



Systemes agricoles diversifiés à base de pérennes

Conséquences sur la conception,
la gestion et l'évaluation

*Marie Gosme, INRAE ABSys, Montpellier
Aude Alaphilippe, INRAE UERI, Gotheron*

Une grande diversité de systèmes



Arbres bois + culture annuelle



Pérennes + culture pérenne



Arbres bois + animaux



Arbres bois + fruitiers



Fruitiers + Semi-pérennes



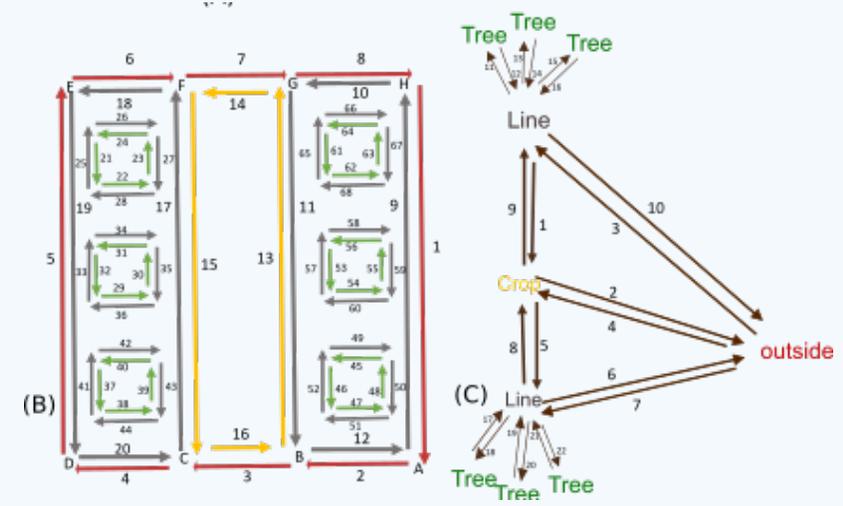
Fruitiers + pérennes + annuelles

Pas de représentation unique

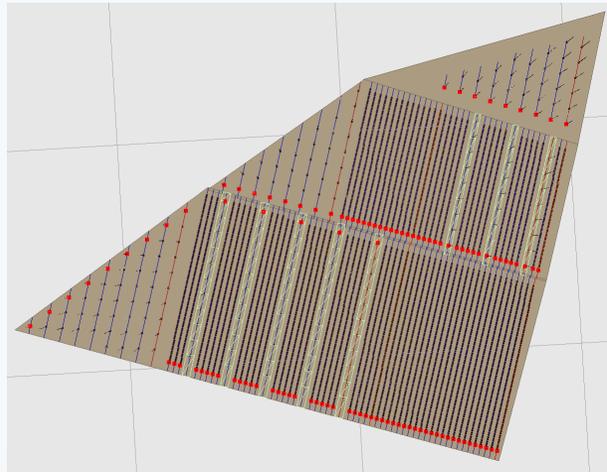
Représentation « photoréaliste »



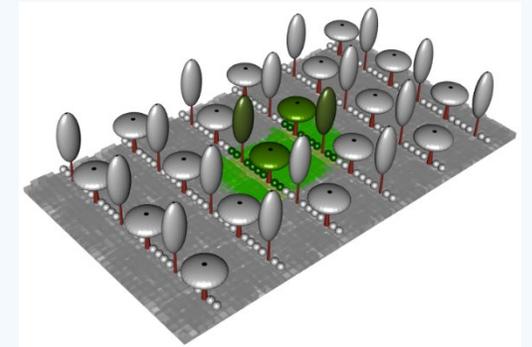
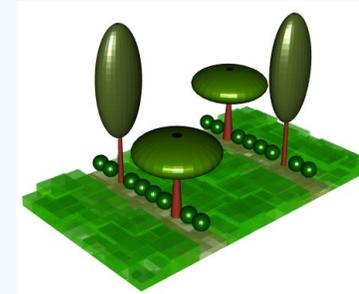
Carte combinatoire permettant de représenter alternativement la structure ou le fonctionnement du système



Règles décrivant les lignes d'arbres (orientation, distance entre lignes, tournières) et les successions d'arbres le long de la ligne puis transformation en coordonnées géographiques



Pattern répété à l'infini



etc...

Une boîte noire !

- Les systèmes pérennes complexes, souvent considérés comme une boîte noire
 - Pas de typologie unique
 - Difficile à représenter
 - Peu de données



➔ La conceptualisation en est à ses balbutiements

➔ Pas (peu) d'opérationnalisation des concepts

Plan de présentation



Conséquences et premières pistes



1. Caractéristiques de ces systèmes

Des échelles temporelles

3

Hétérogénéité spatiale *

3

Multifonctionnels

3

Plusieurs échelles temporelles imbriquées



Développement sur le temps long,
avec plusieurs phases
(plantation, juvénile, mature, déclin)



Cycles de production:

- blé: 1 an
- branches: 4 ans
- tronc: 40 ans

Epuisement progressif
des réserves



Complémentarité
temporelle



Un espace hétérogène



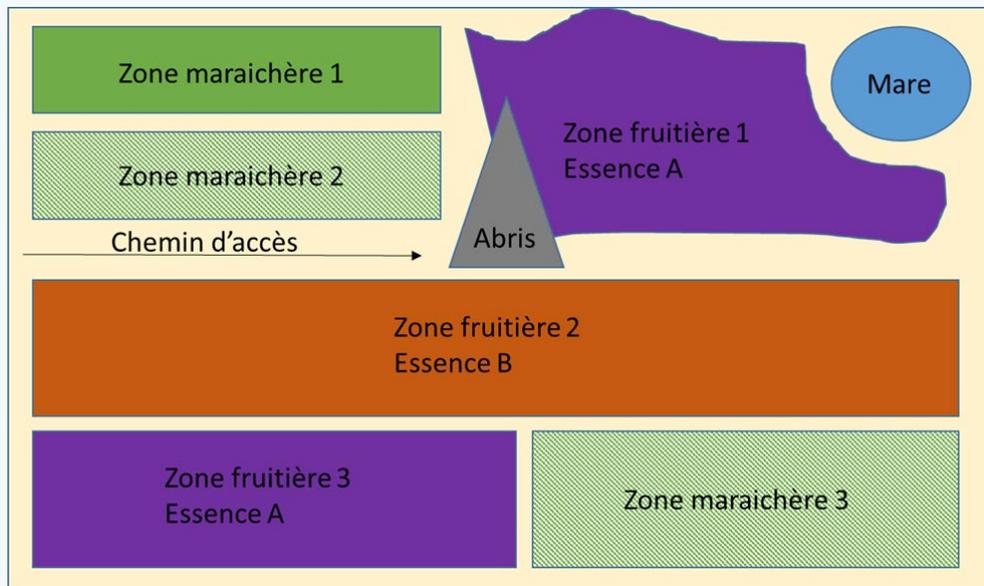
- Hétérogénéité horizontale



- Hétérogénéité verticale dans le cas de systèmes multi-strates

Un espace multifonctionnel

- Zones de productions (plusieurs unités de gestion)
- Zones support à la production:
 - Biodiv (lien régulation)



Ex. de zone multifonctionnelle :

L'interrang

Passage engins

Source d'azote

Attraction auxiliaires



2. Conséquences sur la conception

Concept spatial

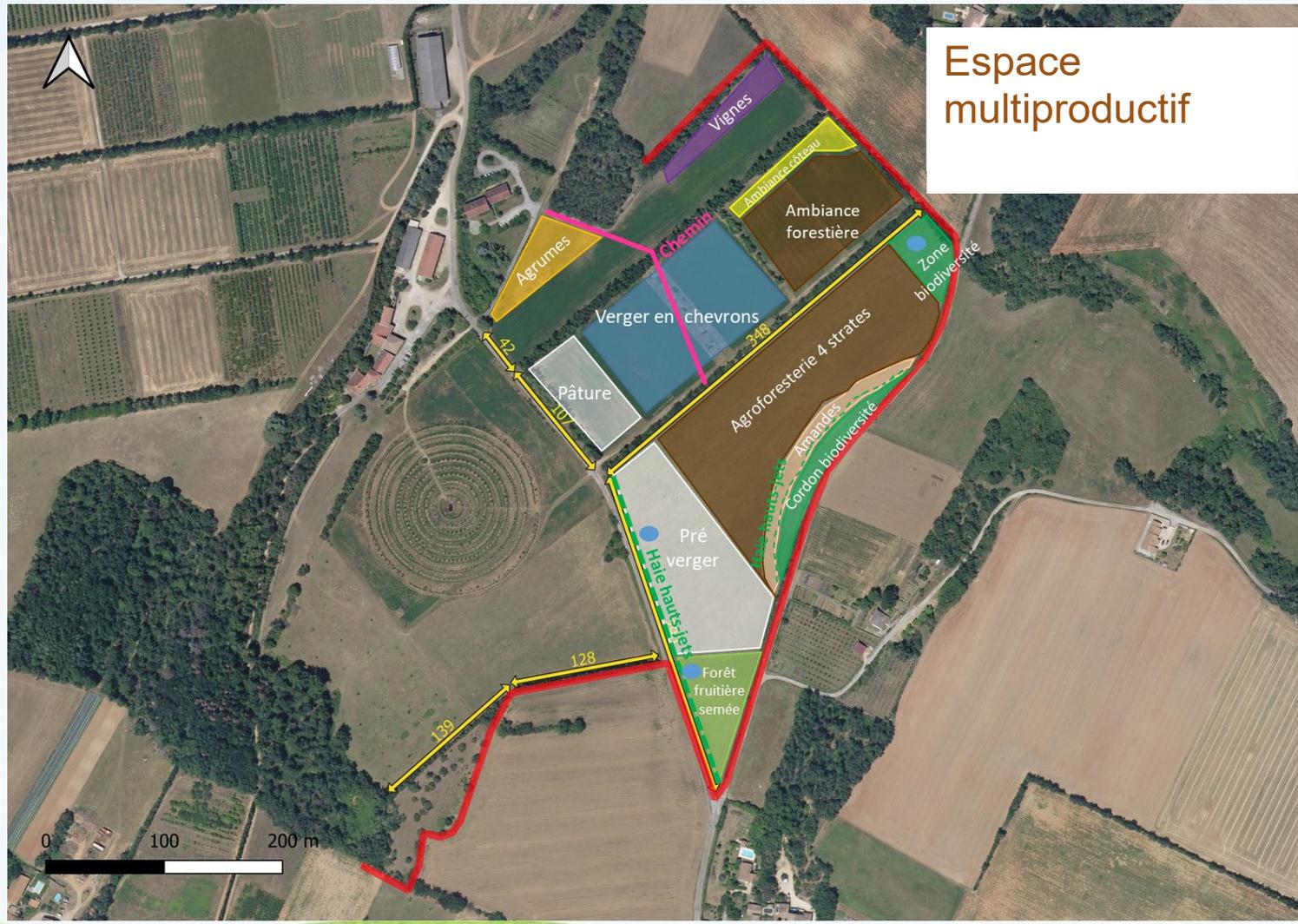
Evolution ontogénique

Temps long

Irréversibilité de certains choix

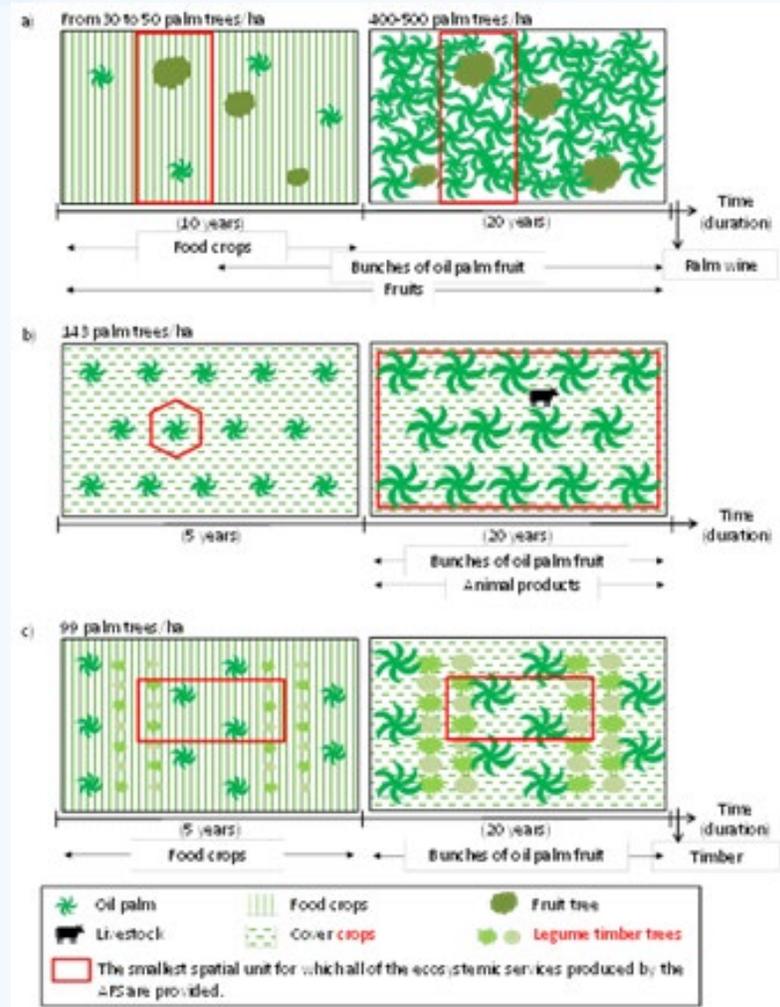
Evolution du contexte

La parcelle, un concept « has-been » ?



Espace multiproductif

ESSU (Ecosystem Service Spatial Unit) : un nouveau concept



Rafflegeau et al, 2023
(accepted in *Agronomy for Sustainable Development*)

Concevoir les phases de vie du système : une trajectoire d'évolution du système



T0

T+5ans

T+15ans

To be continued

Petits fruits en production

FIN petits fruits
ENTREE en production fruits

FIN des fruits à noyaux
ENTREE des moutons

Irréversibilité de certains choix et évolutions de contexte



Evolution de la taille des machines/arrangement spatial



Maladies émergentes /choix d'espèces et variétés



Changement climatique/choix d'espèces et variété

3. Conséquences sur la gestion

Hétérogénéité spatiale

Dynamique temporelle

Un temps décisionnel long

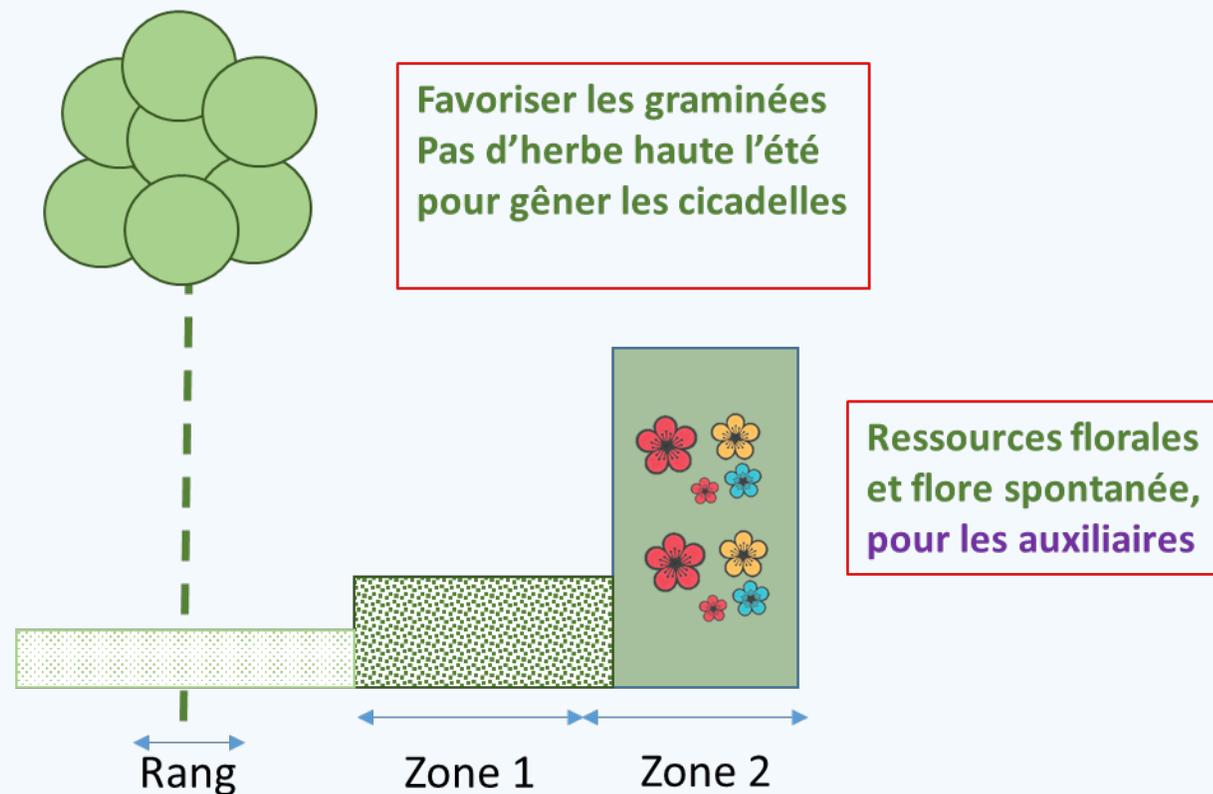
opportunités de gestion

L'hétérogénéité spatiale = opportunités de gestion

A



Régulation cicadelle VS ressources auxiliaires

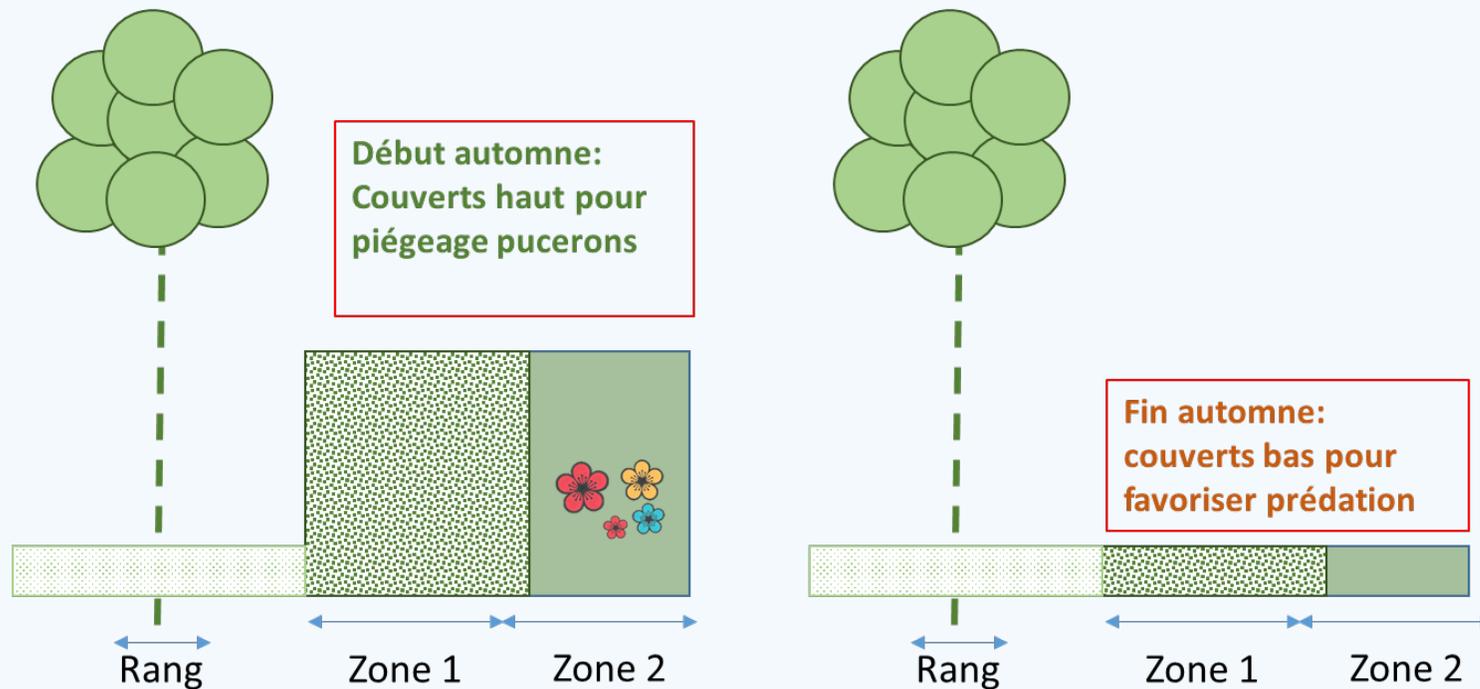


Le temps : des opportunités de gestion des compromis

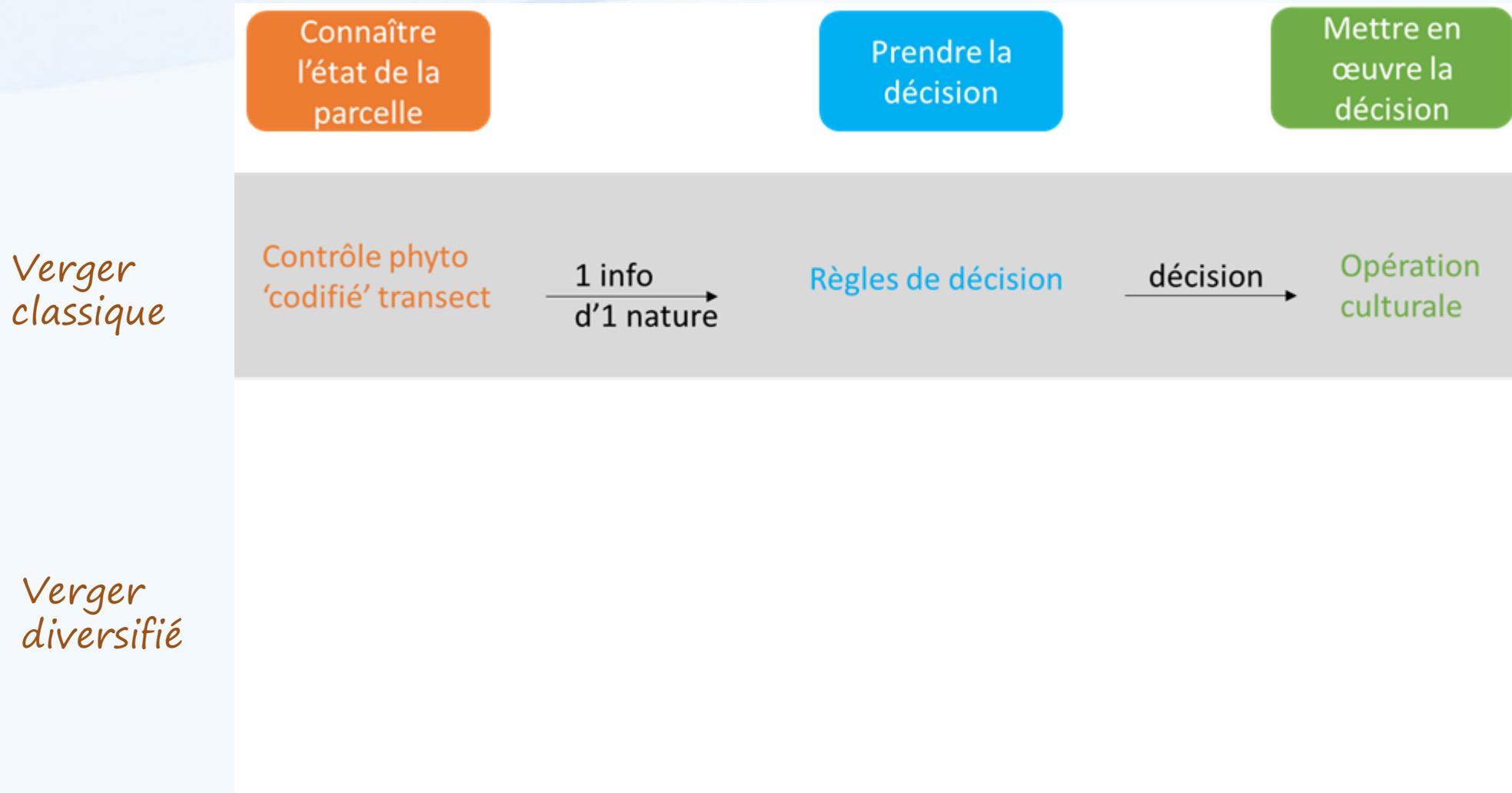
A

- Gestion des ressources avec des temporalités différentes

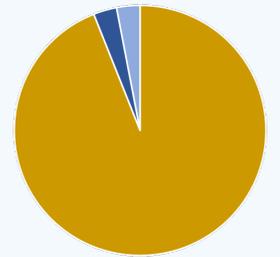
Régulation puceron vs. campagnols



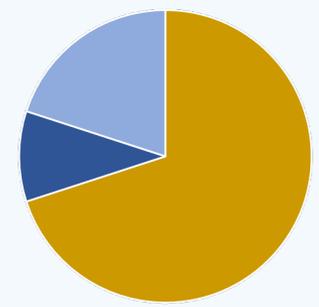
Importance du temps décisionnel



- Opérations culturales
- Observation verger
- Prise de décision



Verger 0 phyto très diversifié (cas de ALTO module 1 Gotheron)





Conséquences sur l'évaluation

Manque de références

La modélisation

①

Bornage spatial & unités

Bornage temporel & visualisation

Nouvelles questions

②

Manque de données de référence

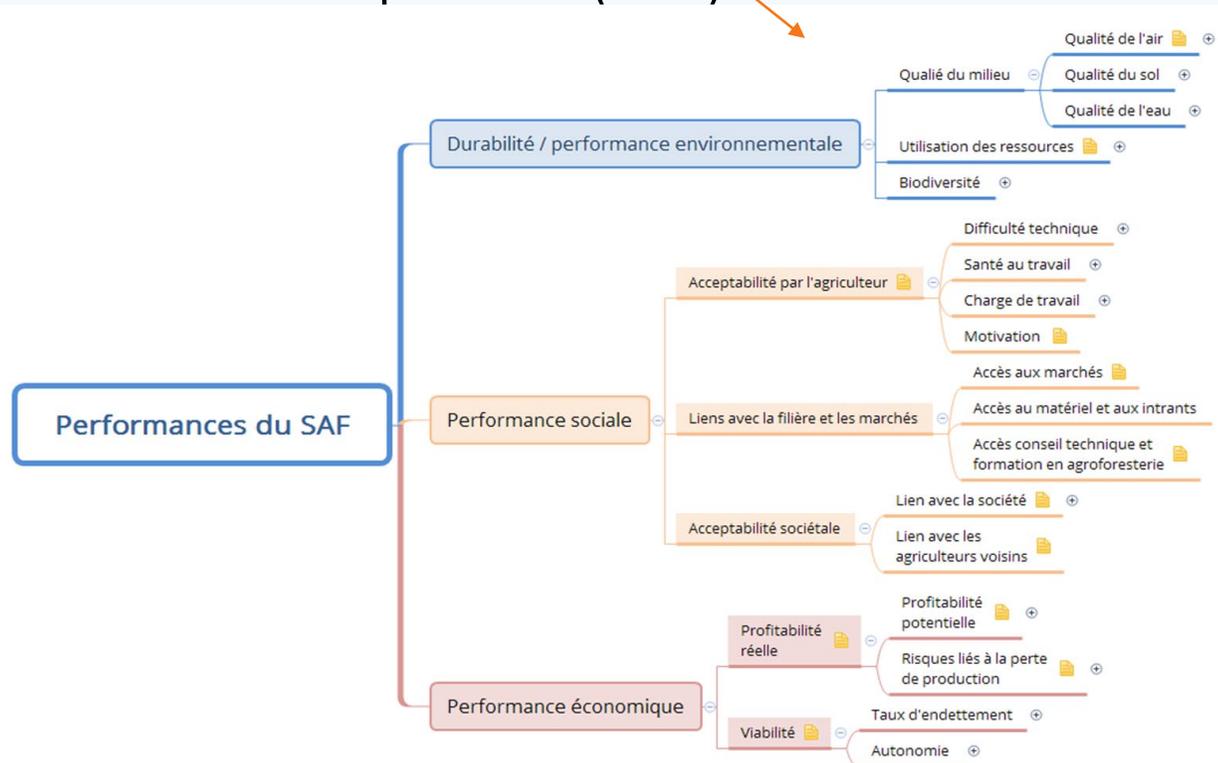
A

- Les systèmes pérennes complexes, une boîte noire
 - Pas de typologie unique
 - Difficile à représenter
 - Peu de données
- ça prend du temps !



Modélisation des performances

- Une grande diversité de modèles disponibles
 - modèles biophysiques
 - modèles qualitatifs (DEXI)



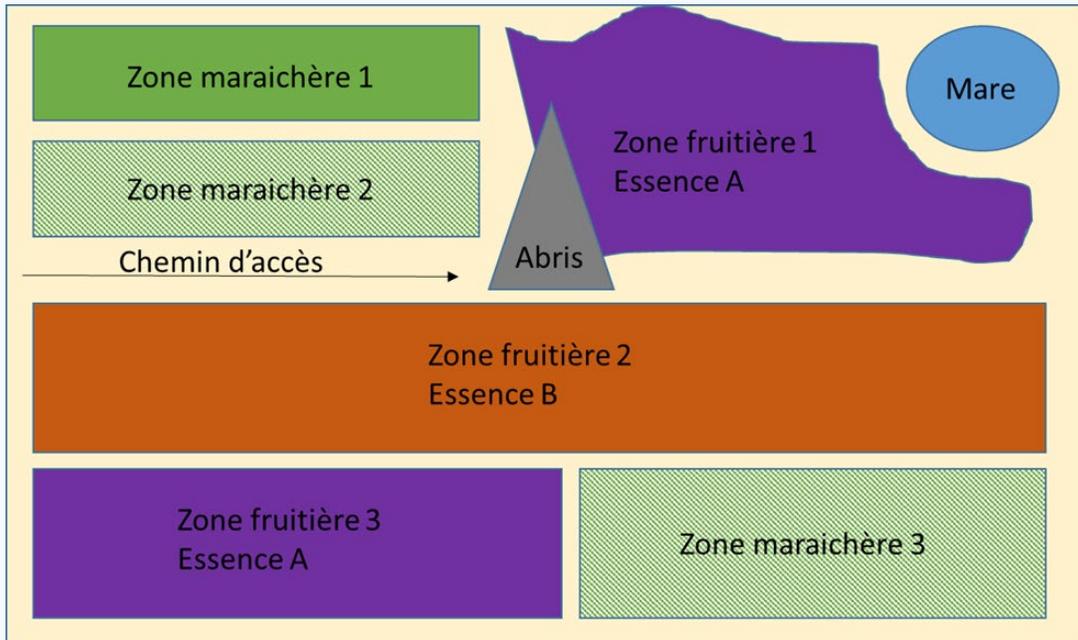
DIGITAF Tools

Technical status? License? Stack (language)?

Woodland Code Dataset Excel Allometric descriptions of carbon storage with time for UK woodland species	Yield-SAFE Excel and Python Biophysical model of the interactions between trees and crops in silvopastoral agroforestry that works in two dimensions and across daily intervals.	YieldSAFE with RothC Excel and Python Integration of RothC model into YieldSAFE.	WaNuCas WaNuCAS 4.0
Hi-sAFe Java Hi-sAFe is a 3-D mechanistic simulation model representing tree and crop growth, taking into account light, water and nitrogen competition between trees and annual or perennial crops.	DynAcof Java (J) DynAcof is a process-based model that computes plot-scale Net Primary Productivity, carbon allocation, growth, yield, energy, and water balance of coffee plantations according to management, while accounting for spatial effects using metamodels from the 3D process-based MAESPA.	ShadeMotion Java (J)	META-AFs Java (J) Zusammen zu META-AF: Interaktive Szenarioentwicklung, Flächenpotenzialermittlung von Agroforstsystemen
FarmTree Java (J) Wageningen-based company applying and developing an agroforestry decision-support tool (our FarmTree® Tool, see www.farmtree.aearth). So far we applied it mainly in Africa and Asia, but through ReForest we aim to lead European species and conditions into the tool to make it fort for use in Europe as well.	AgroforestryX aka Agroforestry Design Tool Java (J) Web-based Agroforestry Design tool with a focus on modelling grazing and thinning in syntropic tropical agroforestry systems with high diversity.	RegenWorks Java (J) MEN + python + Map4Libre	MAESPA Java (J) Model developed for studying tree functional responses (vertical light availability) at stand level. Now using by the Eco&Sol Lab from CIRAD in Montpellier (France)

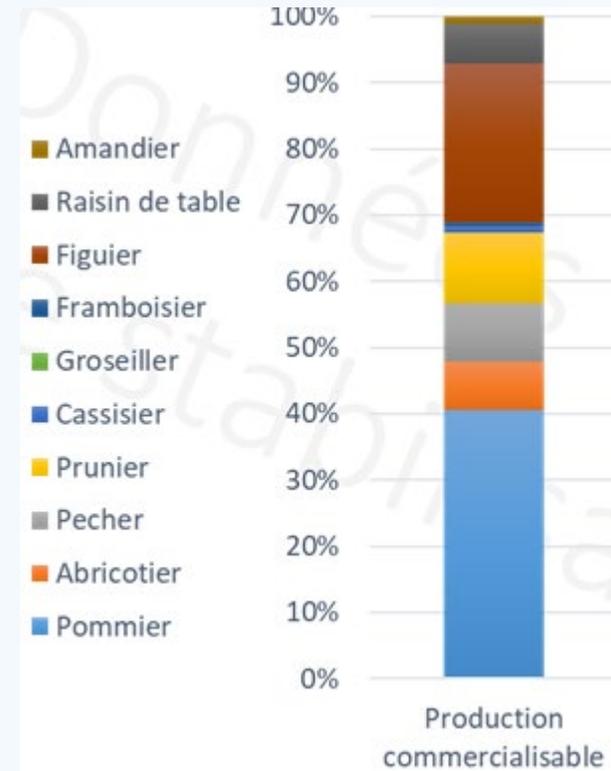
Bornage spatial et unité

- Rendement = production/surface.... mais quelle surface ?
→ Difficulté pour se positionner par rapport aux référentiels



Propositions:

- Surface théorique
- Surface totale (cumul ?)
- Surface culture seule...



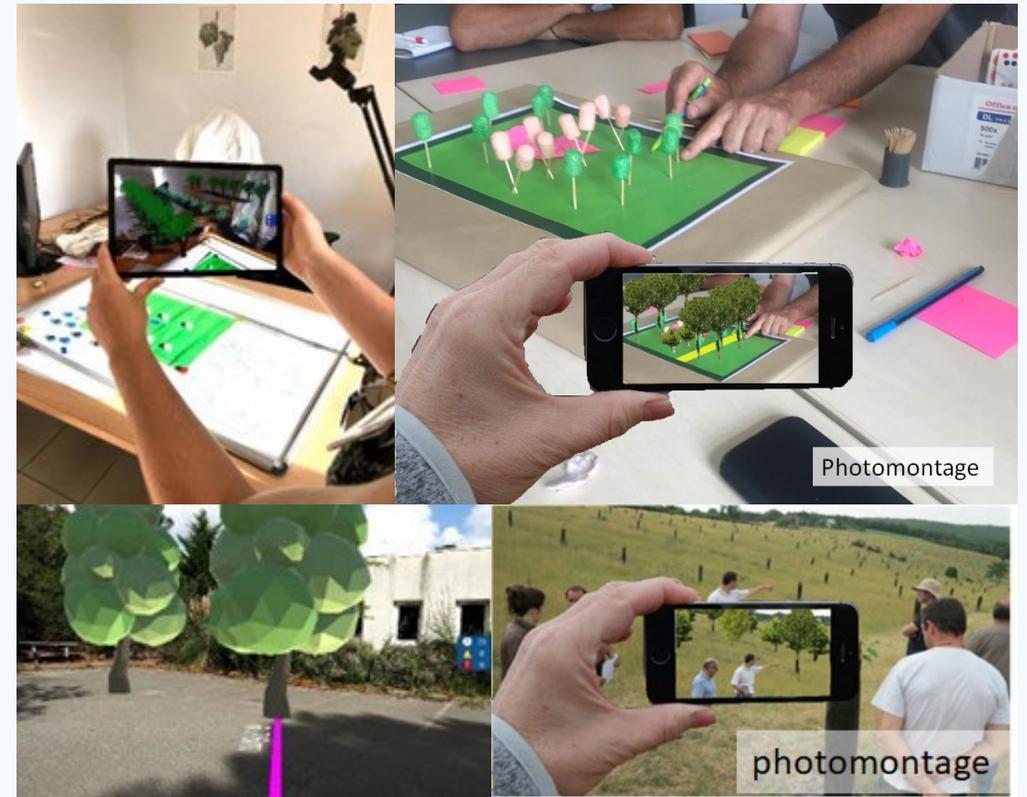
Bornage temporel et visualisation

- Plusieurs cycles imbriqués
→ plusieurs rythmes de croisière

→ Quand faire l'évaluation ?

- à chaque fin de mini-cycle ?
- ou à la plus longue échéance ?

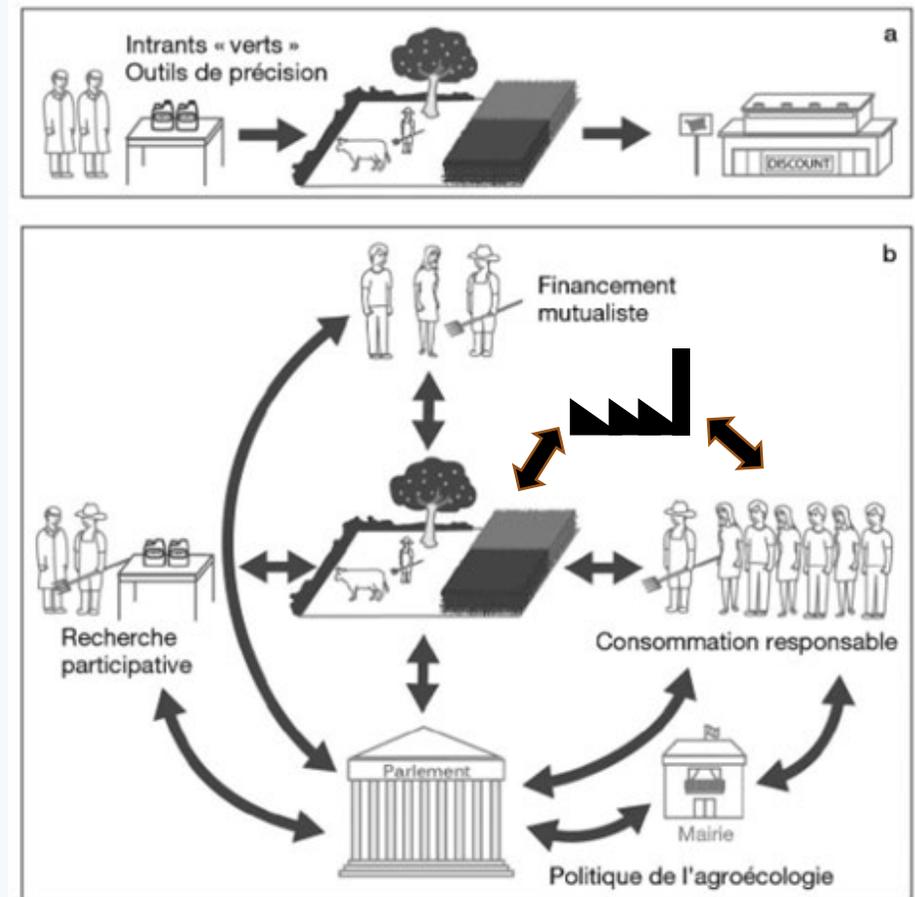
- Aide à la projection dans le temps



Quelle échelle d'évaluation?

Sortir du système biophysique

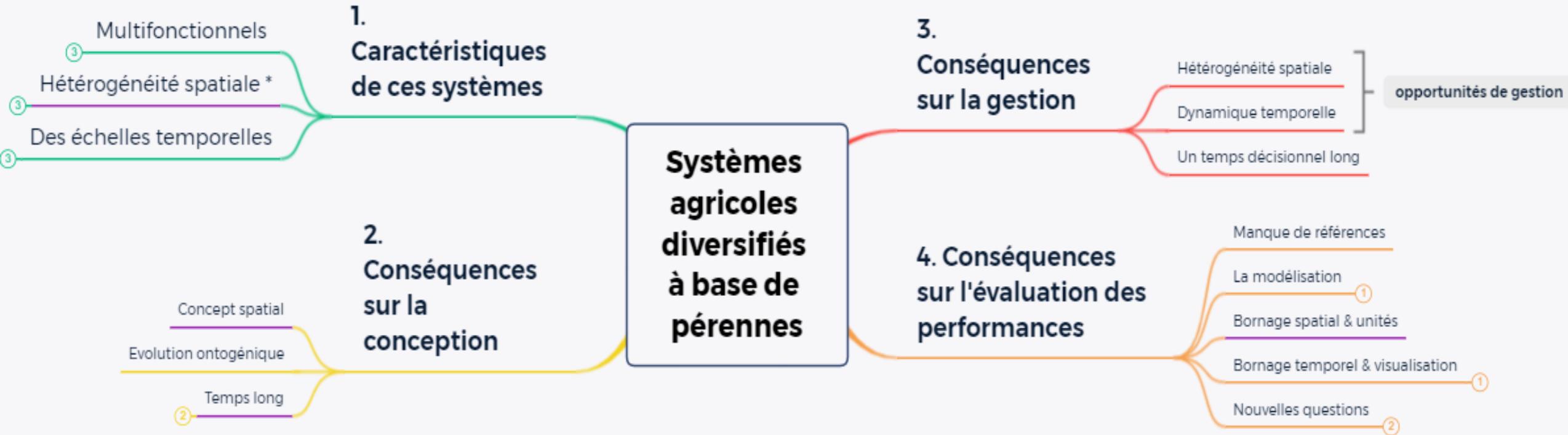
- Echelle exploitation :
 - La prise de décision
 - Les formes d'organisation
- Systèmes en interaction avec le territoire :
 - changement échelle spatiale
 - mais aussi sociale avec intégration food système



D'après : **Figure 1.** «Agroécologie faible» (a) et «agroécologie forte» (b)
(© Le Basic – Matthieu Calame, 2016. *Comprendre l'agroécologie*. Éditions Charles Léopold Mayer. Reproduction avec l'autorisation du Basic, lebasic.com).

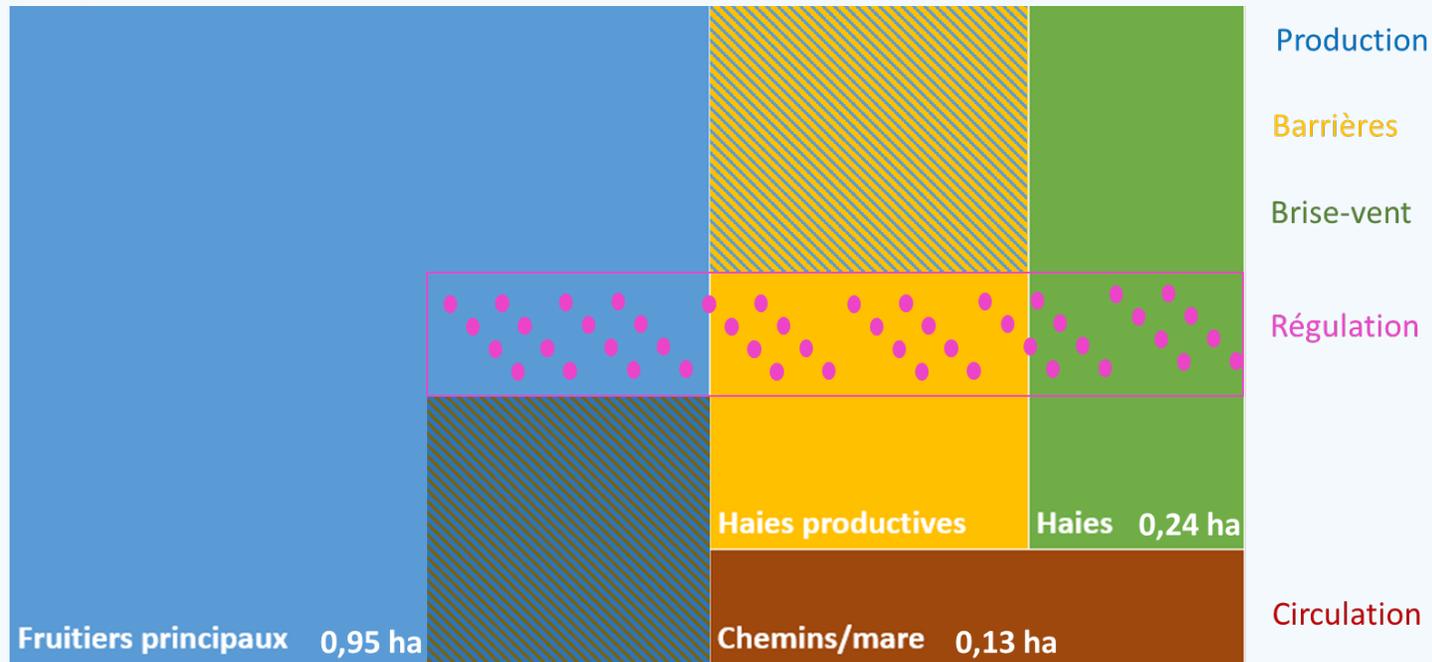
Merci de votre attention

Place au débat !



Quelles métriques ?

- exple : service/unité de surface



- prise en compte de la complexité dans l'évaluation sociale de la durabilité
 - avant : pénibilité, risque santé humaine (phytos) maintenant : + incertitude, santé mentale, charge administrative, routinisation