



Apports de l'optimisation multicritère à la conception assistée par modèles des systèmes de culture innovants

Mohamed-Mahmoud Ould Sidi, PSH Avignon
Bénédicte Quilot-Turion, GAFL Avignon

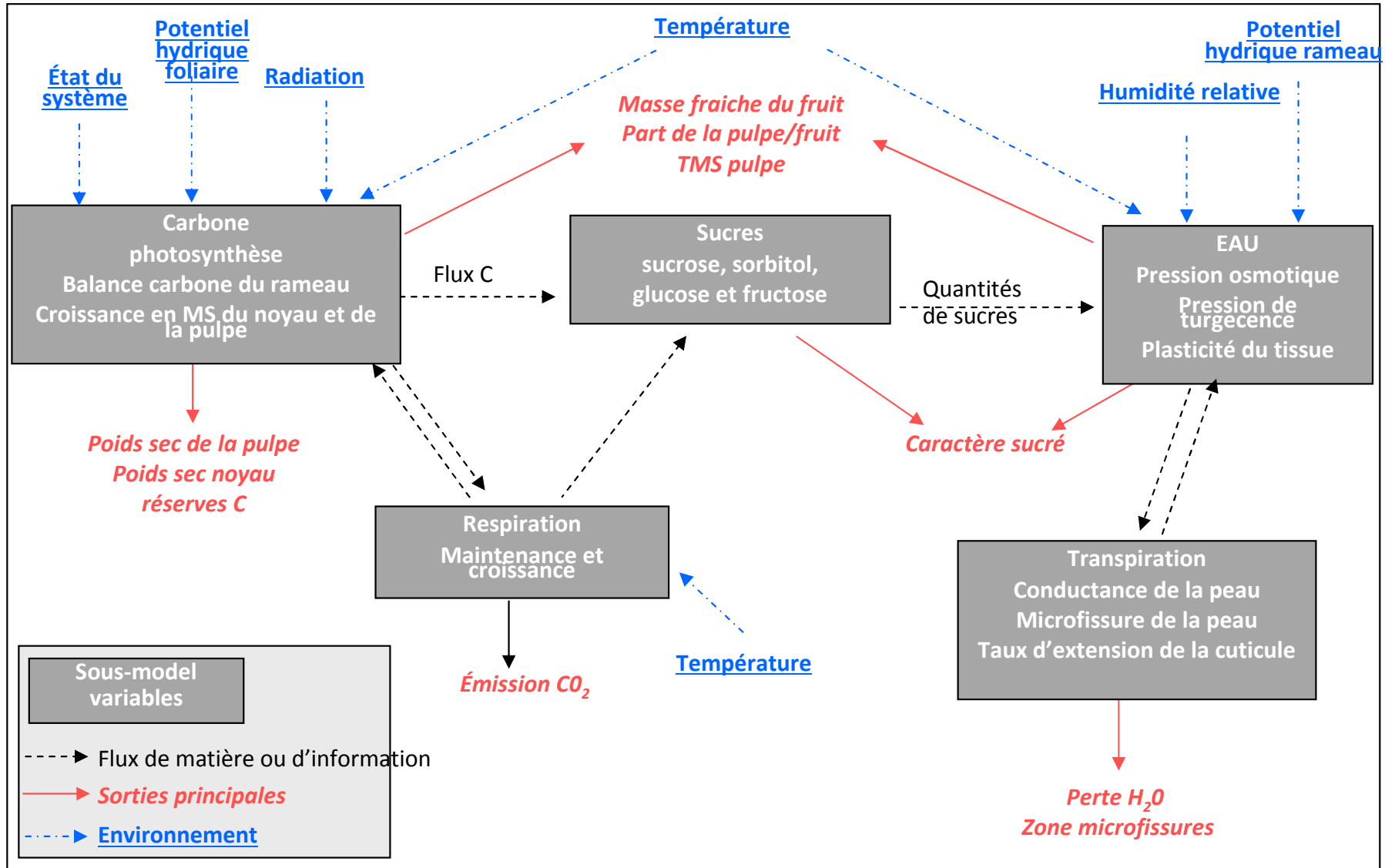
- Introduction
- Optimisation multicritère
- Optimisation par Essaims de Particules (OEP)
- Résultats
- Conclusions et perspectives

De bonnes raisons pour développer un Fruit Virtuel

- Intégration des connaissances d'écophysiologie dans un concept de fonctionnement du fruit
- Aider à comprendre les contrôles de la plante, génétiques et environnementaux sur la physiologie du fruit et sa qualité
- Utiliser le Fruit Virtuel pour concevoir des idéotypes de fruit
- Réduction des coûts de l'expérimentation
- Né dans les années 90
- Application à plusieurs espèces (tomate, pêche, raisin..)

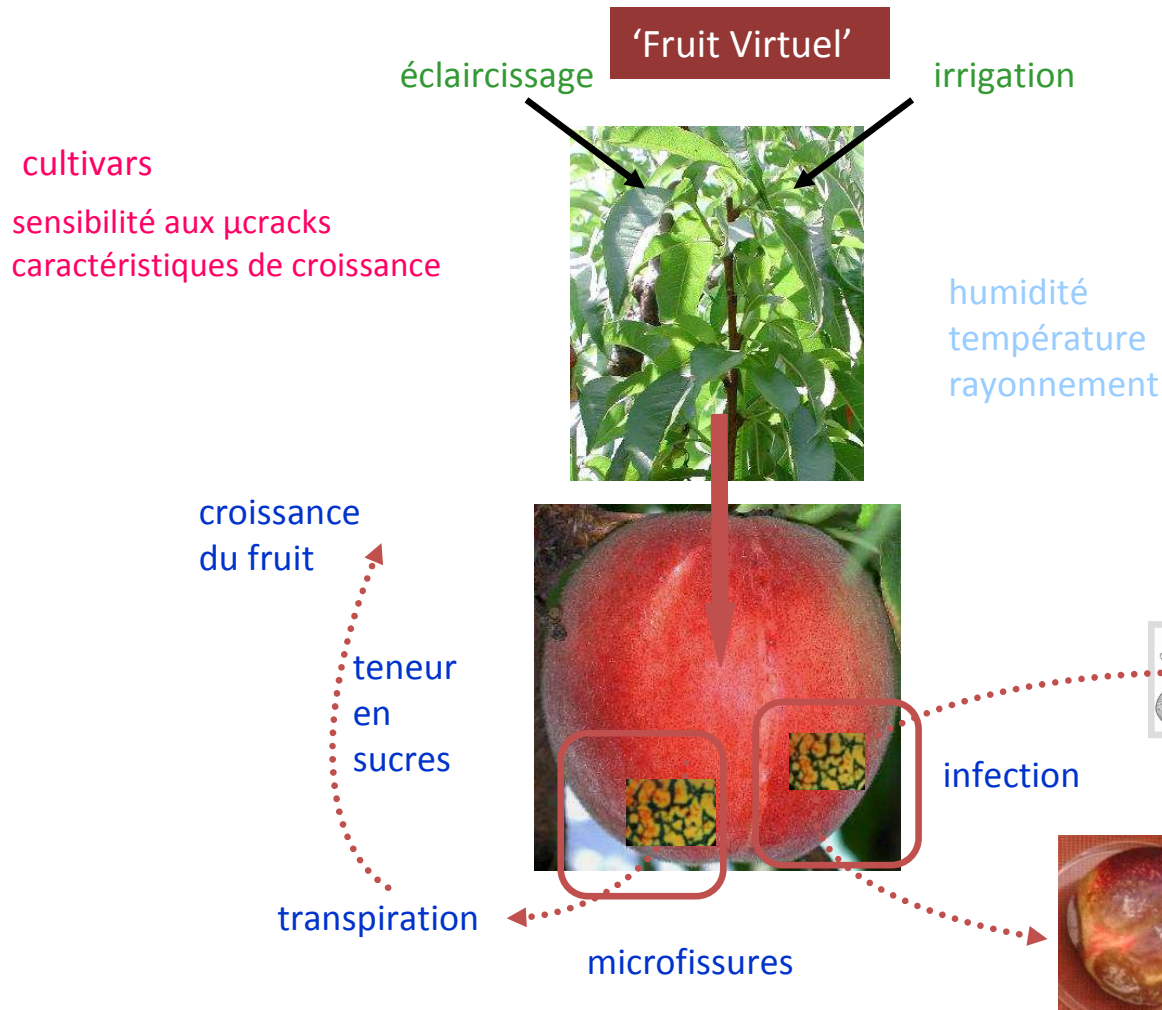
Introduction

Fruit Virtuel



Introduction

Optimisation des interactions G x E x P : pêcher/moniliose



6 paramètres génétiques

3 critères

| | |
|--------------------|-----------|
| Masse fruit (g) | maximiser |
| Sweetness (%) | maximiser |
| Densité cracks (%) | minimiser |

Résoudre le problème d'optimisation suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \min -FM(X), -ST(X), DC(X) \\ X \\ s.t \\ X \in D \\ 50 \leq MF(X) \leq 300 \\ 0 \leq ST(X) \leq 20 \\ 0 \leq DC(X) \leq 0.2 \end{array} \right.$$

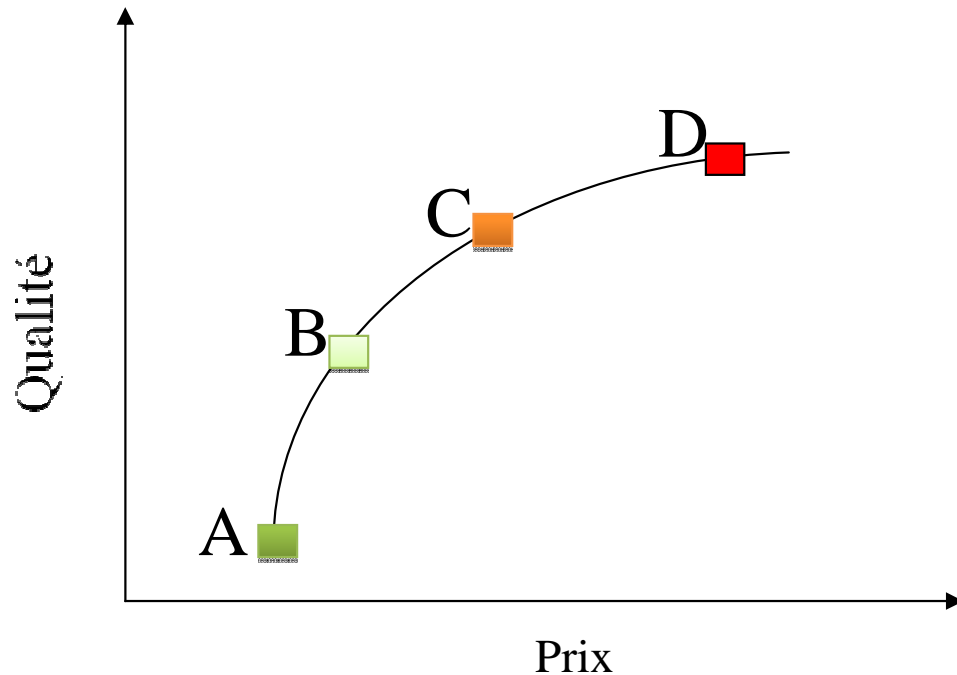
Trouver les meilleures combinaisons de génotypes et pratiques culturales adaptées à et respectueuses d'environnements spécifiques

Monocritère Vs. Multicritère

Optimisation monocritère : le problème a une seule fonction objectif.

Exemple: voiture à coût minimal.

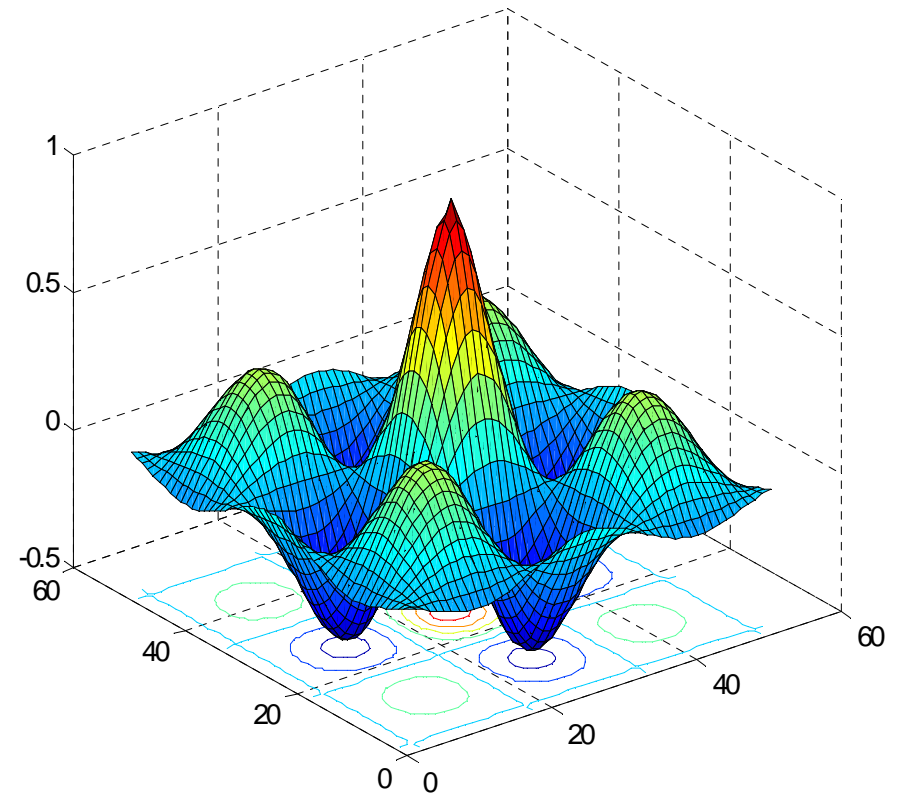
→ But: obtenir la solution optimale



Optimisation multicritère : le problème a au moins deux fonctions objectifs.

Exemple: Produire plus et mieux tout en préservant l'environnement

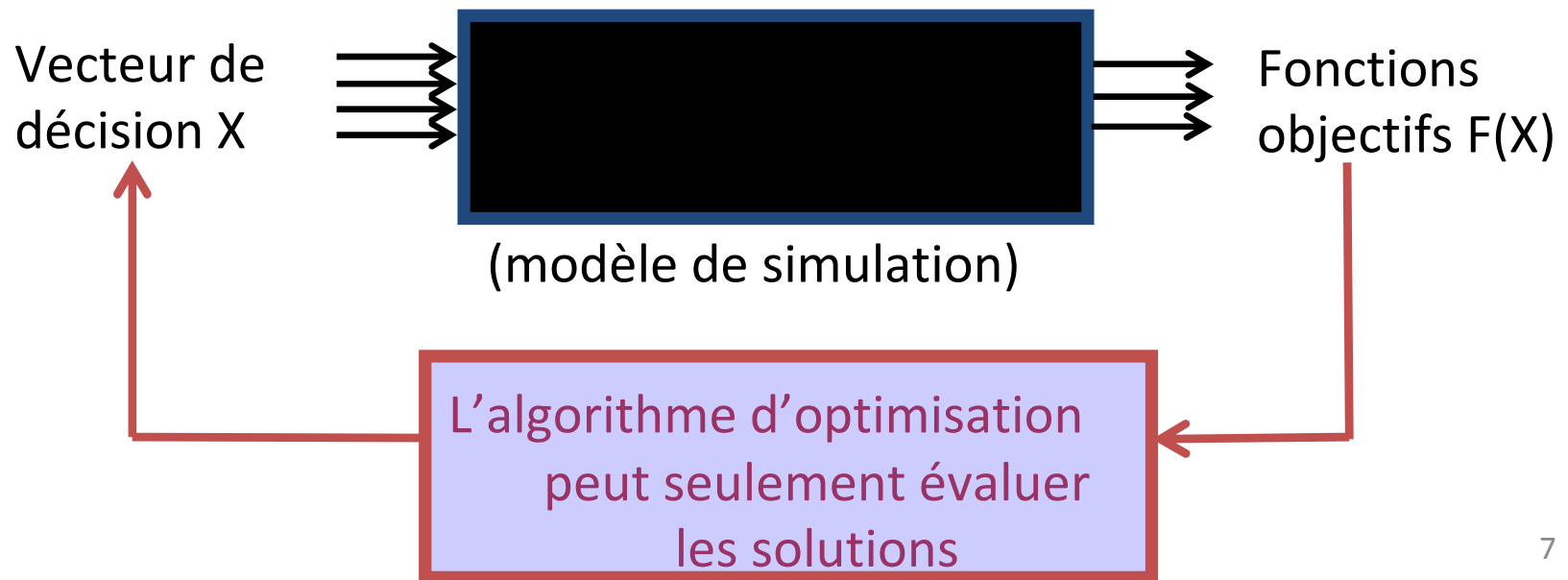
→ But: obtenir un ensemble de solutions de compromis



Une multitude de méthodes dans la littérature

- Programmation mathématique multiobjectif
- Heuristiques spécifiques
-
- Métaheuristiques (algorithmes génétiques, essais particulières, colonies de fourmis, etc)

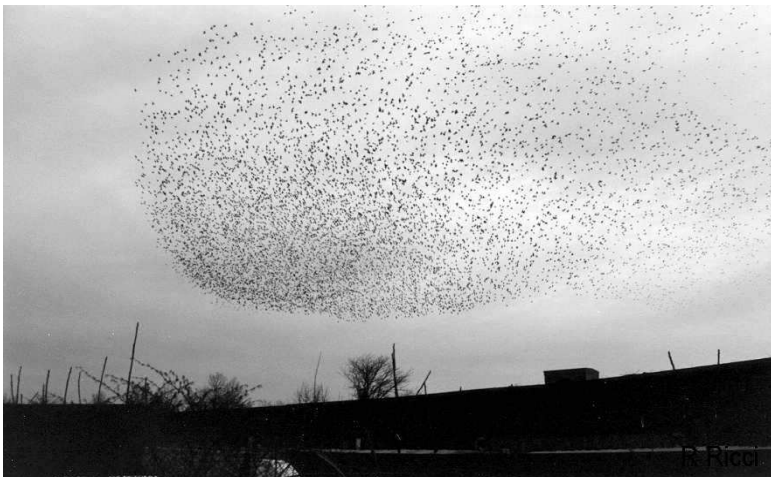
bien adaptées à certains types de problèmes d'optimisation multicritère:



Optimisation par Essaim de Particules (OEP)

Les bases

- OEP est une technique d'optimisation robuste et stochastique inspirée par le mouvement d'animaux [*Kennedy and Eberhart, 95*]
- OEP utilise le concept de l'interaction sociale pour résoudre des problèmes d'optimisation
- Un essaim de particules volant à travers un espace de recherche de dimension N avec la ou les fonction(s) objectif(s) comme boussole pour trouver la solution "optimale"



Optimisation par Essaim de Particules (OEP)

Les bases

- Une particule ajuste son “vol” en fonction de sa position actuelle, de son expérience (mémoire), mais aussi celles des autres particules (essaim)
- Chaque particule garde en mémoire la meilleure position qu’elle avait visitée, **pbest**.
- La meilleure position déjà visitée par le voisinage est sauvegardée **gbest**.
- L’idée de base de l’OEP est de faire accélérer chaque particule vers ses meilleures positions **pbest** et **gbest**
- l’évolution des positions des particules peut être formulée mathématiquement comme suit :

$$\begin{aligned}\vec{x} &= \vec{x}_0 + \vec{v}_0 t + (1/2) \vec{a} t^2 && \text{continue} \\ \vec{x}_i(k+1) &= \vec{x}_i(k) + \vec{v}_i(k) + (1/2) \vec{a}_i(k) && \text{particule } i \\ \vec{x}_i(k+1) &= \vec{x}_i(k) + \underbrace{\omega \vec{v}_i(k)}_{\text{Inertie}} + \underbrace{\vec{r}_{1i} c_1 (\vec{p}_i(k) - \vec{x}_i(k))}_{\text{Effet mémoire}} + \underbrace{\vec{r}_{2i} c_2 (\vec{g}(k) - \vec{x}_i(k))}_{\text{Effet essaim}}\end{aligned}$$

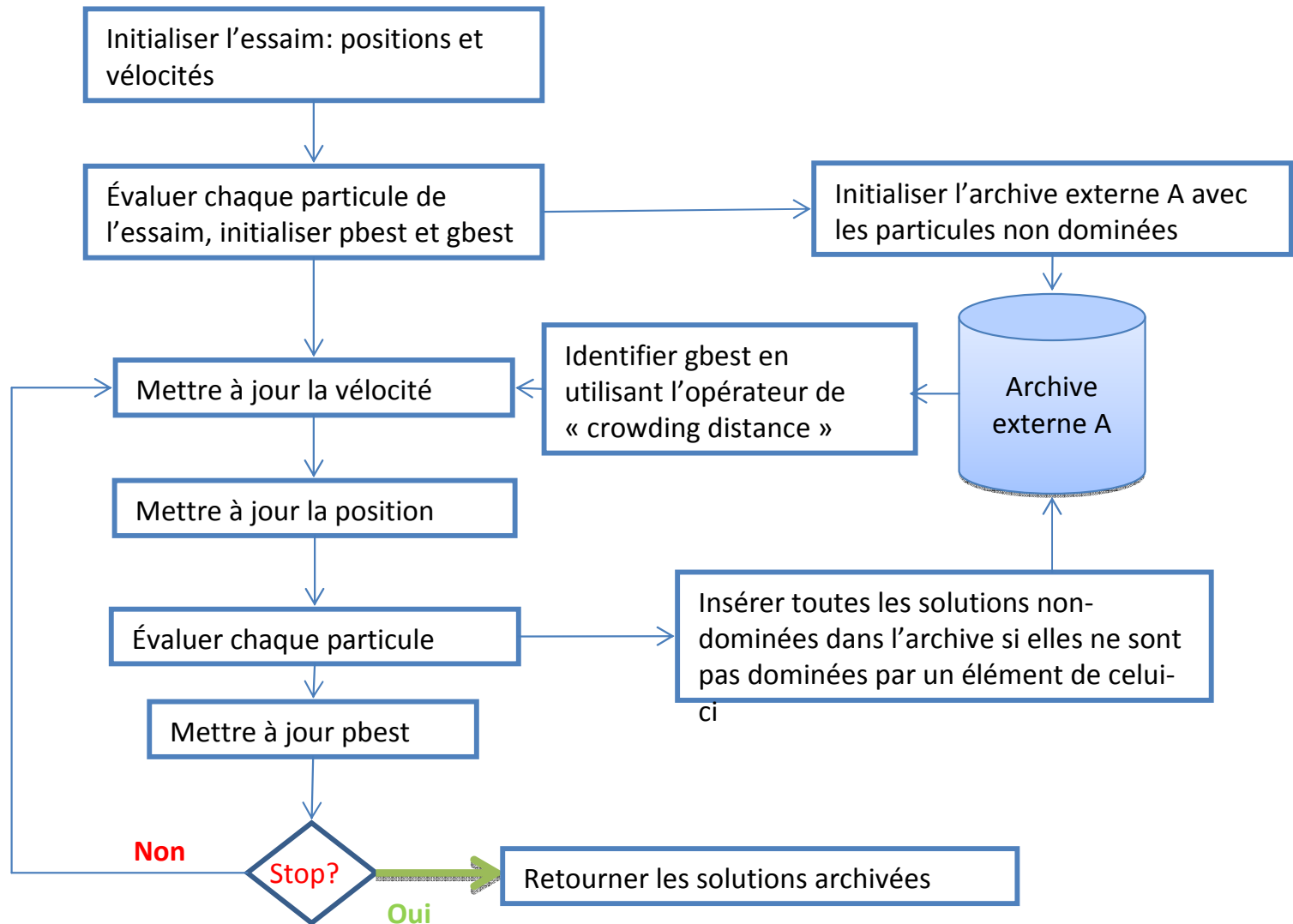
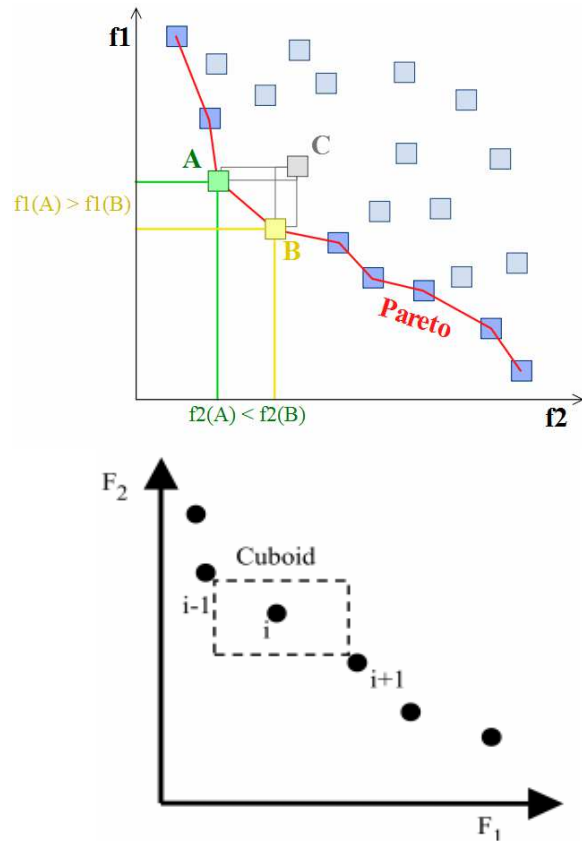
MAJ de la vitesse

MAJ de la position

Optimisation par Essaim de Particules (OEP)

In exemple: l'algorithme MOPSO-CD

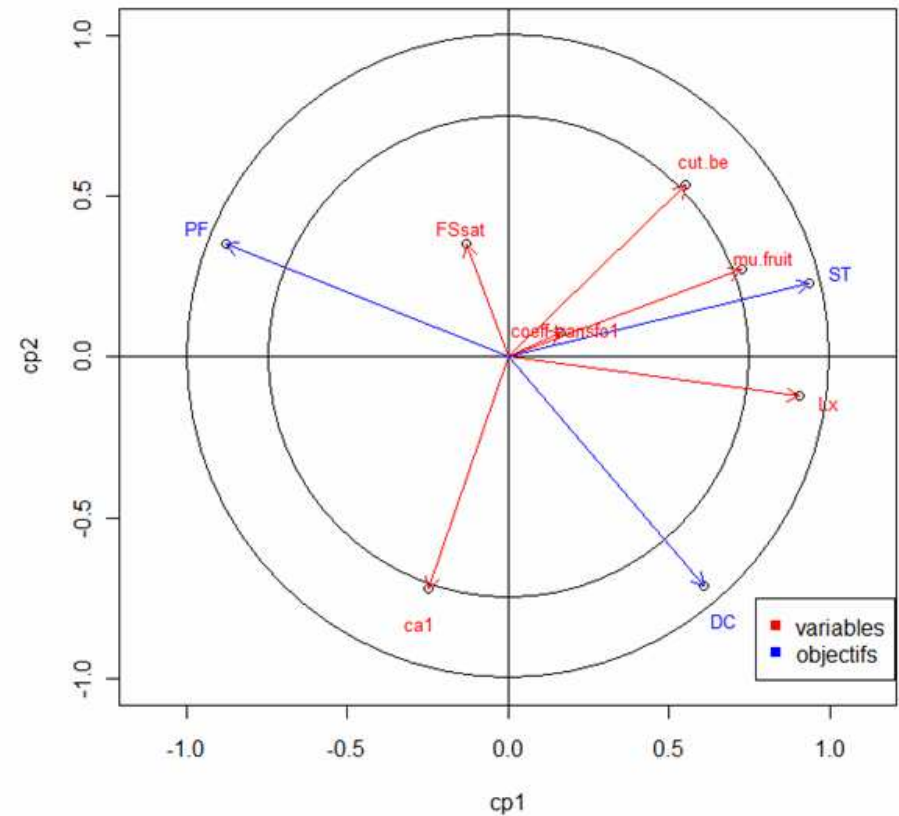
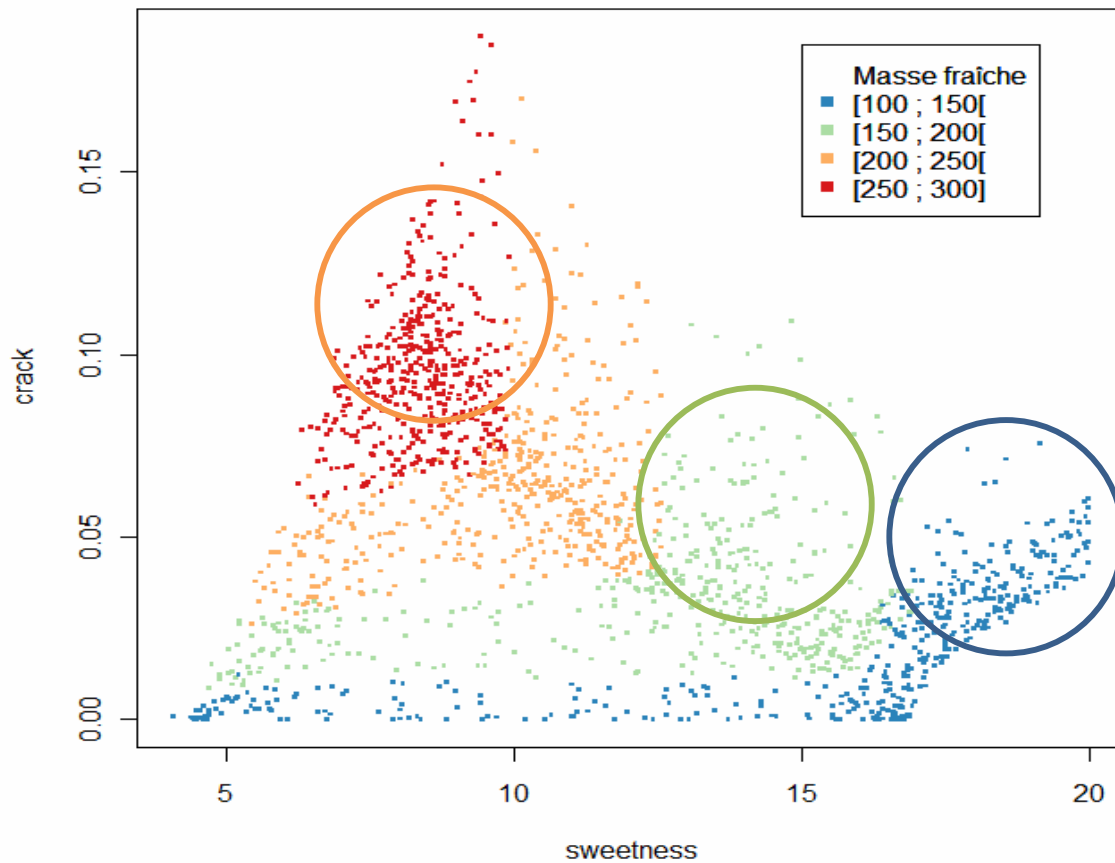
- Multi-Objectif
- Non-dominance
- Crowding Distance



Résultats

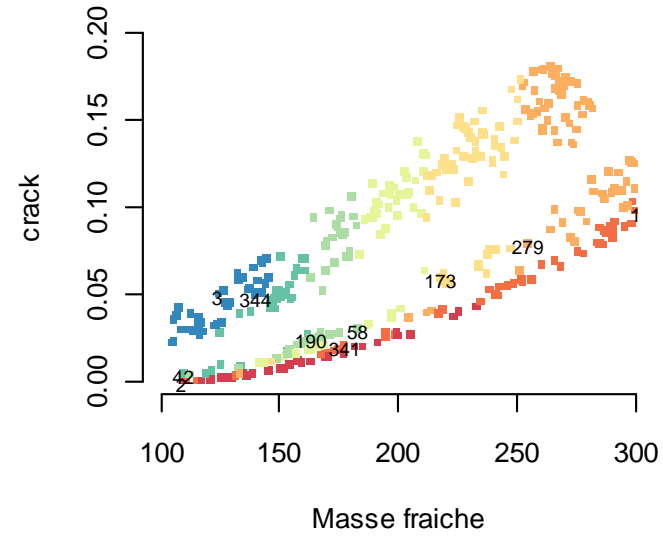
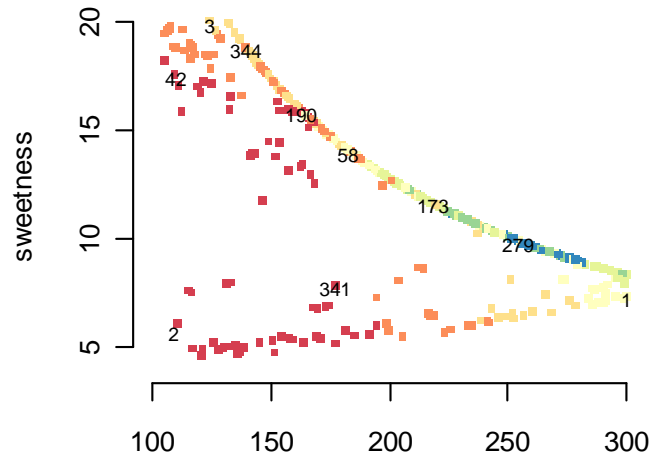
scénario culturel WI_LC, Avignon (2009), 18 répétitions

| Taille de l'essaim | Nombre de générations | Taille de l'archive externe | Probabilité de mutation | C1 | C2 | w |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|----|----|-----|
| 100 | 400 | 100 | 0.1 | 1 | 1 | 0.4 |

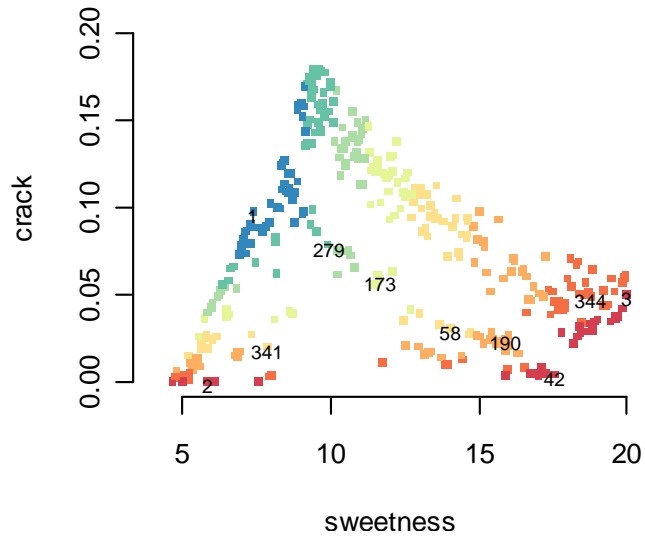


Résultats

Sélection de 10 géotypes parmi tous résultats



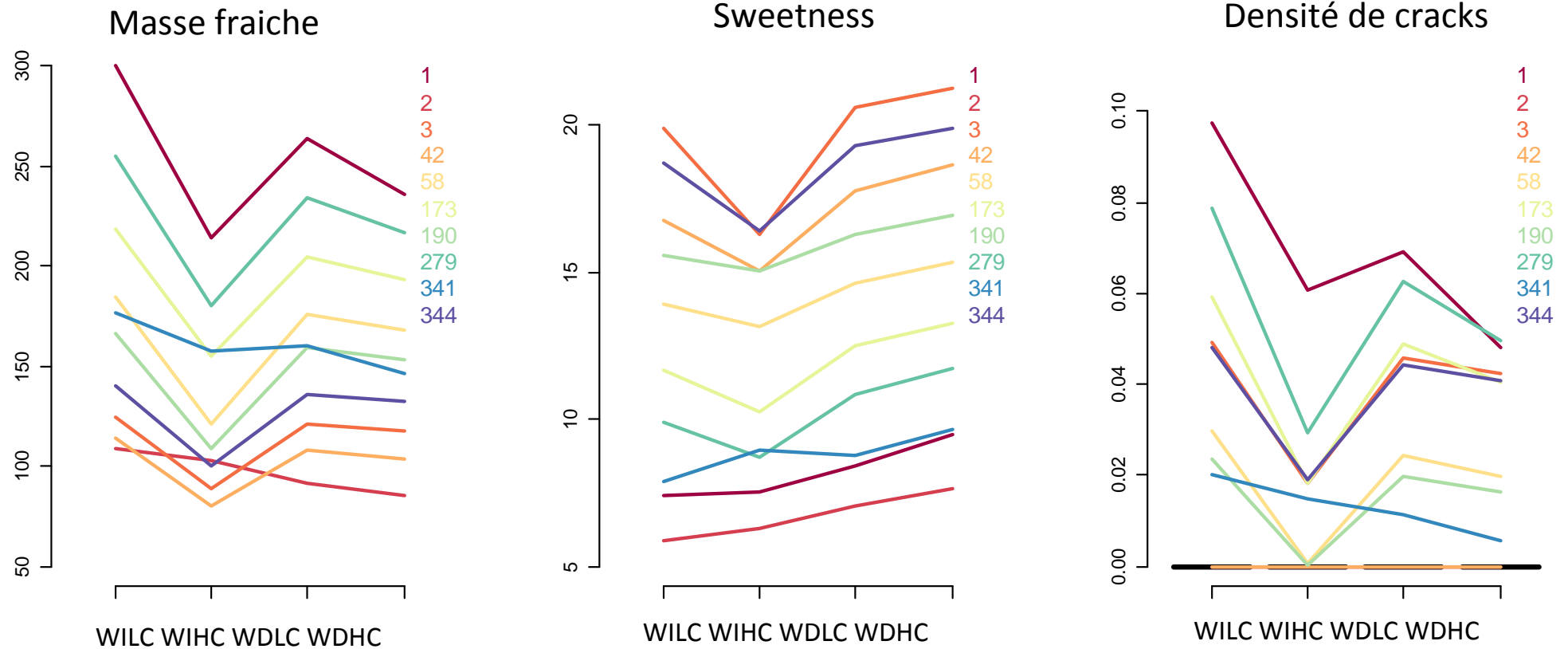
Masse fraiche



Spectral (divergent)

Résultats

Tests des 10 candidats dans d'autres scénarios



- 2 génotypes stables en masse
- un effet de la charge sur les sucres qui dépend du statut hydrique
- de multiples interactions pour la densité de cracks

Conclusions et perspectives

Optimisation par Essaim de Particules (OEP)

- Ne requiert ni dérivabilité ni continuité de(s) critère(s) et/ou contrainte(s)
- Moins de paramètres à spécifier (pas de sélection, pas de croisement)
- EOP ne favorise pas la survie du plus fort
- Mieux fondé mathématiquement que les algorithmes génétiques
- Le compromis entre la recherche locale et la recherche globale est assuré par le facteur d'inertie (W)
- Plusieurs variantes pour différents types de problèmes d'optimisation
- Hybridable avec d'autres métaheuristiques



Conception d'idéotypes

d'explorer l'espace des phénotypes

d'optimiser les compromis entre caractères

en tenant compte des contraintes physiques/physiologiques, des pratiques et du climat

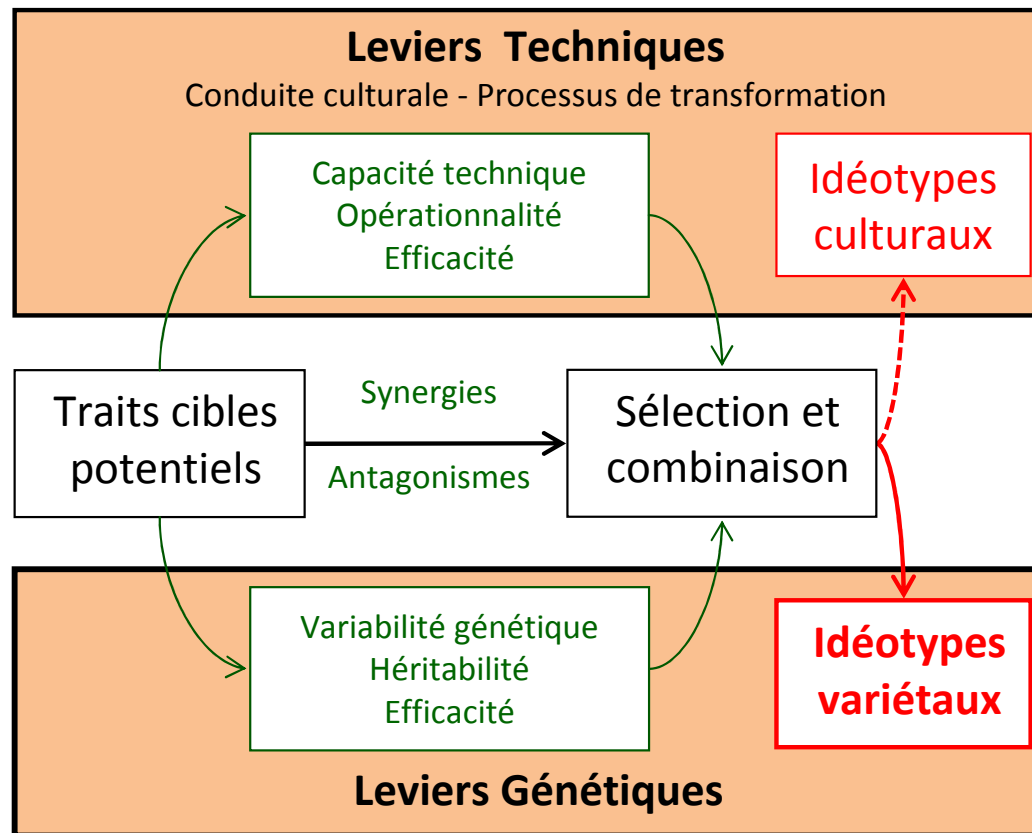
contenus dans le modèle écophysique

Merci pour votre attention



Idéotype

« une combinaison optimale de traits morphologiques et physiologiques ou de leurs déterminants génétiques conférant à un matériel végétal une adéquation satisfaisante à un environnement, à un mode de production et d'utilisation donnés »



Optimisation: l'algorithme NSGA-II

