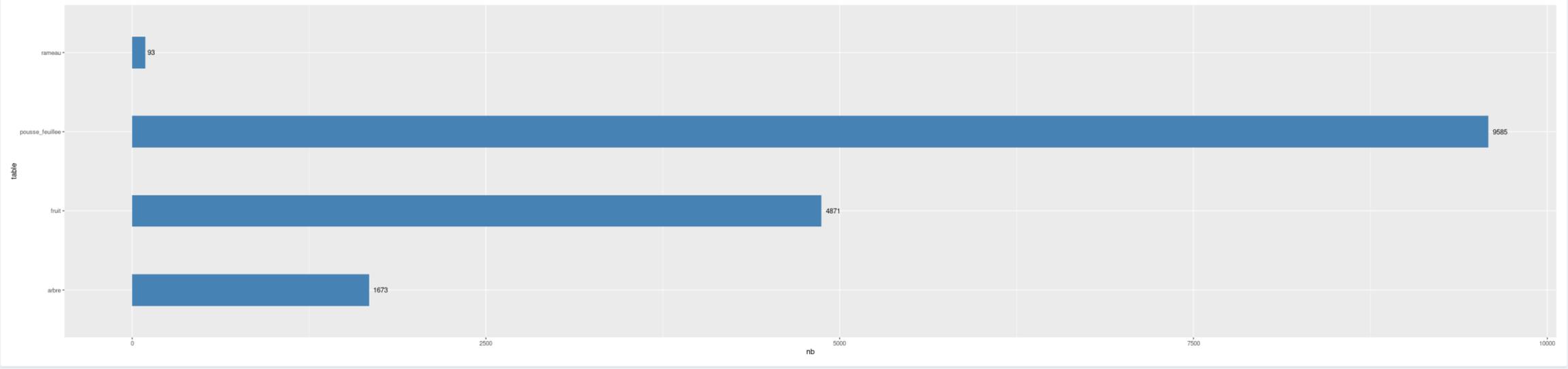
Modélisation agroécologique de vergers

02/06/2022





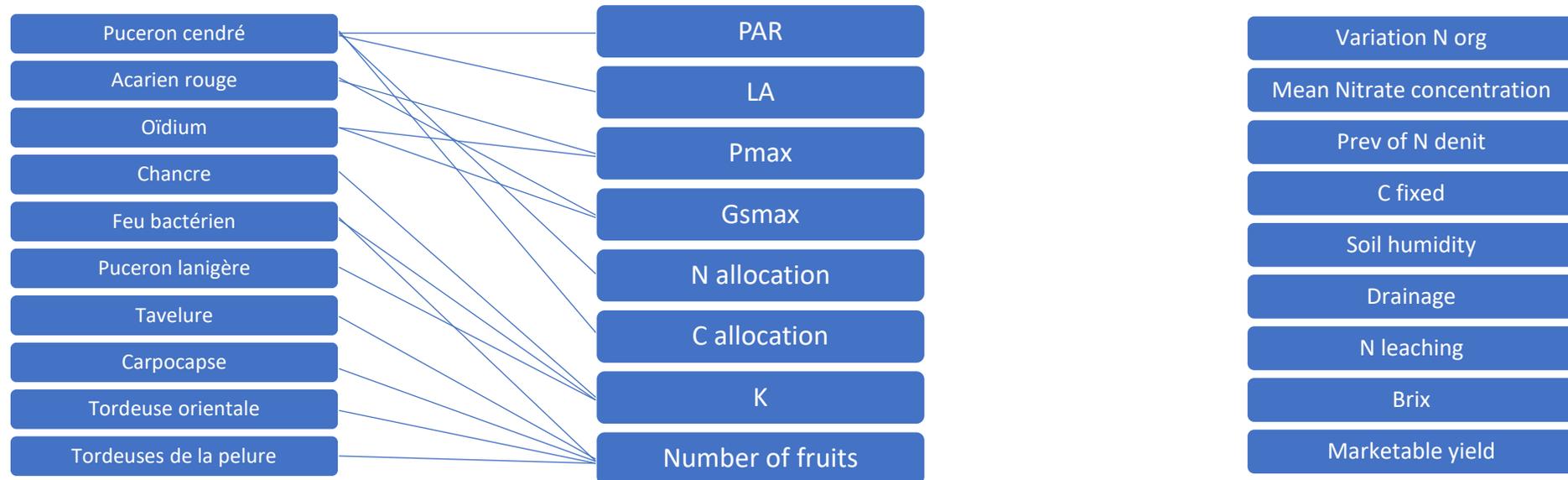
Données au niveau schéma



➤ 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

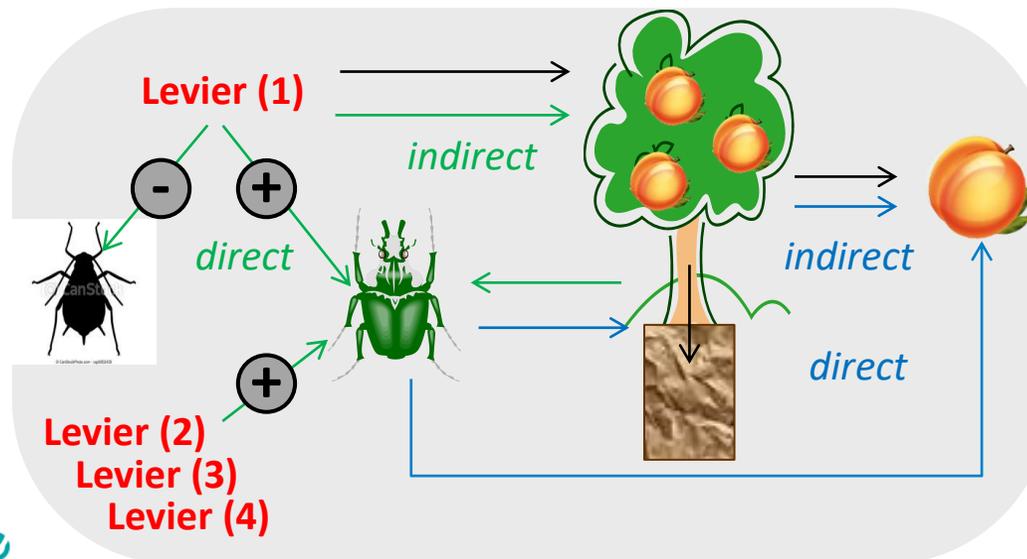


Indicateurs services
écosystémiques étudiés

➤ 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**)

