Evolution de la population d’abeille dans une région donnée.

Intro : (Elsa-Inès)

Les abeilles disparaissent progressivement ce qui engendre d’importants problèmes économiques mais aussi biologiques étant donné qu’elles sont les principales responsables de la pollinisation d’une majorité de fleurs.

On a donc essayé de comprendre quels étaient les facteurs responsables de cette disparition.

Notre groupe se compose de Maxime LEMESLE et Inès BOUFRAD qui se sont occupés de programmer la simulation et d’Elsa ASSAAD et de Juliette CHOUVIN qui se sont chargées d’élaborer des stratégies et chercher des idées dans le but de rendre la dynamique étudiée la plus réaliste possible, tout en restant dans le faisable.

Pour la solution envisageable, nous avions le choix de plusieurs types de situation différente. En effet, nous pouvions d’une part représenter l’hectare comme une matrice dont chaque case représentait un mètre carré et dont chacune d’elle prenait pour valeur le nombre d’abeille dans cette zone. D’autre part, nous pouvions représentante une zone sur laquelle se déplaçait les agents. Cependant, cette deuxième simulation était trop complexe à concevoir et devait tenir compte de chaque individus ce qui n’est pas possible car les abeilles sont trop nombreuses. Nous avons donc choisi le premier cas.

Nous étudierons dans un premier temps la thématique et les solutions fondamentales de notre travail, puis nous nous intéresserons à la contribution de chacun dans l’élaboration de la modélisation. Dans une troisième partie, nous verrons comment réaliser la modélisation et enfin nous analyserons les résultats obtenus.

Résumé : (Maxime-Inès)

L'objectif principal du projet est d'analyser l'évolution d'une population d'abeilles au sein d'un hectare, en fonction de facteurs environnementaux et humains. Pour atteindre cet objectif, nous avons réalisé une simulation dans laquelle quatre ruches initiales se développent dans un environnement plus ou moins sujet à la pollution, aux pesticides, à la prédation. Dans une optique économique, nous avons également étudié la quantité moyenne de miel dans une ruche selon ces critères. Les résultats démontrent que le facteur humain comme le facteur environnemental a un effet considérable sur la baisse de la population des abeilles, et donc sur la production de miel.

Thématique : (Inès-Maxime)

Notre simulation nous permettrait de prévenir une possible extinction des abeilles dans les régions étudiées et d’adapter nos pratiques dans la vie réelle.

Pour cela, nous avons introduit plusieurs agents : essaim d’abeilles, ruches, prédateurs, pollution (pesticides compris) dans une région donnée faisant un hectare.

On a fait le choix de prendre quatre ruches pour notre hectare car cela correspond au nombre idéal de ruches à installer au départ sur un terrain où on élève des abeilles. Au début de notre modélisation, il y a 12 000 abeilles par ruche artificielle. Le choix d’une ruche artificielle est dû au fait qu’une ruche « sauvage » est beaucoup plus complexe et que ces paramètres varient très vite.

On a également choisi de modéliser les abeilles par essaim plutôt qu’individuellement dans un souci de simplification.

On a introduit un taux de natalité (de mortalité), qui varie en fonction des saisons et qui correspond au nombre d’abeilles qui vont naître (et mourir) dans un intervalle de temps donné.

Les abeilles évoluent sur un hectare parsemé de zones florales. Avant de commencer à butiner, les abeilles vont partir en repérage à une distance suffisante pour connaître la position de suffisamment de zones florales.

Les butineuses (la moitié de la colonie) s’en vont alors récolter le pollen et rapportent à la ruche l’équivalent de 13mg de miel.

Dans chaque ruche existe une abeille spéciale, la reine qui vit plus longtemps que les autres et qui est la seule à pondre des œufs.

Par la suite, on a introduit les trois prédateurs principaux des abeilles : guêpe, frelon, araignée-crabe. Cette dernière attend les abeilles sur la fleur et en mange une, alors que les guêpes et frelons ont des nids installés sur cet hectare. Si un essaim passe sur ce nid, les abeilles se font attaquer. De plus les guêpes et frelons sont capables d’attaquer directement la ruche. En moyenne les frelons font plus de victimes que les guêpes. Un quart de la ruche, les gardiennes, combattent les envahisseurs ce qui permet de réduire le nombre de victimes.

Plus les gardiennes sont nombreuses moins les victimes le sont.

On a modélisé la pollution, qui a un impact sur le taux de mortalité des abeilles, la production

de miel (pollen contaminé) et les parasites. Ces derniers sont des entités apparaissant en été dans les ruches qui consomment le miel stocké par les abeilles.

On a implémenté deux types d’essaimage :

* L’essaimage de type 1, qui correspond à la fondation d’une nouvelle ruche qui survient lorsque la quantité de miel dépasse 30 kg au début du printemps
* L’essaimage de type 2, est un déménagement de la ruche, il se produit lorsqu’une reine meurt en hiver, une nouvelle reine la remplace mais celle-ci n’a pas était fécondé car la période de fécondation n’a jamais lieu en hiver. La nouvelle reine ne donne naissance qu’à des mâles (abeilles n’ayant aucune fonction dans la ruche). Les abeilles changent alors de ruche, laissant les mâles dans l’ancienne ruche, pour éviter que la colonie ne se dégénère.

Choix de conception: (Inès-Juliette)

Nous avons choisi de réaliser l'environnement sous forme de matrice car cela est plus simple pour gérer de grands nombres comme celui d'abeilles dans un hectare.

Afin de simplifier le système de récolte et butinage, les zones florales sont peu nombreuses, mais concentrent toutes les fleurs de l'hectare. Elle sont des sources infinies de pollen. Pollen qui, une fois acheminé à la ruche est directement transformé en miel.

Les colonies d'abeilles ne s'attaquent pas entre elles, la probabilité de guerre entre ruches étant trop difficile à estimer.

De même, certains prédateurs comme l'ours, le blaireau ou les hirondelles ont été négligés, soit car leurs attaques sont exceptionnelles, soit car le nombre de victimes est trop bas.

Les taux de mortalité et natalité des abeillies varient énormément selon la période. Nous avons fixé ceux-ci en fonction de la saison. En réalité, il faudrait décaler les saisons d'un mois pour que ces taux soient très cohérents, c'est pourquoi l'essaimage de type 2 s'effectue début printemps dans la simulation alors qu'il se produit plus vers avril-mai en réalité.

Le taux de prédation est un facteur qui permet de mesurer le nombre de prédateurs dans l'environnement. Un taux de prédation égal à n signifie qu'il y a 2n nids de guepes et n nids de frelons. Ce taux est au maximum égal à 5 pour conserver un semblant de réalisme, on ne trouvera jamais 20 nids de guepes et 10 nids de frelons sur 100 m^2.

Le taux de pollution regroupe l'impact de la pollution et des pesticides sur l'environnement. Il est compris entre 0 et 10 (0: parfaitement sain, 10: très très élevé).

Les nids de prédateurs ne contiennent pas un nombre fini d'individus. Le seul paramètre à prendre en compte chez eux est la présence ou l'absence d'individus (tous les individus meurent en hiver). Les nids sont donc en fonctionnement binaire selon la saison.

Problèmes rencontrés: (Elsa-Juliette)

En ce qui concerne les recherches d’informations, nous étions obligé d’estimer certaines variables, comme par exemple le nombre de mètres carres moyen de fleurs par hectare qui est un paramètre n’étant pas précisé sur internet. De plus, les informations étaient différentes selon chaque site.

En termes de modélisation, nous avons codé le déplacement des abeilles à l’aide d’une intelligence artificielle minimaliste. Chaque essaim de butineuses va partir vers la zone florale la plus proche qui n’a pas été ciblé par d’autres essaims de la même colonie. Le problème rencontré était qu'un tour de boucle correspondait à une seconde, ce qui entrainait une exécution trop longue du programme (62 899 200 tours); pour cela nous avons défini qu’un tour de boucle correspondrait à une heure (17 472 tours). La modélisation du déplacement des abeilles ne pouvant plus être réalisée, car une récolte se fait au maximum en un quart d'heure, nous avons donc calculé la variation du nombre d’abeilles au cours de ce déplacement et ajouté cette variation à la ruche concernée.

Nous avons aussi commencé à coder les premiers prédateurs (guêpes, frôlons) cependant le nombre d’abeilles dans certaines cases de la matrice, représentant le terrain, était négatif.

Pour résoudre ce problème, nous avons calculé le nombre d’abeilles dans chaque case de la matrice en question en fin de tour de boucle.

Ensuite, les graphiques que nous obtenions représentaient des fonctions constantes. Celles-ci étaient dues à l’absence de la partie de code suivante dans la boucle calculant les ordonnés des graphiques :

1. Abeilles [:]=[]

Ensuite lorsque nous obtenions des fonctions non constantes, celles-ci n'étaient pas cohérentes, à cause des valeurs concernant les ruches qui ne se réinitialisaient pas à chaque tour de boucle. Pour cela, nous avons dû refaire la définition du terrain en début de notre fonction principale.

Analyse des graphiques (en annexe). (Maxime-Elsa)

Le graphique montrant l'évolution de la population des abeilles sur deux ans permet de valider notre modèle par rapport aux données réelles. La population croît de 10 000 à 40 000 individus par ruche environ entre le printemps et l'été, et retombe aux alentours de 10 000 en été. Ce graphique à été réalisé en plaçant les abeilles dans des conditions optimales naturelles (pas de pollution, taux de prédation à 1...), et on peut observer qu'à chaque fin d'hiver, le nombre total d'abeilles augmente.

Les graphiques suivant relèvent les valeurs lors de la fin du second printemps, où les abeilles sont les plus nombreuses.

Le graphique du nombre d'abeilles en fonction du taux de prédation, avec un taux de pollution nul, montre qu'un grand nombre de prédateurs est capable de détruire les deux tiers du nombre d'abeilles, passant de 450 000 individus à 150 000 sur notre hectare. Au bout de 4 nids de frelons, la population d'abeilles se stabilise. Probablement parce que tous les nids de

frelons ne peuvent être à proximité des ruches, et donc celles-ci seront moins affectées par les prédateurs éloignés qui se focaliseront sur d'autres proies.

Le graphique du nombre d'abeilles en fonction du taux de pollution, avec un taux de prédation égal à 1, montre que le nombre d'abeilles diminuent également de deux tiers à cause d'une forte pollution. Ici, il n'y a pas de stabilisation pour les grands taux de pollution, le nombre d'abeilles semblent décroître exponentiellement. Nénamoins, il décroît moins vite pour une faible pollution que pour une faible prédation. Peu de prédateurs font plus de ravages que peu de pollution, mais si la pollution atteint des taux critiques, elle sera plus létale encore que la prédation.

Enfin, le graphique de la production de miel en fonction de la pollution démontre que, quelque soit le taux de pollution, la quantité de miel est plus faible que s'il n'y avait pas de pollution du tout. On peut en conclure que les pesticides détruisent plus de miel qu'ils n'en sauvent en

éliminant les parasites tapis dans les ruches. De plus, une forte dose de pesticides et/ou pollution entraîne une diminution de la quantité de miel produit qui va jusqu'à 75%, soit de 200 kg de miel à moins de 50 kg de miel dans notre élevage. Sachant que l'homme, pour assurer la survie des abeilles, ne récoltera que la moitié du miel produit, il ne collectera presque rien, et ne pourra pas faire de grand bénéfice.

Un tel taux de disparition des abeilles serait une pure catastrophe écologique, lorsque l'on sait que les abeilles sont responsables de la pollinisation de la majorité des plantes, et donc tiennent une place immense dans le maintien de la biodiversité. De plus, si on considère la quantité de miel récoltée, nous courons à un désastre économique, l'industrie du miel fera vite faillite.

Conclusion : (Juliette-Elsa)

Pour conclure, à l’aide de l’étude du mode de vie d’une abeille ainsi que de l’impact de l’environnement, notre modélisation montre bien que le nombre d’abeille diminue au cours du temps. En effet, nous avons fait une simulation basée sur une matrice dans laquelle chaque case représente le nombre d’abeille. Cela nous a permi d’étudier l’évolution de ces différents nombres en fonction des facteurs humains et environnementaux présents. L'homme doit vraiment tenir compte de ces baisses catastrophiques du nombre d'abeilles et adapter son comportement dans la vie réelle (ne plus introduire de prédateur dans les milieux concernés, éradiquer ceux qui se sont déjà installés, ne plus utiliser de pesticides et limiter les risques de pollution). La biodiversité et l'économie de tout un secteur pourtant rayonnant sont en jeu.

Ainsi, cette modélisation nous en a appris plus sur la vie et le fonctionnement d’un essaim d’abeille. Nous avons pu constater qu’une simulation n’est pas simple à programmer et que l’on peut aussi faire beaucoup de chose en peu de temps.

Summary : (Maxime-Elsa)

The main objective of this project is to study thé evolution of a bee population in a hectare. Depending on environmental and human factors. To realize it, we built a simulation, which modelizes four hives evolving in a environment more or less polluted, covered with predators... In an economic view, we studied the average honey quantity in a hive according to these criteria too. The results prove the environment factor has a considerable impact on the falling bee population, as the human factor. So honey production decreases with the number of bees.

Annexes :

*ANALYSE DE SENSIBILITÉ*

Comment un essaim peut survivre en présence de prédateurs ou autres facteurs?

Tableau des attributs des agents

Liste des agents :

- essaim d’abeilles

- reine

- prédateurs

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **agents** | **rôle** | **Actions** | **Attributs caractéristiques** | | | |  |
| **essaim d’abeilles** | Ce qu’on étudie comme modèle | -butiner: prendre le pollen  -se déplacer : aller sur une fleur et revenir  -faire du miel | **Nom** | **Type** | **Intervalle** | **Valeur initiale** | |
| Espérance de vie  -été/ printemps/hiver  -automne | Int |  | -42 jours  -200 jours | |
| temps entre chaque récolte dans la ruche (en heure) | Int |  | 1h | |
| Nombre d’essaim de butineuses | Int | [1;25000] | 1 | |
| Nombres de butineuses dans un essaim | Int | [5;10000) | 0 | |
| **Reine** | Fait varier le nombre d’abeilles | Pondre des œufs (féconder), essaimage | Espérance de vie(en jours) | Int | [1096;1400] | Entre 0 et 1095 | |
| Nombres d’oeufs pondus  -printemps  -été/ automne  -hiver | Int | [200;1500] | 63/h  25/h 27/h | |
| Essaimage | Int | 0,1,2,3 | 0 | |
| **prédateurs**  **guêpe/ frelon** | Fait baisser le nombre d’abeilles | -Tuer les abeilles en attaquant la ruche,  -Tuer les abeilles à l’extérieur | Nombres de nids | Int | [1 ; 20] | 1 | |
| Dangerosité selon l’espèce | Int | [1;2] | 1 : guêpe  2 : frelon | |

Environnement :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Artefacts** | **Caractéristiques** |  | | | |
| **Zones florales** | Nom | | Type | Intervalle | Valeur initiale |
| -position : | | int^2 | [0 ;N-1],  [0 ;N-1] |  |
| -Araignée-crabe | | Int | [1 ;150] |  |
| **Hectare** | Taille N de la région à étudier (en m ) | | Int |  | 100 |
| Taux de pollution et pesticides | | Int | [0 ;10] | 0 |
| **Ruches abeille** | -Nombres de ruches dans un hectare | | Int | [4;…] | 4 |
| -Nombre de zones florales à découvrir | | Int | [8,…] | 8 |
| -Nombre d’abeilles dans la ruche | | Int | [0;...] | 12 000 |
| -Quantité de miel dans la ruche | | Int | [0 ;30000000] | 10000000 |
| -Capacité de miel maximal dans une ruche | | Int |  | 30000000 |
| -parasite | | Int | [0;2] | 0: non infectée  1 : peu infectée  2: très infectée |
| -position | | int^2 | [0 ;N-1],  [0 ;N-1] |  |
| **Ruches prédateurs** | -Position | | Int^2 | [0 ;N-1],  [0,N-1] |  |
| -espèces | | Int | [1 ;2] | 1 : guêpe  2 : frelon |
|  |  | |  |  |  |

Tableau des paramètres du modèle

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nom** | **Type** | **Intervalle** | **Valeur initiale** | **Fixe** |
| Nombre de prédateurs | Int | [0 ;2] | 1 | Oui |
| Temps (en heure) | Int | [0,17472] | 0 | Non |
| Taux de pollution | Int | [0 ;10] | 0 | Non |

Indicateurs

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nom** | **Type** | **Intervalle** | **Valeur initiale** | **Fixe** |
| Nombre d’abeilles total | Int | [0 ;…] | 48000 | Non |
| Quantité de miel | Int | [0,] | 0 | Non |
| Taux de pollution | Int | [0 ;10] | 0 | Non |

Expériences :

* Reine abeille (naissance)
* Abeille -abeille (mort de vieillesse)
* Prédateurs - abeille (prédation)
* Pollution et pesticides  -abeilles (mort par contamination)
* Parasite  -miel (parasitage)
* Pesticides -parasite
* Abeille miel (butinage)
* Abeille -miel (consommation)
* Miel -abeille (famine)
* Gardiennes  -(-abeille) (réduction des victimes d’assaut de la ruche)
* Reine  ruche (essaimage 1)
* Miel  ruche (essaimage 2)



