

UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPÉRIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
MENTION AGROÉCOLOGIE, BIODIVERSITÉ ET
CHANGEMENT CLIMATIQUE



Promotion : VARATRAZA Marisika

Niveau : Master II

Conception d'un site agroécologique autonome par drone et intelligence artificielle dans l'écovillage de Mahavariana, Talata Volonondry

Supervisé par : Docteur Andry ANDRIANJAFY

Élaboré par :

- FIFALIANISOA Mialisoa Vanessa
- LAHADY Marie Nicole
- MAHAZO DORA Perline Alida
- RAFENOARISOA Mary Alexandrine
- RAMAMINIAINA Florica Ormilla Rothschild
- RAKOTOMIHAJA Tantanantsoa

Année universitaire : 2025-2026

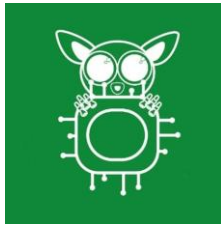
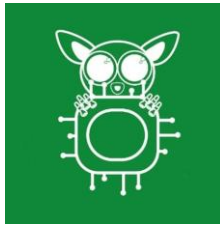


TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	2
MATERIELS ET METHODES	3
1. Présentation de la zone d'étude.....	3
2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE.....	4
<i>2.1. Acquisition des données par drone</i>	<i>5</i>
<i>2.2. Traitement et analyse par système d'information géographique (SIG)</i>	<i>5</i>
<i>2.3. Visualisation et conception assistées par intelligence artificielle (IA)</i>	<i>5</i>
RÉSULTATS	6
1. État initial du site d'étude	6
2. Présentation des scénarios	7
2.1. Scénario 1 : intensification maraîchère	7
2.2. Scénario 2 : hub circulaire « BSF et protéines »	8
2.3. Scénario 3 : paysage agroforestier	8
2.4. Scénario 4 : système agroécologique intégré.....	9
3. Comparaison des scénarios	10
DISCUSSION	11
CONCLUSION.....	13
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	14
ANNEXE : Prompt utilisés.....	15

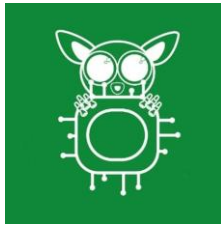


INTRODUCTION

L'agroécologie se définit comme une approche holistique et intégrée qui applique simultanément des principes écologiques et sociaux à la conception et à la gestion de systèmes alimentaires durables. Elle vise principalement à optimiser les interactions entre les végétaux, les animaux, les humains et leur environnement, tout en garantissant l'équité sociale (FAO, 2023). Dans cette démarche, la phase d'observation initiale est considérée comme fondamentale : concevoir un aménagement sans une observation préalable rigoureuse constitue une erreur méthodologique majeure.

L'usage des systèmes aériens sans pilote (UAS), plus communément appelés drones, offre aujourd'hui une opportunité importante pour combler l'écart entre les observations de terrain et la télédétection spatiale traditionnelle. Ces outils permettent d'obtenir, de manière rentable, des détails spatiaux d'une précision centimétrique sur des zones ciblées. Pour les parcelles de petite taille, le drone représente ainsi la solution la plus efficace pour générer des cartes d'indices de végétation et suivre la dynamique des processus environnementaux (Manfreda et al., 2018). L'intégration de cette technologie permet une documentation exhaustive et multi-angulaire de l'état initial d'un site, offrant un support indispensable à la réflexion agroécologique.

L'objectif de cette étude est de concevoir et de comparer différents scénarios d'aménagement agroécologique afin d'identifier le système le plus résilient et le plus adapté aux conditions locales.



MATERIELS ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude (*Source : écovillage.mg, consulté le 5 mai 2026*)

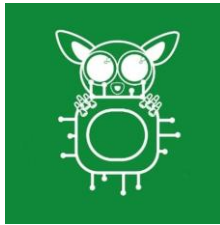
L'écovillage Mahavariana se situe à 27 kilomètres de la capitale, Antananarivo. C'est une véritable vitrine technologique et sociale dédiée à la vulgarisation de l'agroécologie et à la promotion d'un mode de vie en harmonie avec la nature. À travers ses multiples pôles d'activités, il propose une vision holistique du développement durable, alliant savoirs traditionnels et innovations modernes.

Son principe repose sur l'idée de « nourrir la terre pour qu'elle nous nourrisse durablement ». L'écovillage déploie à cette fin des techniques de permaculture et d'agroécologie visant à restaurer la fertilité des sols. Cette approche est complétée par la mise en place de forêts alimentaires et de systèmes d'agroforesterie, conçus comme un investissement pour les générations futures. L'intégration de l'élevage, de la lombriculture (élevage de vers de terre destiné au compostage) et de la pisciculture permet de créer un écosystème circulaire dans lequel les animaux deviennent des alliés précieux de la production agricole.

L'autonomie de l'écovillage s'appuie également sur une gestion rigoureuse des ressources naturelles et sur une architecture bioclimatique :

- des programmes spécifiques enseignent la gestion de l'eau et l'exploitation des énergies renouvelables, notamment éolienne et solaire, afin d'assurer un approvisionnement énergétique propre et stockable ;
- l'écovillage valorise l'écoconstruction en utilisant des ressources locales, comme l'argile, pour bâtir des habitations solides, dignes et durables ;
- l'accent est mis sur la fabrication de petit outillage et de systèmes d'irrigation par les usagers eux-mêmes, ce qui renforce leur indépendance technique.

Au-delà de l'aspect technique, Mahavariana est un lieu de transfert de compétences actif tout au long de l'année, à travers des ateliers, des travaux pratiques et des chantiers participatifs. Le programme d'incubation d'agripreneurs illustre cette volonté de transformer la formation en un véritable tremplin vers l'autonomie économique.



L'humain reste au centre du projet à travers des modules de développement personnel et communautaire, la connaissance de soi étant considérée comme une étape essentielle pour mieux vivre ensemble. L'écovillage intègre enfin une dimension moderne avec un pôle de recherche, d'innovation et de digitalisation, qui met le numérique au service de la réalité rurale malgache (Figure 1).



Figure 1 : Emplacement de l'écovillage Mahavariana (Page MIP, 22 mars 2026)

2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE

La démarche méthodologique s'est déroulée en trois grandes étapes : l'acquisition de données par drone, leur traitement au moyen d'un système d'information géographique (SIG), puis la visualisation et la conception assistées par intelligence artificielle (IA) (Figure 2).

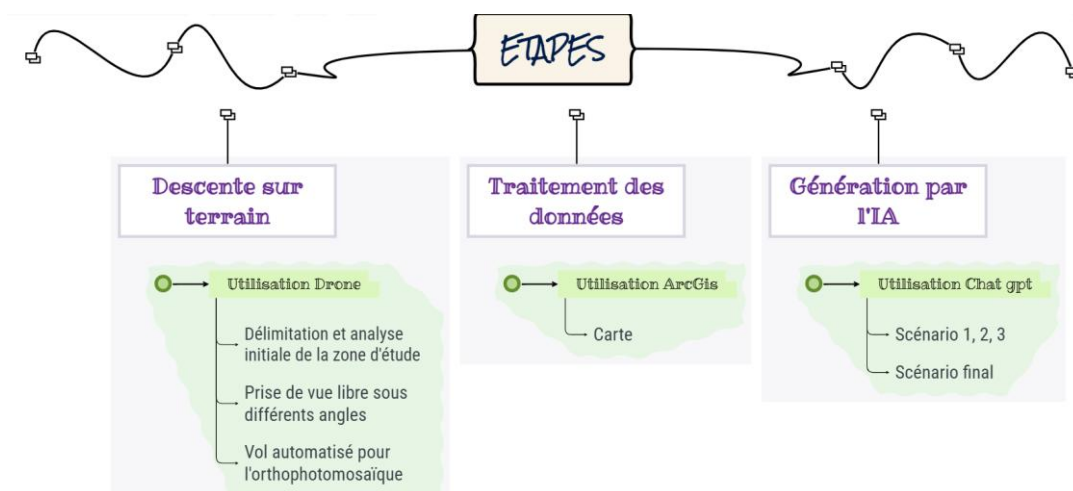
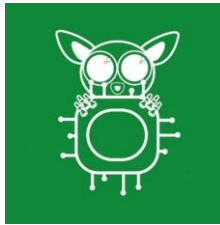


Figure 2 : Étapes de l'élaboration du travail (Source : Auteurs)



2.1. Acquisition des données par drone

La collecte de données a débuté par une phase de prises de vues libres et exploratoires, destinée à obtenir des perspectives variées et à documenter les éléments de contexte tels que les bâtiments et les clôtures. Un vol cartographique automatisé a ensuite été programmé en grille, à une altitude de 30 mètres, avec un recouvrement frontal de 85 % et latéral de 80 %. Cette configuration technique garantit une résolution au sol inférieure à 1 cm/pixel, permettant de distinguer les moindres détails topographiques et végétaux de la parcelle.

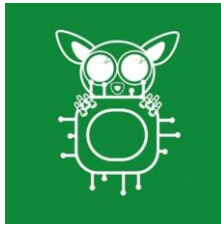
2.2. Traitement et analyse par système d'information géographique (SIG)

Les images capturées ont été traitées à l'aide d'algorithmes de photogrammétrie (Structure from Motion) afin de générer une orthophotomosaïque géoréférencée et des modèles numériques de surface (Colomina & Molina, 2014). Ces produits ont ensuite été importés dans un logiciel de système d'information géographique (SIG), ArcGIS, pour valider la qualité du géoréférencement et délimiter précisément les zones d'aménagement. L'outil SIG a servi de support pour établir la carte de l'état initial et dessiner des plans de masse schématiques intégrant les principes de diversité végétale et de gestion de l'eau.

2.3. Visualisation et conception assistées par intelligence artificielle (IA)

L'intelligence artificielle générative a été mobilisée pour transformer les réflexions collectives en propositions visuelles concrètes et innovantes. L'outil ChatGPT a été utilisé pour formuler des prompts descriptifs précis, incluant des détails sur les espèces tropicales et le style paysager souhaité. Le processus a été itératif, avec un affinement progressif des prompts pour corriger les erreurs de proportions ou les incohérences botaniques générées par l'IA. Les propositions retenues ont enfin été confrontées aux réalités du terrain, afin de ne conserver que les éléments applicables au projet agroécologique final.

Note méthodologique — Les images utilisées pour les fiches 01 à 04 (à l'exception de l'état initial) sont des rendus générés par intelligence artificielle à partir des plans de conception. Elles illustrent l'intention d'aménagement mais ne constituent pas une preuve photographique du résultat final. Les données financières et agronomiques citées proviennent des sources de travail transmises et n'ont pas été vérifiées de manière indépendante : elles restent à confronter au marché local et aux références bibliographiques dans le cadre de l'analyse critique.



RÉSULTATS

1. État initial du site d'étude

L'observation du site a été réalisée à l'aide d'un drone afin d'obtenir une orthophotomosaïque de haute résolution. La parcelle étudiée couvre une superficie d'environ 600 m². L'état initial montre un terrain peu aménagé, caractérisé par une pente naturelle, une maison en cours de construction et des bassins encore rudimentaires (Figure 3). Les observations ont également révélé des sols ferrallitiques pauvres en matière organique, ainsi qu'une longue période de sécheresse pouvant atteindre 6 à 7 mois par an. Ces caractéristiques ont servi de base à la conception des différents scénarios d'aménagement.

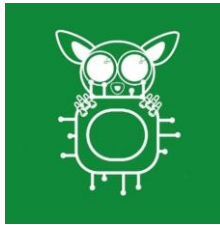


Figure 3 : État initial du site

Caractéristiques du site d'étude

Zone climatique :

- Adaptés au climat de moyenne altitude (600 -1100m altitude avec longue saison sèche (6-7mois)
- Climat semis aride du sud -ouest et dans le grand sud (sorgho)
- Avec le niébé possible dans le sud est climat tropical humide
- Variété niébé cycle long et court



- Climat moyenne altitude avec longue saison sèche (lac Alaotra et moyen ouest (tanety non compactés et sur le sols exondés dans la plaine , bourrelets de berge et baiboho)

Sol : Sol riche

- Le rapport en engrais est dispensable sur le sol pauvre, ce qui baisse fortement la rentabilité du système et en accroît le risque
- Éviter les sols hydromorphes et les parcelles inondables pendant le cycle de culture
- Ne pas cultiver le niébé sur le sol nu sur les sols ferrugineux du sud-ouest et les sols battants (possible avec paillage)

Intérêts agronomiques :

- Production d'une forte biomasse aérienne et racinaire (pendant la saison sèche)
- Couverture rapide du sol (contrôle des adventices) mis à part dans les climats semi arides ou l'obtention de biomasse suffisante est parfois difficiles
- Facilité de mise en œuvre et reprise pour la culture suivante
- Bonne restructuration du sol
- Apport d'azote par la légumineuse
- Dégradation rapide du much de légumineuse et lente de la graminée
- Remobilisation des éléments minéraux par la légumineuse à cycle long en saison sèche
- Bon précédent, pour la culture du riz pluvial ou cotonnier

Réduction des risques en cas de conditions climatiques difficiles ou attaques d'insectes.

2. Présentation des scénarios

À partir des observations réalisées sur le terrain, quatre scénarios d'aménagement ont été élaborés. Chaque scénario répond à un objectif particulier, tout en recherchant une meilleure valorisation des ressources disponibles.

2.1. Scénario 1 : intensification maraîchère

Le scénario 1 repose sur une intensification maraîchère associée à un petit élevage. Après un an, les cultures maraîchères occupent la majeure partie de la parcelle. Après cinq ans, la couverture végétale devient plus importante et l'organisation des différentes cultures est stabilisée (Figures 4 et 5).

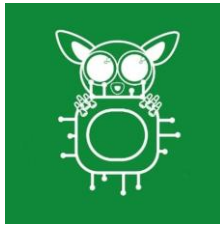


Figure 4 : Évolution du scénario 1 après un an Figure 5 : Évolution du scénario 1 après cinq ans

2.2. Scénario 2 : hub circulaire « BSF et protéines »

Le scénario 2 repose sur un système circulaire intégrant la pisciculture, les volailles, les lapins, les ruches et la production de larves de mouche soldat noire (BSF). Les aménagements comprennent un bassin piscicole, une maison sur pilotis et des infrastructures d'élevage. Après cinq ans, l'ensemble des composantes fonctionne de manière intégrée (Figures 6 et 7).



Figure 6 : Évolution du scénario 2 après un an Figure 7 : Évolution du scénario 2 après cinq ans

2.3. Scénario 3 : paysage agroforestier

Le scénario 3 est un système agroforestier associant des arbres fruitiers, une cressonnière, un bassin piscicole, des ruches et des volailles. Les images montrent une augmentation progressive de la couverture arborée et l'installation d'un verger diversifié après cinq ans (Figures 8 et 9).

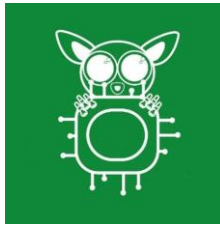


Figure 8 : Évolution du scénario 3 après un an



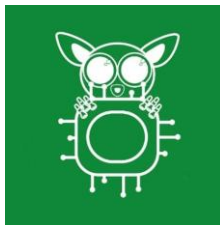
Figure 9 : Évolution du scénario 3 après cinq ans

2.4. Scénario 4 : système agroécologique intégré

Le scénario 4 combine les composantes des trois scénarios précédents. Il intègre les cultures maraîchères, l'agroforesterie, la pisciculture, l'apiculture et plusieurs élevages sur une même parcelle. Après cinq ans, l'ensemble des activités est organisé en un système circulaire, où les ressources produites par une activité sont réutilisées par les autres (Figure 10).



Figure 10 : Évolution du scénario 4 après cinq ans



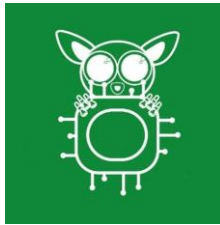
3. Comparaison des scénarios

Le tableau 1 présente une synthèse comparative des quatre scénarios selon les critères suivants: l'objectif visé, le niveau d'investissement, les gains estimés, l'économie d'intrants réalisée et le risque climatique associé.

Tableau 1 : Comparaison des quatre scénarios d'aménagement

Critère	Scénario 1 Maraîchage	Scénario 2 Poisson / BSF	Scénario 3 Verger	Scénario 4 Combiné
Objectif	Cash-flow rapide	Profit brut maximal	Autonomie totale	Sécurité et harmonie
Investissement	Fort (engrais)	Moyen (élevage)	Élevé en année 1	Optimisé (mutualisé)
Gains (ventes)	1,5 à 2,9 millions Ar / cycle	4 à 6 millions Ar / an	13 millions Ar (net cumulé)	4 à 10 millions Ar / an
Économie d'intrants	Faible	40 à 60 % (aliment)	100 % (à 5 ans)	Maximale (95 % recyclé)
Risque climatique	Sensible (eau)	Moyen (étang)	Très faible	Minimum (diversité)

Le scénario 1 présente un objectif de cash-flow rapide, avec des gains estimés entre 1,5 et 2,9 millions d'ariary par cycle. Le scénario 2 affiche des revenus annuels estimés entre 4 et 6 millions d'ariary et une économie de 40 à 60 % sur les aliments, grâce à l'utilisation des larves de BSF. Le scénario 3 atteint une autonomie estimée à 100 % après cinq ans, avec un bénéfice net cumulé d'environ 13 millions d'ariary. Le scénario 4 présente des revenus annuels estimés entre 4 et 10 millions d'ariary, une économie d'intrants d'environ 95 % et un niveau de risque climatique classé comme minimal.

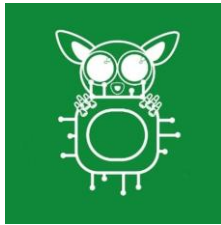


DISCUSSION

Cette étude montre qu'il est possible de concevoir un système agroécologique intégré en combinant les observations réalisées par drone, les analyses SIG et l'intelligence artificielle. L'utilisation du drone a permis de produire une orthophotomosaïque de très haute résolution, facilitant l'identification des caractéristiques du terrain avant la conception des différents scénarios. Ce résultat rejoint les travaux de Colomina et Molina (2014), qui montrent que les drones améliorent la précision de la cartographie et facilitent le suivi de l'environnement ainsi que l'aide à la décision.

Les résultats montrent également que le scénario intégré (scénario 4) présente les meilleures performances globales. Il combine le maraîchage, la pisciculture, l'agroforesterie, l'apiculture et l'élevage dans un système où les déchets de chaque activité deviennent des ressources pour une autre. Cette complémentarité permet de réduire les pertes, d'améliorer l'utilisation des ressources et de limiter les dépenses en intrants. Selon la FAO (2023), l'un des principes fondamentaux de l'agroécologie est justement de favoriser les interactions entre les différentes composantes du système agricole afin d'en améliorer la durabilité. La diversification des productions représente également un avantage important : les légumes, les fruits, le miel, les poissons, les œufs et les volailles offrent plusieurs sources de revenus tout au long de l'année. Cette diversification réduit les risques économiques lorsqu'une production est affectée par les conditions climatiques ou les variations du marché, ce qui est cohérent avec les travaux de Gliessman (2015), selon lesquels les systèmes agricoles diversifiés sont généralement plus stables et plus résilients que les systèmes spécialisés.

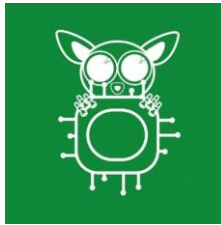
Malgré ces résultats encourageants, cette étude présente certaines limites. Tout d'abord, les quatre scénarios proposés reposent principalement sur une conception et une simulation : les revenus, les rendements et le niveau d'autonomie annoncés n'ont pas encore été vérifiés par une expérimentation menée sur plusieurs années. Les résultats représentent donc des estimations qui devront être confirmées par un suivi sur le terrain. Une autre limite concerne les données économiques utilisées : les prix des légumes, du miel ou du tilapia peuvent varier selon les saisons, les régions ou les fluctuations du marché, si bien que les bénéfices réels pourraient différer des estimations présentées. Enfin, l'utilisation des drones, des logiciels SIG et de l'intelligence artificielle nécessite des compétences techniques ainsi que du matériel



informatique ; dans plusieurs régions rurales de Madagascar, ces technologies restent encore peu accessibles, en raison de leur coût et du manque de formation des utilisateurs.

Ces résultats ouvrent également plusieurs perspectives. Les drones deviennent progressivement plus accessibles et leur utilisation en agriculture continue de se développer : ils permettent de suivre l'état des cultures, de détecter certains problèmes plus rapidement et de mieux planifier les interventions agricoles (Manfreda et al., 2018). Par ailleurs, l'agroécologie est aujourd'hui soutenue par de nombreuses organisations internationales. La FAO (2023) considère cette approche comme une solution importante pour renforcer la sécurité alimentaire, préserver les ressources naturelles et améliorer la résilience des exploitations face au changement climatique. Le système proposé pourrait également être adapté à d'autres écovillages, centres de formation ou petites exploitations agricoles de Madagascar. La combinaison des connaissances locales et des outils numériques représente ainsi une opportunité pour améliorer la conception des systèmes agroécologiques, tout en réduisant les risques liés aux aléas climatiques.

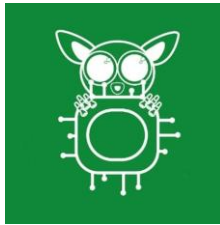
Malgré ces opportunités, plusieurs facteurs peuvent limiter la réussite du projet. Le changement climatique constitue une menace importante : les sécheresses prolongées, les fortes pluies et les cyclones peuvent affecter les cultures, les élevages et les infrastructures agricoles. Même si le scénario intégré améliore la résilience grâce à la diversification et à la gestion de l'eau, il ne peut pas supprimer totalement les effets des événements climatiques extrêmes ; le rapport de l'IPCC (2023) souligne d'ailleurs que ces phénomènes devraient devenir plus fréquents dans plusieurs régions tropicales. L'investissement initial représente également un obstacle : la construction du bassin piscicole, des infrastructures d'élevage ou l'achat des ruches nécessitent des ressources financières relativement importantes, et sans appui technique ou financier, certains producteurs pourraient rencontrer des difficultés pour adopter un tel système. Enfin, la réussite de ce modèle dépend fortement de la bonne gestion des différentes composantes du système : une maîtrise insuffisante de la pisciculture, de l'élevage ou du compostage pourrait réduire les performances attendues et diminuer la rentabilité globale.



CONCLUSION

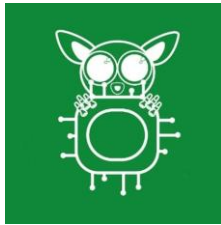
Cette étude met en évidence le potentiel d'un système agroécologique intégré conçu sur une parcelle de 600 m², en démontrant qu'il est possible de concilier productivité, autonomie et durabilité. À l'horizon de cinq ans, le scénario intégré garantirait une indépendance financière, tout en assurant une sécurité alimentaire par une production de denrées, incluant poissons, œufs, miel, fruits et légumes. La diversification en dix produits commercialisables renforce également la résilience du système face aux aléas climatiques, notamment les périodes de sécheresse, les cyclones et les fluctuations des prix du marché. Ce modèle illustre ainsi une approche fondée sur le principe selon lequel « rien ne se perd, tout se transforme », qui constitue une réponse pertinente aux enjeux de l'agriculture durable.

Par ailleurs, cette étude démontre que l'intégration des drones, des systèmes d'information géographique (SIG) et de l'intelligence artificielle favorise une transition efficace entre l'observation du terrain et la conception de paysages agroécologiques résilients. Les scénarios 1, 2 et 3 ont permis d'explorer différentes stratégies associant cultures, élevages, pisciculture, agroforesterie et économie circulaire, tandis que le scénario 4 en constitue la synthèse en optimisant simultanément la biodiversité, la production alimentaire et la gestion durable de la parcelle. Le drone a fourni une base topographique d'une précision centimétrique, indispensable à la planification des aménagements, tandis que ChatGPT a facilité la structuration des idées, la sélection des espèces et la conception des scénarios — sans se substituer à l'expertise humaine. L'intelligence artificielle doit en effet demeurer un outil d'aide à la décision, au service des principes fondamentaux de l'agroécologie. Cette méthodologie innovante ouvre ainsi de nouvelles perspectives pour la formation des futurs praticiens et pour le développement de systèmes alimentaires plus résilients, autonomes et durables.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97.
- FAO. (2023). What is agroecology? Agroecology Knowledge Hub. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (3e éd.). CRC Press.
- IPCC. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Manfreda, S., McCabe, M. F., Miller, P. E., Lucas, R., Pajuelo Madrigal, V., Mallinis, G., Ben Dor, E., Helman, D., Estes, L., Ciruolo, G., et al. (2018). On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring. *Remote Sensing*, 10(4), 641.
- Écovillage Mahavariana. (2026). Site officiel de l'écovillage Mahavariana. Consulté le 5 mai 2026, à l'adresse <https://ecovillage.mg>



ANNEXE : Prompt utilisés

Scénario 1

Vue aérienne oblique ultra-réaliste d'une parcelle agroécologique tropicale de 600 m² à Madagascar, photographiée par un drone professionnel, style photographie documentaire, qualité National Geographic, lumière naturelle, très haute résolution (8K).

Illustrer un **scénario d'intensification maraîchère associé à un petit élevage**, conçu selon les principes de l'agroécologie. La parcelle est organisée de manière rationnelle autour d'une maison rurale traditionnelle située au centre. À proximité se trouvent un petit bassin piscicole, quelques bâtiments agricoles et un espace réservé au petit élevage.

La plus grande partie de la surface est occupée par des **cultures maraîchères intensives**, réparties en parcelles géométriques bien entretenues, avec des rangs réguliers et une forte diversité de légumes. Quelques arbres fruitiers (bananiers, papayers, agrumes et avocatiers) sont implantés en périphérie et autour des cultures afin de favoriser progressivement un système agroécologique diversifié.

Évolution après 1 an : les cultures maraîchères dominent largement la parcelle. Les arbres fruitiers sont encore jeunes, la couverture végétale reste modérée, le paysage est relativement ouvert et les différentes zones de production sont clairement distinguées.

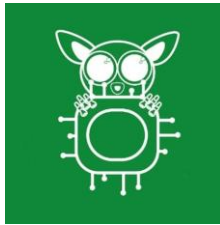
Évolution après 5 ans : conserver exactement la même organisation spatiale, mais montrer une végétation beaucoup plus développée. Les arbres fruitiers ont grandi, la couverture végétale est nettement plus dense, les cultures sont bien établies et l'organisation des différentes productions est stabilisée. Le paysage apparaît plus vert, plus équilibré et plus résilient tout en restant fortement orienté vers la production maraîchère.

Atmosphère tropicale, textures réalistes, végétation luxuriante mais organisée, couleurs naturelles, rendu photographique professionnel, drone photography, photorealistic, ultra realistic, highly detailed, cinematic, National Geographic style.

Scénario 02

Etabli un plan d'aménagement d'un site agroécologique de 600 m² avec illustration à l'aide de ces consignes :

Zone Est (75 m²): Plantation d'une culture maraîchère



Zone Sud (75m²) : Arbres fruitiers+ 5 ruches peuplées d'abeilles

Zone Sud-Est (50 m²) : un élevage de BSF

Zone Nord (75 m²) : étang pour élevage de tilapia

Zone Ouest (50 m²) : Une cour entourée d'une cage en rond de poulailler, et à l'intérieure de la cage, on peut cultiver des Cultures maraîchères

Zone centre (100 m²) : une maison de 25 m² sur pilotis, et en bas, on va faire de l'élevage de lapins et de lombricomposts, avec une cour libre bien sûr

Zone Nord-Ouest (75m²) : une maison de canard 15 m² sur pilotie près de l'étang et des cultures maraichères sur le bas et le reste du terrain. Mets ces instructions sur la photo suivante
"Image à traiter"

Utilise la maison entre la zone Nord et la zone Est et remplace la maison en zone centre par une culture résistante à l'eau

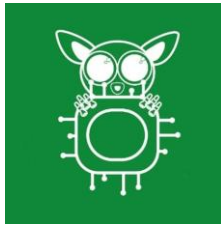
Réduit la superficie de la zone centre en 75m² en plaçant l'étang pour élevage de tilapia de la zone Nord-Ouest dans cette zone centre. A côté de la maison en zone Nord, place l'élevage des lapins en dessous du pilotis de la maison en pilotis à côté anciennement placé dans la zone centre, ainsi que le lombricompost sur une surface de 100m². Pour la zone Sud-Est, déplace la culture résistante à l'eau sur une superficie de 75m² vers la zone Sud-Est. Pour la zone Sud, déplace la plantation de culture maraîchère sur une superficie de 75m² vers la zone Sud. Déplace les arbres fruitiers avec les 5 ruches peuplées d'abeilles de la zone Sud dans la zone Est sur une superficie de 50m².

Déplace la pisciculture de 75 m² entre la zone Ouest et la zone Sud-Est

Fait deux simulations réparties comme suit :

- A la 1^{ère} année: comment la production va se faire sur cette parcelle de 600m²
- A la 5^{ème} année, comment va évoluer cette parcelle.

Fait les projections



Scénario 3

Vue aérienne oblique ultra-réaliste d'un système agroécologique tropical de 600 m² à Madagascar, photographié par un drone professionnel, style photographie documentaire, très haute résolution, lumière naturelle de fin de matinée.

Représenter un paysage agroforestier arrivé à maturité après cinq années de développement.

Le site est organisé autour d'une maison rurale en bois sur pilotis située au centre supérieur de la parcelle. Devant la maison se trouve une cour en terre avec des poules et quelques canards en liberté.

À gauche, un bassin piscicole de tilapias alimenté par une petite cressonnière qui agit comme filtre biologique naturel avant l'arrivée de l'eau dans l'étang. Le bassin possède une eau sombre avec quelques plantes aquatiques.

À droite du bassin, plusieurs parcelles maraîchères rectangulaires parfaitement entretenues cultivées en rangs réguliers (fraisiers, légumes, cultures diversifiées).

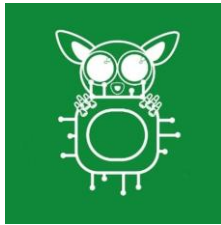
Tout autour de la parcelle se développe une ceinture agroforestière dense composée de bananiers, papayers, avocatiers, orangers et autres arbres fruitiers ayant atteint leur maturité. Les arbres forment une véritable forêt nourricière entourant complètement le site et créant un microclimat humide.

Derrière la maison, installer 3 à 5 ruches traditionnelles placées à proximité des arbres fruitiers afin d'illustrer une production apicole intégrée.

Le paysage doit montrer un système devenu autonome : végétation luxuriante, arbres adultes, forte biodiversité, très peu de sol nu, harmonie entre agriculture, élevage et forêt.

Montrer visuellement les principes agroécologiques :

- filtration naturelle de l'eau par la cressonnière,
- agroforesterie mature,
- diversité des cultures,
- élevage intégré (volailles, pisciculture, apiculture),
- absence d'infrastructures industrielles,
- paysage résilient face au climat.



Atmosphère tropicale humide, végétation extrêmement détaillée, textures réalistes, rendu photographique, couleurs naturelles, niveau de détail très élevé, qualité National Geographic, drone photography, photorealistic, cinematic, 8K.

Scénario 4

Vue aérienne oblique ultra-réaliste d'une exploitation agroécologique tropicale de 600 m² à Madagascar, photographiée par un drone professionnel, style National Geographic, documentaire scientifique, rendu photoréaliste, lumière naturelle, qualité 8K.

Représenter un **système agroécologique intégré**, résultant de la combinaison de trois approches complémentaires : **intensification maraîchère**, **économie circulaire agricole** et **agroforesterie résiliente**. L'ensemble doit illustrer une exploitation où chaque composante interagit avec les autres afin d'optimiser les flux de matière, d'énergie et de nutriments.

Au centre de la parcelle se trouve une **maison traditionnelle sur pilotis**, entourée d'une cour naturelle où circulent librement des poules et quelques canards assurant une régulation biologique des ravageurs.

À proximité de la maison, un **bassin piscicole** destiné à l'élevage de tilapias est alimenté par une **cressonnière**, qui agit comme filtre biologique naturel avant l'entrée de l'eau dans le bassin.

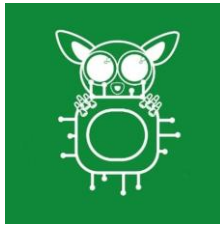
Les **cultures maraîchères** occupent une grande partie de la parcelle sous forme de planches régulières, diversifiées et intensives. Elles sont associées à des fraisiers et à différentes cultures vivrières.

Tout autour des cultures se développe une **ceinture agroforestière** composée de bananiers, papayers, orangers, avocatiers et autres arbres fruitiers, créant progressivement un microclimat favorable à la production agricole et à la conservation de l'humidité.

Installer **3 à 5 ruches** à proximité des arbres fruitiers afin de favoriser la pollinisation et la production de miel.

Intégrer un **système circulaire** comprenant :

- un élevage de volailles ;
- un petit élevage de lapins ;



- une unité de production de larves de mouche soldat noire (Black Soldier Fly – BSF) destinée à valoriser les déchets organiques et à produire une source locale de protéines pour les poissons et les volailles ;
- une pisciculture intégrée utilisant les ressources produites sur l'exploitation ;
- une apiculture contribuant à la pollinisation des cultures.

Les différents ateliers sont reliés selon une logique d'économie circulaire :

- les déchets végétaux alimentent l'unité BSF ;
- les larves BSF servent d'alimentation aux poissons et aux volailles ;
- les déjections animales sont valorisées comme fertilisants organiques pour les cultures ;
- la cressonnière filtre naturellement l'eau avant son entrée dans le bassin piscicole ;
- les arbres fruitiers améliorent le microclimat, réduisent l'évapotranspiration et protègent les cultures ;
- les abeilles assurent la pollinisation du verger et du maraîchage ;

Évolution après 5 ans :

- conserver exactement la même organisation spatiale ;
- les arbres fruitiers ont atteint leur maturité et forment une ceinture agroforestière dense ;
- la couverture végétale est beaucoup plus importante ;
- les cultures sont stabilisées et très productives ;
- le bassin piscicole est parfaitement intégré au système ;
- les volailles, les lapins, les ruches et l'unité BSF fonctionnent ensemble dans une logique circulaire ;
- la cressonnière assure une filtration naturelle efficace de l'eau ;
- le paysage montre un système autonome, sans intrants chimiques, résilient face aux sécheresses et aux fortes pluies, riche en biodiversité et économiquement performant.