

INFOF-308 : Projet d'année 3 - Simulation d'environnement 2D

Amélie Liesenborghs, Bao Tran, Hodo Souleiman Ahmed,
Matias Nieto Navarrete, Zachary Iazzag

Superviseur : Abel Laval

Résumé—Dans ce projet, nous avons développé une simulation informatique d'un écosystème pour explorer les interactions entre lapins, renards, carottes et terriers, en utilisant des règles simplifiées. Nous nous sommes particulièrement concentrés sur les dynamiques des interactions prédateur-proie. En simplifiant certaines complexités, comme les taux de reproduction, nous avons pu mieux cibler les aspects essentiels de notre recherche. La simulation examine comment la disponibilité des ressources et les taux de prédation influencent l'évolution des populations au fil du temps, mettant en lumière l'importance des interactions écologiques, même dans leur forme la plus simplifiée.

I. INTRODUCTION

Ce projet développe un modèle de simulation informatique simplifié, qui se concentre sur les interactions dynamiques entre les lapins, les renards, les carottes et les terriers au sein des écosystèmes. L'objectif de ce modèle est de mettre en lumière les dynamiques de prédation et les relations prédateur-proie, qui jouent un rôle crucial dans la stabilité des populations dans un environnement écologique. Le but est de fournir un outil pour examiner comment divers facteurs écologiques influencent la dynamique des populations. Une question centrale se pose : comment la variation des ressources disponibles et l'importance des interactions prédateur-proie impacte-t-elle la viabilité à long terme des populations dans notre simulation ?

II. ÉTAT DE L'ART

Cette partie examine les modèles théoriques qui ont influencé le développement de notre simulation, mettant en évidence les ajustements nécessaires pour répondre à nos objectifs spécifiques.

Le modèle de prédation de Lotka-Volterra, basé sur des équations différentielles, sert de fondement pour comprendre les dynamiques des interactions entre prédateurs et proies. Même si notre modèle n'utilise pas directement ces équations, il tire parti de leurs principes pour guider les comportements de la faune dans notre écosystème simulé. Nous avons intégré des mécanismes de décision intelligents qui adaptent la survie et la reproduction des animaux en fonction de leur environnement [1].

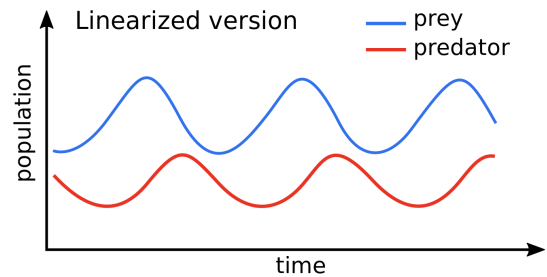


FIGURE 1 – Évolution de la population selon le modèle de Lotka-Volterra.

De plus, le Jeu de la Vie de Conway, un concept simple d'automate cellulaire, a eu un impact sur le design visuel de notre interface utilisateur. Chaque cellule de notre grille représente une entité dynamique dans l'écosystème, ce qui nous permet de simuler des interactions complexes dans un cadre bien défini. Nous avons personnalisé les règles pour intégrer des éléments écologiques précis tels que les carottes et les terriers, enrichissant ainsi les comportements basés sur la perception et le mouvement [3].

Ces références ancrent notre projet dans un cadre scientifique établi, tout en mettant en avant les innovations que nous avons intégrées pour examiner les impacts écologiques sur nos populations simulées.

III. MÉTHODOLOGIE

Cette section détaille l'approche méthodologique utilisée dans notre simulation, en mettant l'accent sur les hypothèses, les mécanismes de simulation, et les instructions pour reproduire les expériences.

A. Hypothèses de base

Nous avons basé notre simulation sur plusieurs hypothèses clés pour simplifier le modèle tout en gardant les interactions écologiques essentielles :

- Les populations de lapins et de renards sont influencées par la disponibilité de nourriture et la présence de prédateurs.
- Les terriers offrent une protection complète contre les prédateurs.
- La reproduction des lapins et des renards est simplifiée et ne représente pas de manière réaliste le processus biologique.

B. Architecture du système

Nous avons construit notre simulation autour du modèle architectural MVC (Modèle-Vue-Contrôleur), qui nous aide à garder une séparation claire entre la logique de programmation et l'interface utilisateur :

- **Modèle** : Cette partie est le cœur de notre simulation, où toute la logique de l'écosystème est traitée. Il gère les entités, calcule leurs interactions, et simule leurs cycles de vie.
- **Vue** : Responsable de l'affichage graphique, ce composant montre les éléments de la simulation sur une grille. Nous utilisons Pygame[4] pour créer une représentation visuelle attrayante et interactive.
- **Contrôleur** : Ce composant facilite l'interaction des utilisateurs avec la simulation. Il permet de changer les paramètres de la simulation en temps réel, donnant aux utilisateurs la possibilité de manipuler l'expérience directement.

C. Mécanisme de simulation

Gestion de la faune et de la flore: Notre simulation recrée un écosystème complexe composé de divers éléments de flore et de faune. Les carottes, qui ont une durée de vie limitée, sont essentielles car elles constituent la principale source de nourriture pour les lapins. Les plantes sont à la base de notre écosystème, tandis que les terriers offrent un refuge sûr pour les lapins, et servent également de lieux pour la naissance de nouveaux lapins.

Les lapins et les renards, qui composent la faune de notre simulation, possèdent un champ de vision qui joue un rôle crucial dans leur capacité à détecter des proies ou des menaces autour d'eux. Cette capacité visuelle, combiné à leur manière de se déplacer, est ajustée selon différents niveaux d'intelligence. Cela leur donne la possibilité de se déplacer dans l'écosystème de façon plus stratégique et adaptée.

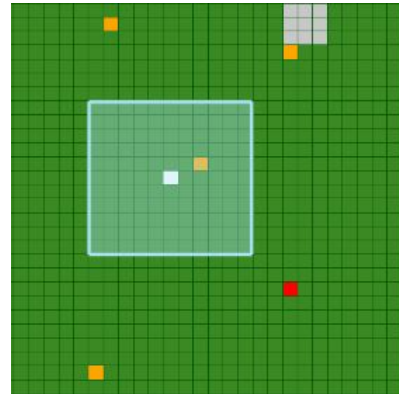
Quant à la reproduction des animaux, elle est représentée de façon simplifiée. Elle est activée quand l'animal s'est bien nourri et que sa santé atteint un certain niveau. De plus, la reproduction ne se déclenche que si la densité de population est inférieure à un seuil prédéfini.

Intelligence et comportement adaptatif de la faune: La faune de notre simulation, lapins et renards, dispose de trois niveaux d'intelligence affectant leur interaction avec l'environnement et les autres entités :

□ Lapin :

- **Niveau 1** : À ce premier niveau d'intelligence, les lapins, représentés par des carrés blancs dans notre simulation, réagissent principalement à la présence de carottes, visibles sous forme de carrés orange, dans leur champ de vision. S'ils ne voient pas de carottes, ils se déplacent de manière aléatoire vers une case adjacente. Toutefois, s'ils

repèrent une carotte, ils se dirigent vers elle. À ce stade initial, les lapins ne tiennent pas compte des renards, qui sont symbolisés par des carrés rouges, dans leurs décisions de déplacement, ce qui les expose à des risques d'attaque.



Intelligence niveau 1 - Lapin

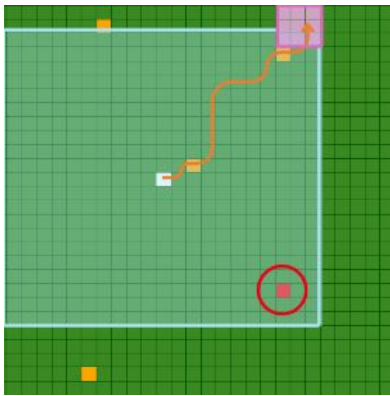
- **Niveau 2** : Au deuxième niveau d'intelligence, les lapins bénéficient d'un champ de vision doublé. Ils développent également la capacité de fuir, représentée par des flèches oranges, lorsqu'ils aperçoivent un prédateur. Lorsque nourriture et prédateur sont simultanément visibles, les lapins évaluent quelle option est la plus proche en utilisant la distance de Manhattan pour décider s'ils fuient ou se dirigent vers la nourriture



Intelligence niveau 2 - Lapin

- **Niveau 3** : Au troisième niveau d'intelligence, les lapins bénéficient d'une vision triplée par rapport à leur vision initiale, ce qui leur permet d'appréhender beaucoup plus largement leur environnement. À ce stade avancé, lorsqu'un lapin repère un prédateur, il adopte une stratégie de fuite élaborée en se dirigeant vers le terrier le plus proche. Ces terriers, dispersés aléatoirement sur le plateau de jeu, servent de refuges sûrs où les lapins peuvent échapper aux prédateurs et rester en sécurité. Grâce à cette capacité à évaluer les risques et à rechercher activement un abri, les

lapins améliorent significativement leurs chances de survie face à des menaces.

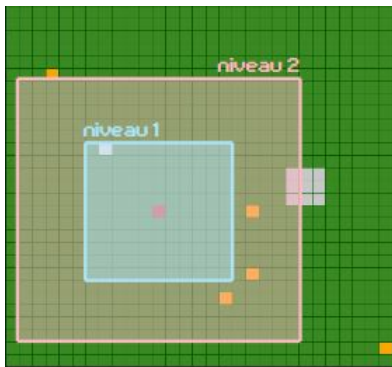


Intelligence niveau 3 - Lapin

Les améliorations apportées aux différents niveaux d'intelligence rendent les lapins moins vulnérables face aux renards, en leur fournissant des moyens de défense efficaces. Cependant, les renards bénéficient également d'évolutions dans leur comportement qui les rendent plus redoutables face aux lapins.

□ Renard :

- **Niveau 1 et 2 :** Au premier niveau d'intelligence, les renards se déplacent de manière aléatoire lorsqu'il n'y a pas de proie à proximité. À mesure que nous passons au niveau 2, la seule modification est l'élargissement de leur champ de vision. Cela leur permet de détecter des sources de nourriture à plus grande distance.



Intelligence niveau 1 et 2 - Renard

- **Niveau 3 :** Au troisième niveau d'intelligence, le renard gagne la capacité de se déplacer rapidement, couvrant deux cases en un seul tour. Toutefois, cette capacité est limitée à proximité des terriers pour éviter de perturber l'équilibre des populations entre les lapins et les renards.

Pour prévenir les situations où les renards pourraient capturer les lapins dès leur apparition, nous avons ajusté le comportement du renard. Lorsqu'ils

se trouvent à une certaine distance des terriers, les renards se déplacent de manière aléatoire.

Déroulement d'un tour: Chaque tour dans la simulation est une séquence d'événements qui modélise les interactions dynamiques au sein de l'écosystème. Voici les étapes principales de chaque tour :

- 1) **Initialisation des entités :** En début de simulation, des lapins, des renards, des carottes, et des terriers sont placés sur la grille. Les lapins et les renards ont un niveau d'intelligence et un champ de vision, tandis que les carottes sont réparties aléatoirement.
- 2) **Mise à jour des positions :** Toutes les entités sur la grille sont mises à jour. Cette mise à jour comprend le déplacement des lapins et des renards en fonction de leur intelligence. Les lapins cherchent à manger des carottes ou à fuir les renards, tandis que les renards tentent de se rapprocher des lapins pour les chasser.
- 3) **Reproduction et mort :** Si les conditions de santé le permettent, les lapins et les renards peuvent se reproduire. La reproduction est conditionnée par la santé de l'animal et par la densité de population, pour éviter une surpopulation. Si un animal ne trouve pas de nourriture, sa santé diminue jusqu'à ce qu'il meure.
- 4) **Apparition de carottes :** Des carottes sont ajoutées à la grille à des intervalles réguliers déterminés par la vitesse d'apparition des carottes. Cela garantit que les lapins ont accès à une source de nourriture continue.
- 5) **Comptage de la population :** À la fin de chaque tour, toutes les entités sont comptées. Cette information est utilisée pour générer un graphique dynamique de la population.

À chaque tour de la simulation, on répète ces étapes. Cela crée un environnement dynamique où chaque action des entités peut immédiatement affecter les conditions et les événements à venir. Cette approche nous permet de simuler de manière réaliste les interactions complexes et les comportements adaptatifs des entités dans l'écosystème.

D. Paramétrage des simulations pour différents scénarios

Notre simulation offre la possibilité d'explorer différents scénarios, comme l'extinction totale d'une des deux espèces ou une stabilité à long terme de la population. Ces scénarios peuvent être manipulés et observés en ajustant différents paramètres clés lors de la configuration de la simulation. Ces paramètres sont cruciaux pour recréer des conditions expérimentales spécifiques et pour étudier comment elles affectent les dynamiques des populations.

- **Taille de la grille :** Définit l'espace dans lequel les entités peuvent se déplacer. Une grille plus grande ou

plus petite peut affecter la fréquence des interactions entre les espèces.

- **Nombre initial d'espèces** : Paramètre le nombre de lapins et de renards au début de la simulation. Modifier ce nombre peut influencer l'issue de la compétition ou de la prédation.
- **Vitesse d'apparition des carottes** : Ajuste la fréquence à laquelle les carottes sont ajoutées à la grille, ce qui est crucial pour la survie et la reproduction des lapins.
- **Niveau d'intelligence** : Définit le degré de complexité du comportement des lapins et des renards. Un niveau d'intelligence plus élevé pourrait les aider à s'adapter plus efficacement aux changements de conditions et à être plus habiles pour trouver de la nourriture ou éviter les prédateurs.

IV. RÉSULTATS

Nous avons réalisé trois expériences distinctes pour étudier les effets de différents paramètres sur les populations de lapins et de renards. L'objectif était d'explorer divers scénarios, comme l'extinction ou la stabilisation des populations. Ces expériences ont été minutieusement planifiées pour simuler des scénarios précis, et nous présentons les résultats ci-dessous à l'aide de tableaux et de graphiques pour faciliter la compréhension des interactions au sein du système.

A. Scénario d'Extinction des renards

Configuration des paramètres: Les paramètres utilisés pour cette expérience, qui visaient à augmenter le risque d'extinction des renards, sont résumés dans le tableau suivant :

TABLE I – Paramètres de simulation pour l'extinction des renards

Paramètre	Valeur
Taille de la grille	60
Nombre initial de lapins	5
Nombre initial de renards	2
Vitesse d'apparition des carottes	1
Niveau d'intelligence des lapins	2
Niveau d'intelligence des renards	1

Observations et analyse: Les résultats, illustrés dans la Figure 2, montrent une diminution rapide de la population des renards en orange, principalement due à une incapacité à chasser les lapins. Cette diminution de la population des renards s'accompagne d'un accroissement suivi d'une stabilisation du nombre de lapins en bleu, montrant une rupture dans la dynamique prédateur-proie de cet écosystème. Nous remarquons que le mode de fuite des lapins, activé par leur niveau d'intelligence de deux, fonctionne efficacement puisqu'ils deviennent nettement plus difficiles à chasser, contribuant directement à la diminution des renards.

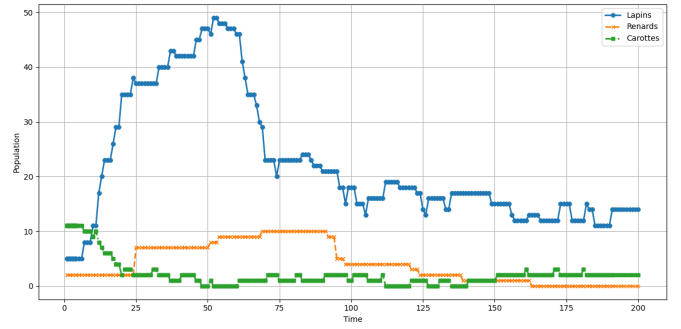


FIGURE 2 – Évolution des populations montrant l'extinction des renards

B. Scénario d'Extinction des lapins

Configuration des paramètres: La configuration pour cette expérience est détaillée dans le tableau suivant, qui illustre les ajustements faits pour augmenter le risque d'extinction des lapins :

TABLE II – Paramètres de simulation pour l'extinction des lapins

Paramètre	Valeur
Taille de la grille	40
Nombre initial de lapins	5
Nombre initial de renards	3
Vitesse d'apparition des carottes	1
Niveau d'intelligence des lapins	1
Niveau d'intelligence des renards	3

Observations et analyse: Les résultats, représentés dans la Figure 3, illustrent une oscillation initiale de la population de lapins qui atteint un pic avant de décliner de manière significative. Ce déclin est principalement dû à une surpopulation qui entraîne un épuisement rapide des carottes, leur ressource alimentaire essentielle, comme le montre la diminution de la ligne verte des carottes. Malgré une présence minimale de renards, dont la population est représentée par la courbe orange restant basse tout au long de l'expérience, les lapins peinent à maintenir un nombre stable en raison de la pénurie de nourriture. Cette pénurie entraîne finalement l'extinction des lapins, suivie peu après par celle des renards, faute de proies suffisantes pour les soutenir.

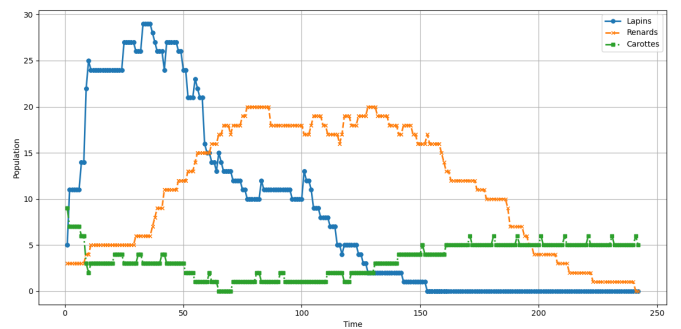


FIGURE 3 – Évolution des populations montrant l'extinction des lapins

C. Scénario de Stabilisation

Configuration des paramètres: Les paramètres optimisés pour observer une dynamique stable entre les populations de lapins et de renards sont récapitulés dans le tableau suivant :

TABLE III – Paramètres de simulation pour la stabilisation des populations

Paramètre	Valeur
Taille de la grille	60
Nombre initial de lapins	25
Nombre initial de renards	10
Vitesse d'apparition des carottes	10
Niveau d'intelligence des lapins	3
Niveau d'intelligence des renards	3

Observations et analyse: Cette expérience met en évidence une stabilité entre les populations de lapins et de renards, comme le montre la Figure 4. Les données révèlent que les populations de ces deux espèces fluctuent périodiquement, alternant entre des pics et des creux sans tendance à l'extinction prolongée, ce qui rappelle les oscillations observées dans les modèles de proie-prédateur du type Lotka-Volterra¹. Les variations dans le nombre de carottes, qui oscillent également, jouent un rôle central dans les interactions entre lapins et renards. Ces résultats suggèrent que les périodes de pénurie alimentaire affectent directement et significativement les populations des prédateurs comme celles de leurs proies.

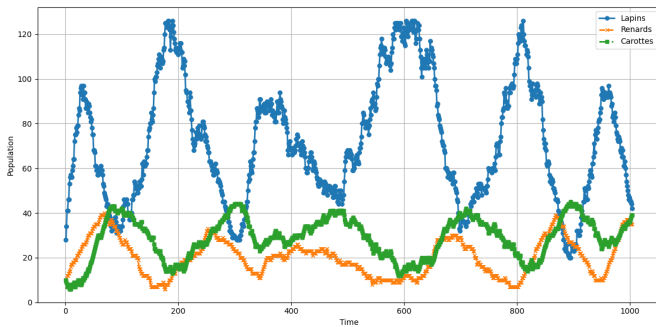


FIGURE 4 – Graphique de la stabilité des populations de lapins et de renards

V. CONCLUSION

Dans ce projet, nous avons plongé dans le monde complexe des interactions entre les lapins, les renards, et leur milieu dans un écosystème simulé en deux dimensions. Nos résultats illustrent l'importance capitale de la disponibilité des ressources et des comportements des animaux, comme la manière dont les lapins choisissent de fuir, dans la dynamique des populations.

Nous avons observé que les modifications des paramètres peuvent conduire à différents scénarios écologiques, allant de l'extinction à la stabilisation des populations. Il est apparu clairement que l'astuce des lapins à éviter les prédateurs est essentielle à leur survie, ce qui souligne

combien les comportements adaptatifs sont cruciaux dans les dynamiques de prédation.

Pour l'avenir, il serait intéressant d'étendre notre modèle pour explorer d'autres types d'interactions écologiques ou pour intégrer des facteurs environnementaux additionnels, comme les variations saisonnières, qui pourraient affecter la disponibilité des ressources. Par ailleurs, examiner différentes stratégies de gestion des populations pourrait offrir des perspectives précieuses pour la conservation des écosystèmes réels.

RÉFÉRENCES

- [1] Le modèle proie-prédateur de lotka-volterra. URL <https://math.univ-cotedazur.fr/~diener/MAB06/LotVolt.pdf>.
- [2] Freepik. Pancarte bois, n.d. URL <https://fr.freepik.com/photos-vecteurs-libre/pancarte-bois>.
- [3] Martin Gardner. The fantastic combinations of john conway's new solitaire game "life". *Scientific American*, 223(4) :120–123, 1970.
- [4] Pygame Development Team. Pygame, 2000. URL <https://www.pygame.org/docs/>.

ANNEXE A

OUTILS D'IA GÉNÉRATIVE ET RESSOURCES VISUELLES UTILISÉS

Dans ce projet, nous avons employé divers outils d'IA et ressources visuelles pour créer et personnaliser les images de notre interface de jeu. Voici un résumé des méthodes et motivations derrière ces choix.

A. Utilisation de MidJourney

Nous avons utilisé MidJourney pour générer des visuels de nature adaptés à l'esthétique de notre jeu. Le prompt : "Génère une image de nature avec un panneau en bois suspendu pour le menu principal du jeu, avec des éléments en pixels." Les images obtenues ont été ensuite ajustées pour répondre à nos spécifications précises.

B. Retouche et Adaptation des Images

Les images de MidJourney, ainsi que celles issues de sources gratuites [2], ont été retouchées pour s'intégrer parfaitement à notre interface, en utilisant une application de montage pour adapter les images au format pixelisé désiré. Cette démarche a garanti une uniformité visuelle à travers le jeu.

C. ChatGPT

ChatGPT a facilité la rédaction de ce rapport, aidant à expliquer clairement les concepts scientifiques, à résumer les données, et à corriger la syntaxe et l'orthographe. Cette assistance a renforcé la précision et la clarté de notre communication scientifique.