

SYMUA 2023



Simulation de colonies d'abeilles

Bastien Pouëssel - Tom Genlis - Théo Ripoll - Quentin Fisch - Antoine Boutin

“

Quel est l'impact de
l'environnement sur les
ruches d'abeilles ?



Sommaire

- ◇ Théorie derrière la simulation
- ◇ Notre démarche
- ◇ Présentation du code et démonstration
- ◇ Résultats et réponse à la problématique
- ◇ Limites du modèle



Théorie derrière la simulation

Quelques caractéristiques

- ◇ Une abeille est capable de butiner le pollen de 250 fleurs / heure
- ◇ Le nombre d'abeilles par ruche est ~ 50k
- ◇ Les conditions de sortie de la ruche sont influencées par:
 - ◆ la longueur de la journée
 - ◆ la météo (température idéale autour de 11°C)
 - ◆ l'absence de pluie et de vent

Simplifications concernant l'environnement

Fleurs

1. Différents types de fleurs
2. Le pollen diminue lorsqu'une abeille butine
3. Régénération du pollen au fil du temps
4. Spawn aléatoire avec une densité définie

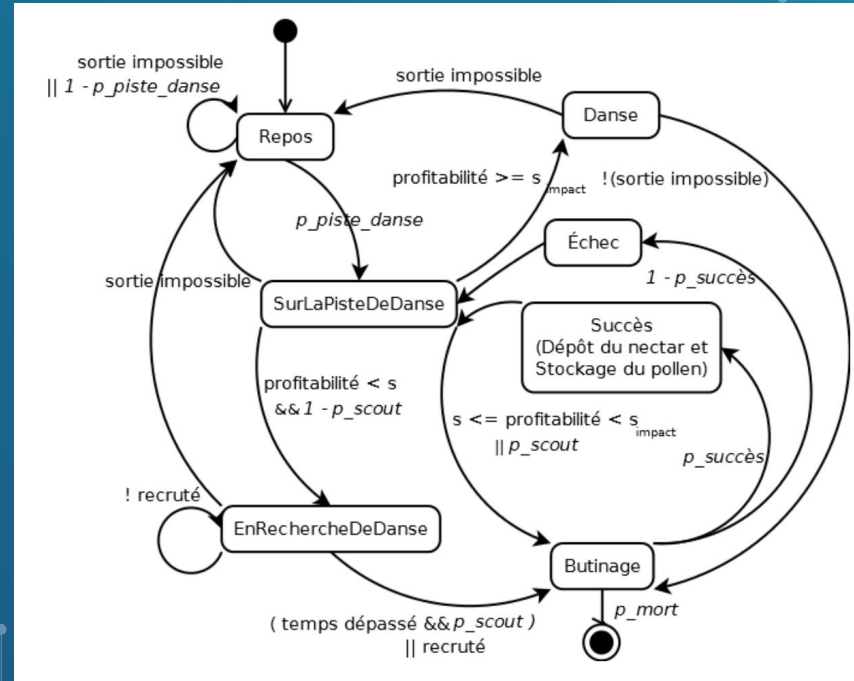
Ruches

1. Spawn aléatoire
2. Même nombre d'abeilles par ruche
3. Chaque ruche possède son propre pollen
4. Le pollen diminue au fil du temps
5. Des abeilles apparaissent au fil du temps

Les différents états de l'abeille

- ◇ Repos
- ◇ Sur la piste de danse
 - ◆ État de transition
- ◇ En recherche de danse
 - ◆ Cherche une abeille qui danse pour la suivre
- ◇ Butinage
- ◇ Danse
 - ◆ Revient du butinage et veut recruter d'autres abeilles

La machine à états





2

Notre démarche

Roadmap

Mise en place de
l'environnement: une
ruche + fleurs

1

Implémentation d'une
state machine pour gérer
les différents états des
abeilles

3

Évolution dynamique de
l'environnement: pollen
variable sur les fleurs

5

Simulation basique: une
ruche avec des abeilles
qui cherchent des fleurs

2

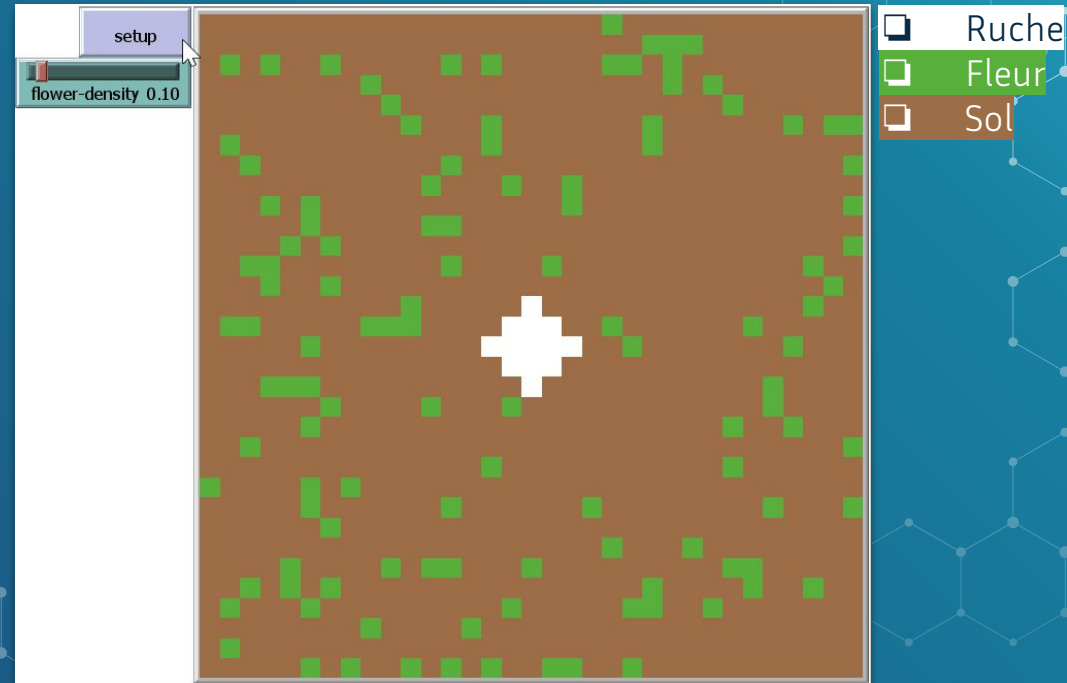
Gestion de plusieurs
ruches

4

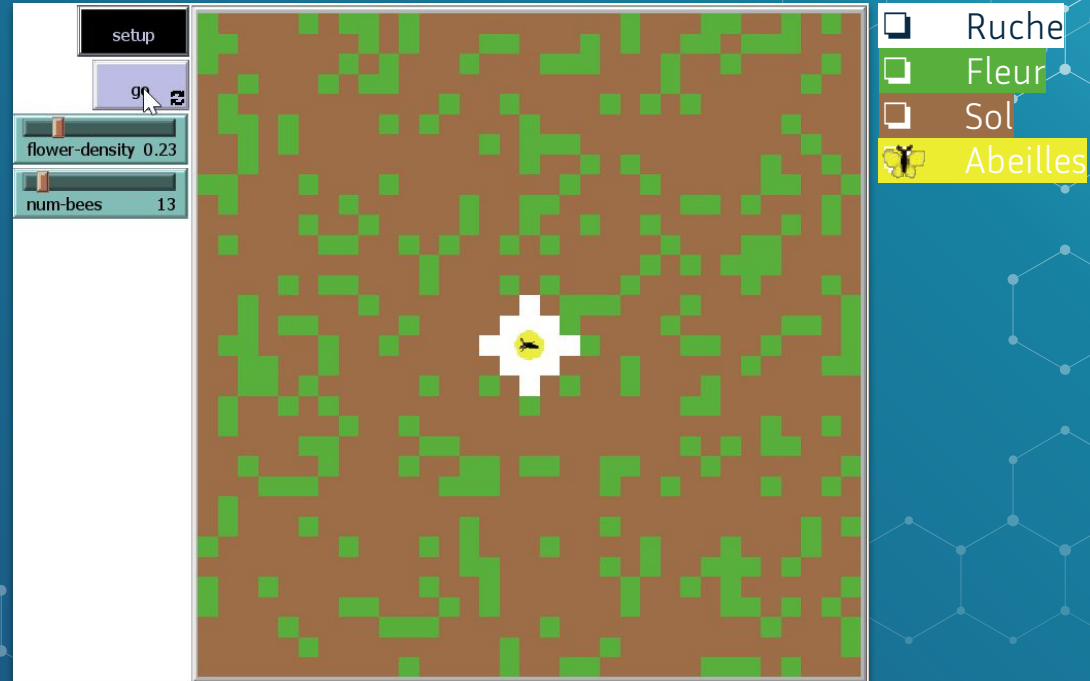
Modèle final avec suivi
des différentes ressources

6

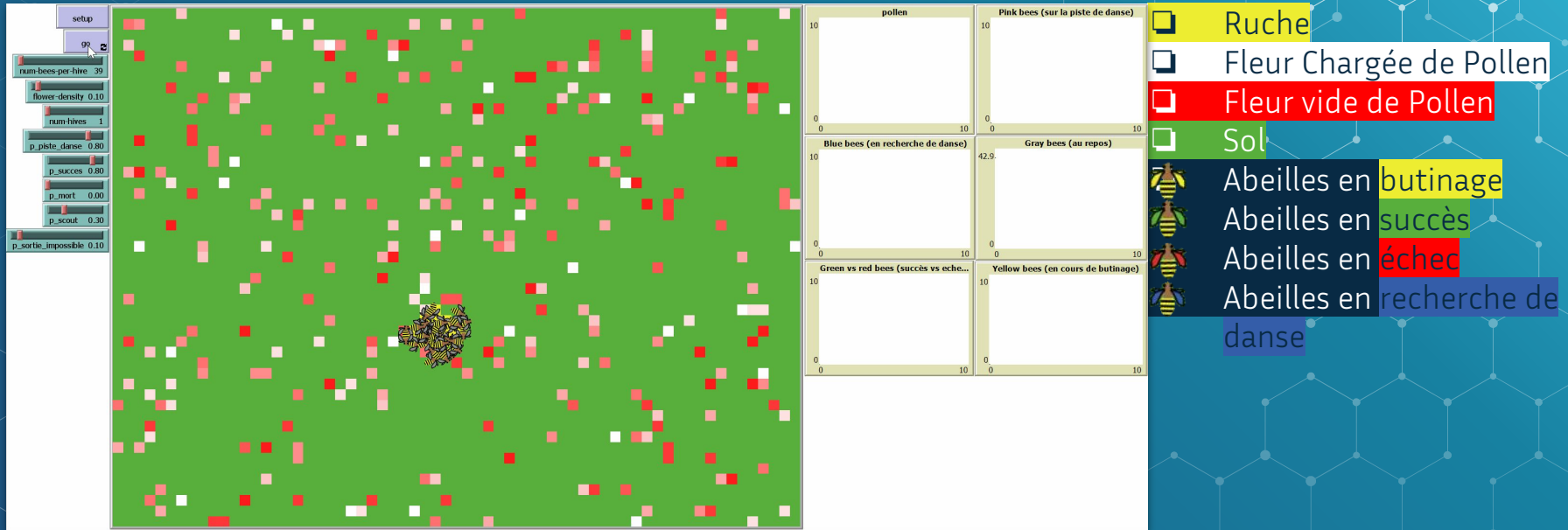
Étape 1 : Mise en place de l'environnement



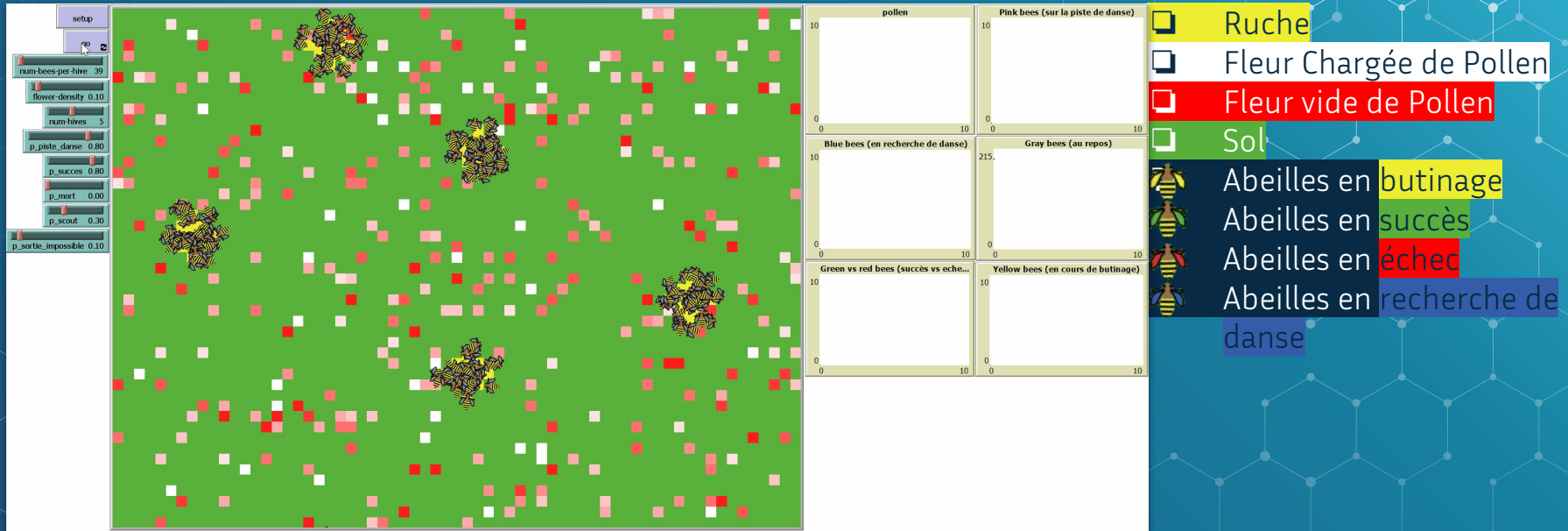
Étape 2 : Simulation basique: ruche avec abeilles qui cherchent des fleurs



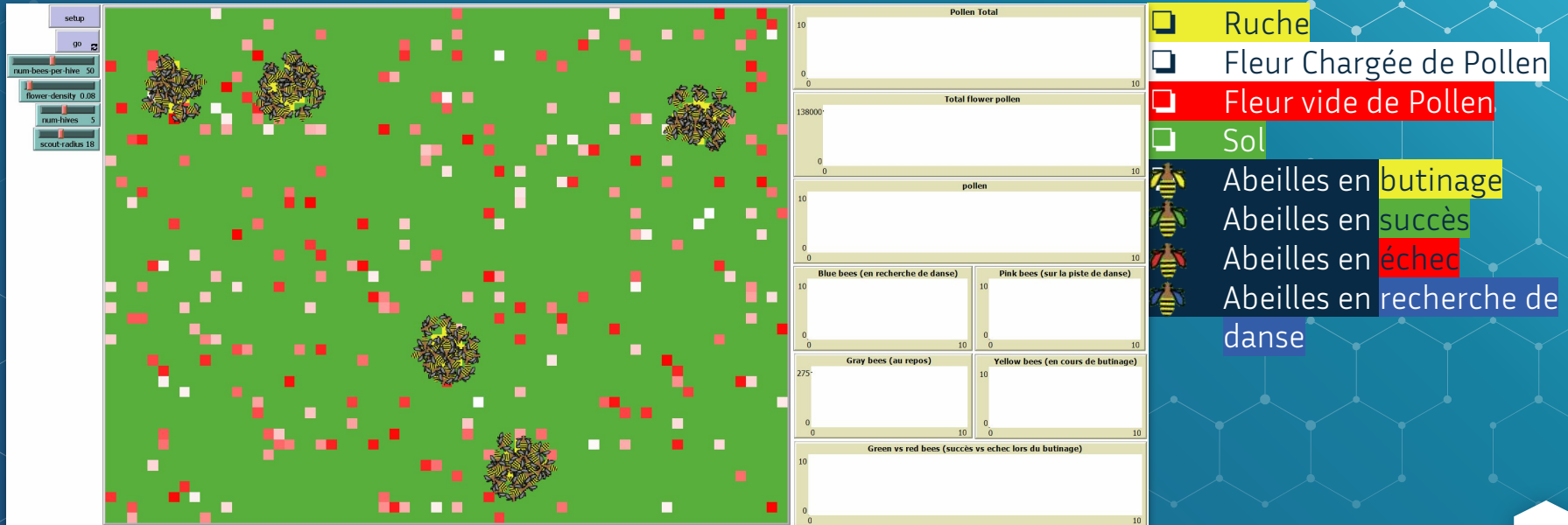
Étape 3 : Implémentation d'une state machine pour gérer les différents états des abeilles



Étape 4 : Gestion de plusieurs ruches



Étape 5 & 6 : Évolution dynamique de l'environnement: pollen variable sur les fleurs avec suivi des différentes ressources





3

Présentation du code & démonstration



Paramètres du modèle

num-bees-per-hive

Le nombre d'abeille par ruche à l'initialisation

num-hives

Nombre de ruches

flower-density

Probabilité définissant le nombre de fleurs sur la carte

scout-radius

La distance maximale à laquelle les abeilles peuvent aller butiner

L'abeille: machine à état

- Agent **hybride**
- Chaque agent possède un attribut **next-task**
- Il suffit de lancer cette fonction pour changer d'état

```
to go
  ask turtles [
    run next-task
  ]

  decrease-nest-pollen
  increase-flower-pollen
  plot-pollen
  tick
end
```

```
ifelse (random-proba < p_piste_danse) [
  set next-task [ -> sur-la-piste-de-danse ]
] [
  set next-task [ -> repos ]
]
```

Les patches

- Les ruches et les fleurs sont des patches
- Les patches possèdent les caractéristiques propres à chaque instance

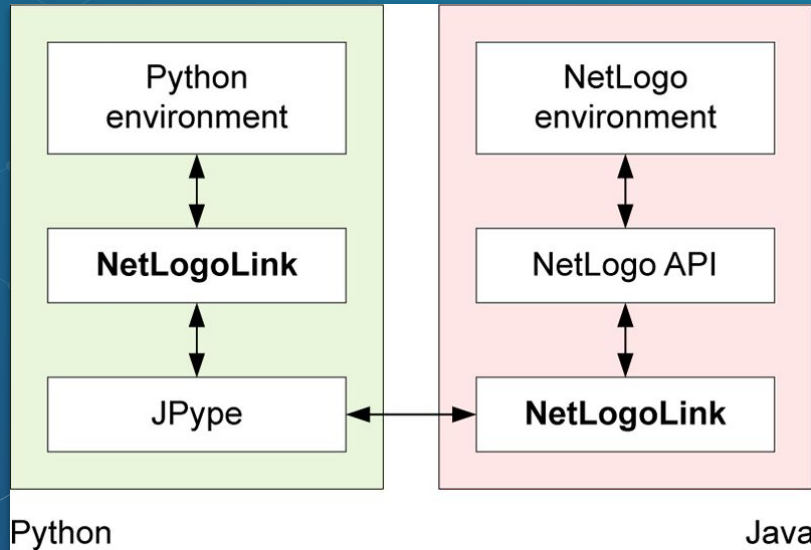
```
patches-own [  
  flower?  
  flower-pollen  
  flower-initial-pollen  
  flower-pollen-increase-rate  
  hive?  
  hive-pollen  
  hive-s-impact  
  hive-max-pollen  
]
```



4

Résultats et réponse à la problématique

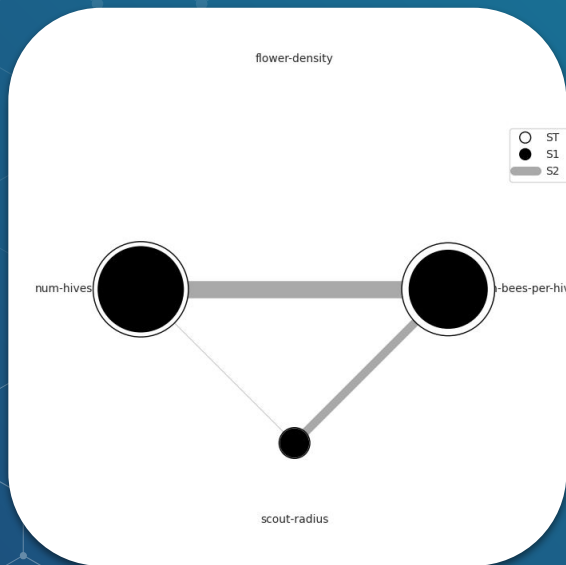
L'analyse de sensibilités - PyNetLogo



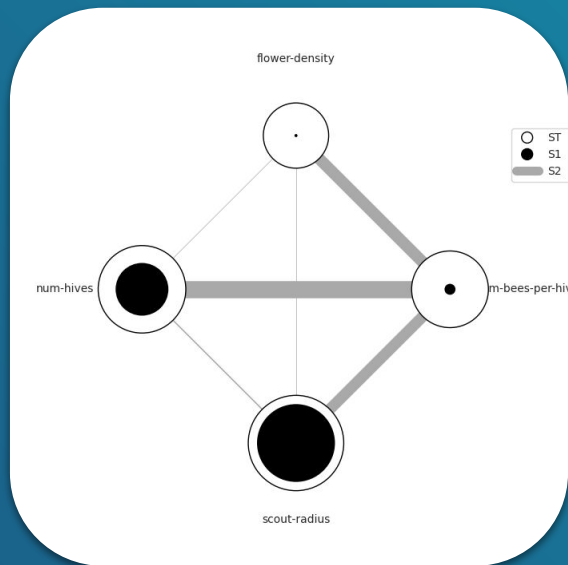
- Analyse de Sobol (SALib - Sensitivity Analysis Library)
- Plus de 2000 simulations
- 10 000 ticks par simulation

Jaxa-Rozen, Marc and Jan H. Kwakkel. "PyNetLogo: Linking NetLogo with Python." *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 21 (2018): n. pag.

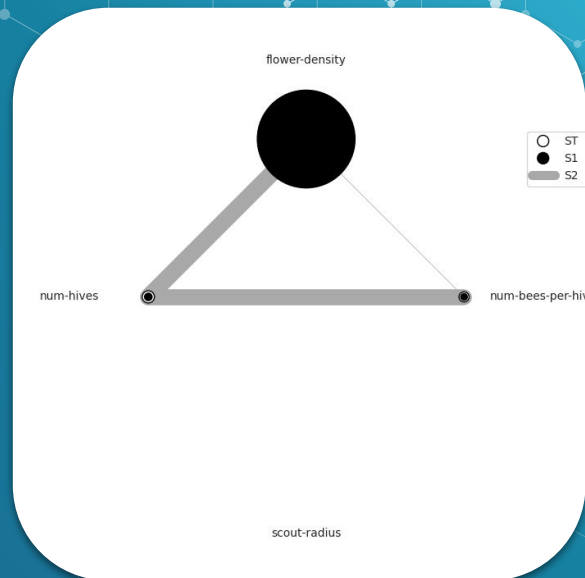
L'analyse de sensibilités



Impact sur le nombre d'abeilles moyen



Impact sur le nombre total de pollen des ruche moyen

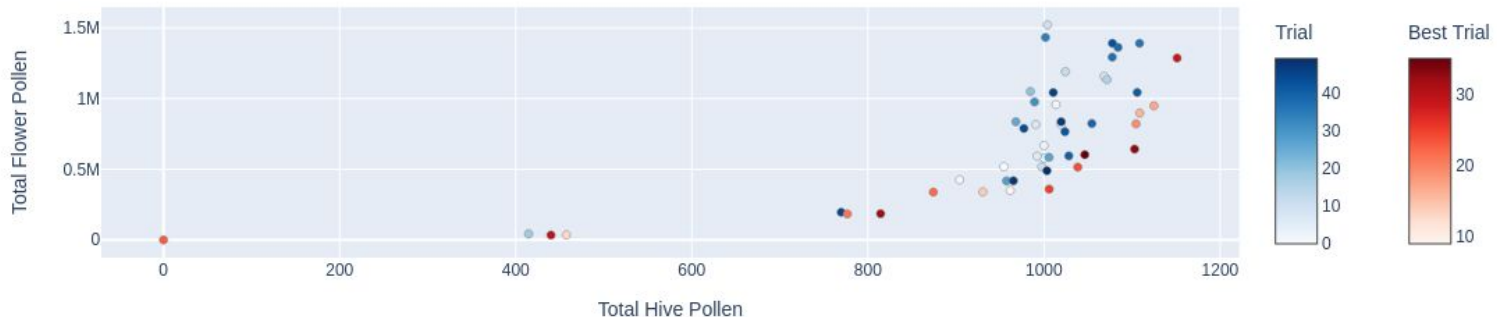


Impact sur le nombre total de pollen des fleurs moyen

Optimisation de la densité de fleurs

- Minimise le nombre total de pollen des fleurs
- Maximise le nombre total de pollen des ruches
- Les meilleurs résultats sont entre 0.25 et 0.35

Pareto-front Plot



The background of the slide features a repeating pattern of hexagons and dots in a light blue-grey color against a dark blue gradient. The hexagons are arranged in a honeycomb-like structure, with some dots placed at the vertices and others at the centers of the hexagons.

5

Limites du modèle

Limites

- ◇ Toutes les abeilles jouent le même rôle
- ◇ Les fleurs sont toutes les mêmes, hormis le pollen initial change
- ◇ La diminution de pollen dans la ruche est constante et ne dépend pas du modèle
- ◇ La naissance d'abeille est très rigide
- ◇ La météo n'est pas prise en compte

Merci !

Avez-vous des questions ?

