

INTRODUCTION

Communément admise, Madagascar est considérée depuis plusieurs années comme un pays très riche en ressources naturelles. Les forêts étant un écosystème terrestre très complexe et se présentant sous différents types et strates font partie de cette richesse car elles restent écologiquement constituées des diverses composantes qui y vivent. Cette richesse permet aux forêts surtout les primaires d'offrir aux êtres humains des ressources différentes à partir desquelles ils y sont devenus trop dépendant surtout en milieu rural. Dans ce cas, la forêt¹ attire la population surtout celle qui habite aux environs. Cela sous-entend que l'Homme a l'accès aux forêts sous forme d'exploitation qui va perturber voire menacer cette vie et va pouvoir modifier les caractéristiques originelles de ces composantes qui se présentent sous forme d'interaction et d'interdépendance. Autrement dit, en dehors des actions naturelles, les actions anthropiques les perturbent, les déséquilibrent et les menacent. La pression démographique et la pauvreté de la population rurale malagasy rendent plus compliquée la situation car plus on est nombreux et pauvre plus les pressions et les menaces s'intensifient à cause de la recherche des nourritures. C'est même l'intégrité écologique des forêts qui est remise en question. Celle-ci fait l'objet de notre recherche qui s'intitule « **L'intégrité écologique de la forêt primaire dans le district de Mananara Nord face aux actions anthropiques** ». On a étudié le cas des communes rurales de Sandrakatsy Fokontany Ambodiatafana et d'Antanambe Fokontany Ambavala.

Limité géographiquement au Nord entre 15°52'40.99" de latitude Sud et 49°25'58.81" de longitude Est, au Sud entre 16°37'2.73" et 49°47'45.59", à l'Est entre 16°12'21.62" et 49°51'25.65" ; et à l'Ouest entre 16°17'11.71" et 49°12'25.21" , Mananara Nord fait partie un des districts de la Région Analanjirofo qui se trouve dans la partie Nord-Est de Madagascar. Administrativement, il est limité au Sud par le district de Soanierana Yvongo, au Nord par celui de Maroantsetra, à l'Ouest par celui de Mandritsara et à l'Est par l'Océan Indien. La commune rurale de Sandrakatsy se situe à 60 km au Sud-Ouest de Mananara Nord, limitée au Nord par la commune rurale d'Antanambaobe, à l'Ouest par celle de Saromoana, au Sud par celle d'Ambahoabe et à l'Est par celle d'Antanambe. Cette dernière constitue la deuxième commune de la zone d'étude qui est limitée au Nord par la commune rurale de Tseranambe, à l'Ouest par celle de Sandrakatsy, au Sud par celle de Manompana et à l'Est par l'Océan Indien. Dans la partie Nord-Ouest de la première commune que se trouve le Fokontany d'Ambodiatafana tandis que dans la partie Sud de la seconde commune de la zone d'intervention que se situe le Fokontany d'Ambavala.

¹ Ensemble des arbres ayant au moins la hauteur de cinq mètres et se plantant sur une superficie pas moins de 0,36 Ha, le taux de couverture forestière est au moins 30% (Définition selon l'atelier de validation de méthodologie d'inventaire forestier et écologique à Moramanga en Avril 2016)

Contexte et justification

Au niveau mondial, la dégradation de l'Environnement est signalée depuis des dizaines d'années. Elle se traduit par l'épuisement des ressources naturelles, par le changement climatique et par la pollution des écosystèmes. Pour y faire face, plusieurs pays ont déjà mis en place une politique de gestion de leur biodiversité. L'engagement croissant des pays signataires de la Convention de Rio en 1992 et rehaussée à Paris lors de la COP 21 en 2015 qui stipule la limitation du réchauffement mondial entre 1,5°C à 2,5°C confirme ce constat. A l'issue de cette COP, les pays développés ont pour engagement de mobiliser une somme de 100 milliards de dollar à partir de 2020 via le fond vert pour les climats afin d'aider les pays en développement à lutter contre le changement climatique.

Dans le monde, les écosystèmes forestiers fournissent deux importants services à la communauté mondiale, à savoir le piégeage et le stockage du carbone, la conservation de la biodiversité grâce aux habitats qu'ils offrent à une grande variété d'espèces végétales et animales. Ainsi, la CCNUCC reconnaît les rôles essentiels des forêts dans la régulation climatique. En effet, les forêts constituent une source de CO₂ lorsqu'elles sont détruites ou dégradées. Elles tiennent donc une fonction importante d'atténuation du changement climatique en absorbant le CO₂ de l'atmosphère.

A Madagascar, des grandes menaces pèsent aussi sur les ressources forestières qui ont ensuite des impacts sur le changement climatique. Or, l'Etat Malgache a montré sa volonté de lutter contre ce phénomène de changement climatique. Il a déclaré lors de la COP 21 une réduction de 14% d'émission de GES d'ici 2020. En outre, il a déjà décidé depuis 2001 de mettre en place un dispositif de conservation des ressources forestières par le biais de la REDD+².

Le principe de la REDD+ est d'octroyer une compensation financière des pays forestiers qui réduisent l'émission des GES issues de la déforestation et de la dégradation des forêts et ou qui augmentent les stocks de carbone forestier.

Mais diverses étapes et processus devraient être suivis pendant la mise en place de ce mécanisme entre autre le R-PP. Ce plan constitue la feuille de route de Madagascar dans la préparation au mécanisme REDD+. C'est un document national qui présente les approches, les démarches et les étapes de préparation à suivre durant les années à venir. Il a été approuvé en 2014 par le CPFP. Cette approbation a permis le déblocage de financement à hauteur de 3.8 millions de dollars américains pour sa mise en œuvre.

² mécanisme international visant simultanément l'atténuation des changements climatiques, la conservation des forêts et le développement durable

Etant donné que la DVFR est une direction qui se trouve au sein du MEEF dont la principale mission consiste à la gestion durable des ressources forestières, elle a les compétences, l'expertise en matière d'inventaire écologique et forestier requises pour mener à bien cet inventaire. Ces expériences ont été acquises lors de différents travaux d'inventaires déjà menés par l'administration forestière à travers toute l'Ile à savoir l' IEFN₀ en 1996, des inventaires des lots d'adjudication forestière effectués depuis 2006 ainsi que ceux dans l'élaboration des schémas d'aménagement de quelques massifs forestiers en 2009. Par conséquent, la BNC-REDD et la DVRF ont organisé un inventaire forestier et écologique le mois de Juillet au Septembre 2016 dans la forêt de l'Est de Madagascar.

En plus, Madagascar qui est parmi les pays les plus pauvres du monde est en quête de trouver des nouvelles sources de financement connu sous le sigle MFI pour mettre en œuvre ses projets de développement. La vente de Carbone forestier qui est un des MFI constitue une perspective pour La Grande Ile car cette vente lui permet de procurer de devise par le crédit Carbone. Il est très pertinent de souligner que c'est un processus très long et très complexe.

Le district de Mananara Nord en tant que première Reserve de Biosphère de Madagascar établie en 1999 (patrimoine mondial) avait bénéficié de projet mené ensemble par l'ANGAP (actuellement connue sous le sigle MNP) et le Programme MAB de l'UNESCO en 1987. Ce projet qui avait duré environ une quinzaine d'année et était divisé en deux grandes phases visait à la délimitation des aires protégées, des parcs terrestres et marins, à l'amélioration du rendement de la culture du riz, culture pluviale ou irriguée, tout en essayant de détourner les agriculteurs de la riziculture pluviale. Simultanément, il y avait lieu la promotion des activités propices aux populations locales afin d'obtenir en dehors de la riziculture des revenus supplémentaires. Il restait aussi urgent l'amélioration des conditions de santé de la population, spécialement en ce qui concerne le paludisme. Le projet avait également comme objectif la conservation des animaux en contactant les Médecins sans frontières. Enfin, il visait à réconcilier la population de la zone avec le milieu dans lequel elle vit. L'approche MAB se fixe deux priorités. Premièrement, il s'agit du maintien qualitativement et quantitativement la biodiversité des aires protégées. Deuxièmement, il consiste à favoriser le développement de manière à ce que la population arrive à gérer de façon durable les ressources naturelles, qu'elle participe activement à la conservation du milieu et qu'elle puisse y vivre en harmonie.

Les résultats de ce projets sont les suivants : rendement de l'agriculture surtout la riziculture (sans l'introduction des engrais), et de la pêche progressé (rendement doublé voire triplé), éducation environnementale améliorée, des activités traditionnelles développées

(vannerie, couture...), des nouvelles règles d'hygiène et de santé primaire, de nouvelles méthodes de cuisine très appréciées, un flux monétaire amélioré et enfin un grand nombre d'études, de compte rendu de recherches et des mémoires de DEA réalisés.

Objectif de la recherche

Le présent mémoire vise à évaluer l'intégrité écologique de cette forêt orientale de Madagascar afin de permettre le suivi des sauvegardes relatives à la biodiversité sous REDD+ tout en consacrant nos efforts à vérifier la présence ou non des divers agents (dispersion de graines, pollinisateur, prédateur ou proie), espèce indicatrice de dégradation et ou d'intégrité ; les différentes activités des espèces faunistiques et surtout les actions anthropiques. C'est aussi viser la préparation au projet de vente de carbone initié par l'Etat Malagasy. En un mot, c'est de savoir et évaluer l'intégrité écologique de l'écosystème. Il s'agit également de dégager les conditions écologiques et l'état dans lequel vit les différentes composantes de l'écosystème forestier en déduisant après l'évaluation si les conditions écologiques de cette forêt sont favorables à leur pérennisation pour une gestion durable dans l'objectif de pouvoir envisager ce projet de vente de carbone.

Hypothèses de la recherche

La Région Analanjirofo dispose encore des précieuses forêts. Elle possède à la fois les caractéristiques écologiques des zones orientales de basse et de moyenne altitude. Le sol est de types ferralitiques. Les types de formation végétale sont des forêts littorales et des forêts denses humides de basse altitude, d'une zone écofloristique de moyenne altitude de 800 à 1800 m. Il existe aussi une zone écofloristique orientale de basse altitude Est de 0 à 800 m, forêts littorales du Nord Est et des forêts denses humides de basse altitude ; zone écofloristique orientale de basse altitude et forêt dense humide de moyenne altitude. L'endémisme local est une caractéristique importante de l'Ecorégion Est. Les zones de la Péninsule de Masoala et de Zahamena dans le Nord-Est sont des centres d'endémisme connus pour certains insectes. On estime que la région de la Baie d'Antongil a le taux de diversité le plus élevé du pays en ce qui concerne les espèces végétales. Les pressions d'origine anthropique et leurs impacts constituent les principales menaces pour la forêt dense humide de basse altitude et pour les autres. Elles remettent en cause l'intégrité écologique de l'écosystème forestier de cette partie de Madagascar. Concernant les actions humaines, sept types ont été identifiés dans les aires protégées et leurs alentours. Le défrichement, l'occupation humaine, la diminution de la couverture forestière, la dégradation de l'habitat constituent les menaces pour la biodiversité. L'action humaine et les pressions sur les ressources naturelles et ou sur l'habitat entraînent un effet négatif comme la destruction ou le

dérangement. La culture sur brûlis ou Tavy est une pratique Betsimisaraka en défrichant la végétation existante puis en mettant le feu. En effet, des indices de dégradation et d'intégrité écologique déterminent cet écosystème forestier. Les conditions et l'état des composantes écosystémiques et humaines sont en fonction de ces indices. L'évaluation de cette intégrité et de dégradation en reste dépendante. Dans ce cas, il y a des milieux qui sont moyennement instables et stables. Les conditions écologiques actuelles de forêt de cette zone sont critiques. Si les pressions et menaces anthropiques continuent ainsi, la sauvegarde de ces forêts primaires s'avèrent difficiles voire même impossible. La nécessité de prise des mesures adéquates semble inévitable. Toutefois, l'Homme joue des rôles positifs dans l'intégrité écologique d'un milieu à travers la mise en place des structures visant à conserver et à valoriser les ressources naturelles.

Problématique

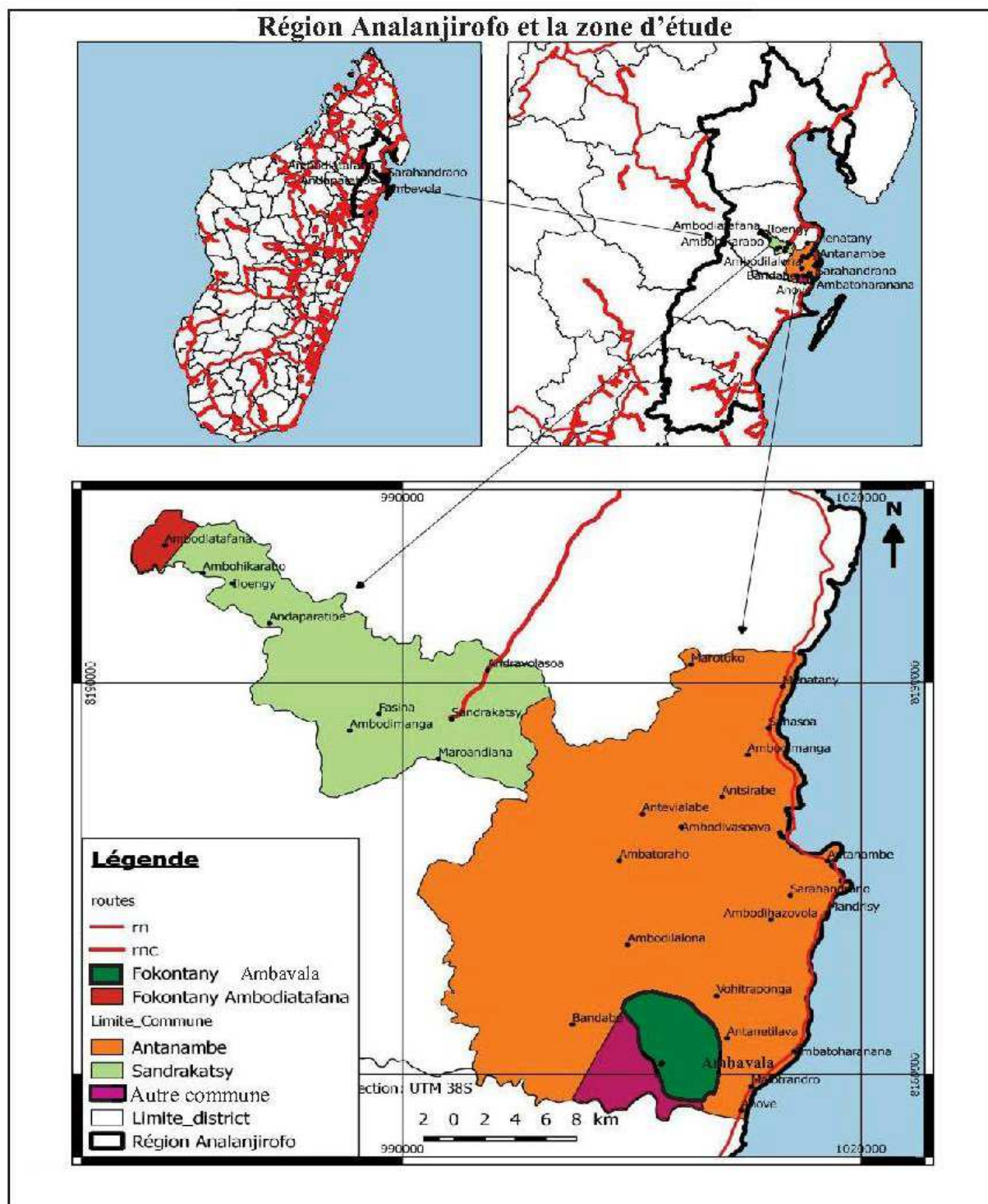
La connaissance de l'actuel degré de l'intégrité écologique des forêts dites intactes et humide de l'Est reste très importante dans le cadre du projet de vente de carbone. Pour y arriver, l'évaluation de cette intégrité est incontournable. Cette situation amène à la question principale suivante : **Comment évaluer et s'évalue-t-elle l'intégrité écologique de la forêt primaire humide sempervirente de la zone d'étude ?** Des questions secondaires devraient être ainsi posées : Quelles sont les caractéristiques originelles et actuelles de l'écosystème forestier de cette région ? Quelles sont les différentes actions de l'Homme exercées sur les forêts ? Dans quelles conditions écologiques les différentes composantes de l'écosystème vivent-elles ? Pour pouvoir répondre à ces différentes questions, il serait important de cerner l'analyse sur les trois rubriques complémentaires suivantes : en premier lieu, le cadrage conceptuel de l'intégrité écologique dans le monde et à Madagascar ; en second lieu, les caractéristiques des composantes écosystémiques et humaines des forêts primaires de la région Analanjirofo et de la zone d'étude, et en troisième et dernier lieu, l'évaluation de l'intégrité et de la dégradation écologique des forêts de la zone étudiée.

Limites de la recherche

Malgré tout notre volonté de disposer des informations les plus exhaustives possibles, l'absence de certains matériels d'inventaire comme le multimètre a handicapé les résultats. Le non maitrise de certains outils comme les jumelles nocturnes et diurnes fait partie des difficultés rencontrées. Le climat qui a été marqué par le froid et la forte pluie a gêné l'observation directe des primates et des autres animaux comme le reptile. En plus, le mauvais état de la RN5 qui provoque la modification de calendrier des activités en cas de panne de voiture rend plus compliquée la situation. Enfin, il y a eu une incohérence entre les réalités sur

terrain et les informations sur les cartes forestières utilisées pendant les travaux sur terrain, elle multiplie les discussions entre les membres de l'équipe. Ces longues discussions retardent souvent la réalisation des activités. En plus, certains centres de placette ont été déplacés en raison de la disparition des arbres causée par l'évolution incessante de coupe massive.

Croquis N° 1: Localisation de la zone d'étude



Source : BD FTM, conception : Auteur

Ce croquis montre la localisation de deux fokontany d'intervention. Le premier se localise dans la partie nord-ouest de la commune de Sandrakatsy et le second se trouve dans la partie Sud de la commune d'Antananambe.

**PARTIE I : LE CADRAGE CONCEPTUEL DE
L'ÉCOLOGIE ET DE L'INTÉGRITÉ ÉCOLOGIQUE
DANS LE MONDE ET À MADAGASCAR**

PARTIE I : LE CADRAGE CONCEPTUEL DE L'ÉCOLOGIE ET DE L'INTÉGRITÉ ÉCOLOGIQUE DANS LE MONDE ET A MADAGASCAR

CHAPITRE I- DEUX CONCEPTS MONDIAUX TRÈS ANCIENS

I-A-1 L'écologie : une discipline scientifique

I-A-1-1 Une science différente

Étymologiquement, écologie vient du mot grec « *oikos* » qui signifie maison et « *logos* » qui veut dire science. Donc, le mot désigne en une phrase la science étudiant le milieu.

L'environnement est constitué à la fois des êtres vivants existant dans le milieu naturel et des éléments non vivants qui le composent comme le sol, l'eau, l'atmosphère, le climat, l'ensemble définissant un écosystème. À l'échelle de la terre, on parle d'écosphère. L'écologie moderne est née d'une prise de conscience des effets (pollution, épuisement des ressources naturelles, disparition d'espèces vivantes, changements climatiques...) de l'activité de l'homme sur son environnement (industrie, transport, utilisation d'engrais, déchets industriels...). Elle s'intéresse donc à l'homme en tant que composante de l'écosphère ou de l'écosystème.

Une autre définition proche est l'étude scientifique des interactions qui déterminent la distribution et l'abondance des organismes vivants. Ainsi, en science, l'écologie est souvent classée dans le champ de la biologie. Cette science étudie deux grands ensembles : celui des êtres vivants ou biocénose et le milieu physique ou biotope, le tout formant l'écosystème.

L'écologie est belle et bien connue sous les noms de bioécologie, bionomie ou science de l'environnement ou environnementale, c'est la science qui étudie les êtres vivants dans leur milieu et les interactions entre eux.

Une définition généralement admise, particulièrement utilisée en écologie humaine, consiste à définir l'écologie comme étant le rapport triangulaire entre les individus d'une espèce, l'activité organisée de cette espèce et l'environnement de cette activité. L'environnement est à la fois le produit et la condition de cette activité, et donc de la survie de l'espèce.

L'acception générale dite large fait de l'écologie un domaine de réflexion très vaste, puisque par biotique il faut entendre la totalité du monde vivant : les animaux, les plantes, les

micro-organismes, mais pouvant aussi inclure les autres individus, la société... et par abiotique il faut entendre tout ce qui n'est pas vivant (les objets, la technologie, la connaissance...).

On peut noter que le terme écosystème n'est que la contraction de l'expression système écologique. Cette formulation est peu employée ; elle renvoie pourtant à la théorie des systèmes et permet de placer l'écologie dans un contexte plus général. Par ailleurs à partir du mot écosystème, l'écologie peut être définie de façon plus concrète comme étant la science des écosystèmes étant une unité d'appréhension de la nature.

Le champ scientifique du terme écologie désigne la science qui se donne pour objet les relations des êtres vivants (animaux, végétaux, micro-organismes...), avec leur habitat et l'environnement, ainsi qu'avec les autres êtres vivants. Il convient de bien distinguer l'écologie de l'écologisme qui correspond aussi à l'écologie politique qui est donc un domaine qui utilise les résultats de l'écologie scientifique dans le domaine de la gestion de la société.

Le mot écologie a été utilisé pour la première fois en 1866 par le biologiste allemand qui s'appelle Ernest Haeckel³.

Le concept d'écologie a été introduit en France par les géographes de l'école des Annales de géographie, notamment Paul Vidal de La Blache⁴ qui suivait de près surtout après 1871 les travaux allemands, notamment ceux de Friedrich Ratzel⁵. Plus spécifiquement, le terme écologie semble avoir été utilisé pour la première fois en français vers 1874.

Toutefois, l'orientation néolamarckienne⁶ prise en France à cette époque, fit que le concept se développa beaucoup plus chez les anglo-saxons⁷.

L'un des objectifs de l'écologie est de détecter, d'analyser et de combattre les dysfonctionnements éventuels d'un écosystème. Elle recherche également pour l'homme le bien-être sous la forme d'une harmonie avec son environnement naturel.

C'est en quelques sortes l'approche géosystème qui est un concept issu de la géographie soviétique introduit en France en 1968 par le géographe Georges Bertrand⁸. En tant que concept intégrateur et unificateur, la géosystème inclut l'écosystème en prenant

³ 1834-1919, biologiste, philosophe et libre penseur allemand

⁴ 1845-1918, géographe français de renom, socle du renouvellement de la géographie française à la fin du XIX^e siècle

⁵ 1844-1904, pharmacien, zoologiste puis géographe allemand

⁶ Théorie se basant sur les nouvelles découvertes génétiques et les mécanismes cellulaires

⁷ peuples germaniques qui s'installent dans l'île de Bretagne à partir du début du V^e siècle, sur un territoire qui va être appelé Angleterre, terme un peu ancien pour leur langue, le vieil anglais, les peuples qui parlent en langue anglaise

⁸ Né en 1935, géographe français, professeur à l'université de Toulouse II-Le Mirail

compte pas seulement les interactions entre le système vivant et leur environnement mais plus largement les interrelations entre le milieu biophysique et les activités de la société humaines. Son objectif est entre autre d'aborder de manière globale les rapports entre nature et société en s'appuyant sur une démarche systémique. Ce concept qui représente le système géographique est à l'origine de la définition de l'écosystème.

En tant que discipline scientifique, l'écologie a des principes fondamentaux. Le premier principe de l'écologie est que chaque être vivant est en relation continue avec tout ce qui constitue son environnement. On parle d'écosystème pour caractériser une interaction durable entre des organismes et un milieu. Elle est une science qui étudie les écosystèmes à plusieurs niveaux ou multiscalaires : la population en tant qu'individus de la même espèce, la biocénose ou communauté d'espèces et les écosystèmes des différents habitats marins, aquatiques, terrestre... et la biosphère. La Terre, d'un point de vue écologique, comprend plusieurs systèmes : l'hydrosphère ou sphère de l'eau, la lithosphère ou sphère du sol et l'atmosphère ou sphère de l'air. La biosphère s'insère dans ces systèmes terrestres, elle est la partie vivante de la planète, la portion biologique qui abrite la vie qui se développe.

Le fonctionnement des écosystèmes est essentiellement basé sur la conversion de l'énergie solaire en énergie chimique par les organismes autotrophes, grâce à la photosynthèse, il existe aussi une chimiosynthèse sans utilisation de l'énergie solaire. Cette dernière aboutit à la production de sucres et à la libération d'oxygène. Ce dernier est utilisé par un grand nombre d'organismes autotrophes comme hétérotrophes pour dégrader les sucres par la respiration cellulaire, libérant ainsi de l'eau, du dioxyde de carbone et l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. Ainsi, l'activité des êtres vivants est à l'origine de la composition spécifique de l'atmosphère terrestre, la circulation des gaz étant assurée par de grands courants aériens.

De même, la composition des sols est la résultante de la décomposition de la roche-mère, de l'action géologique et des effets cumulatifs des êtres vivants.

Pour mieux comprendre le fonctionnement de la biosphère, l'équilibre énergétique et les dysfonctionnements liés à l'activité humaine, des scientifiques américains ont réalisé, sous serre, un modèle réduit de la biosphère, appelée Biosphère II⁹.

⁹ ou Biosphère 2, site expérimental d'une superficie de 1,27 ha construit pour reproduire un système écologique artificiel clos situé à Oracle, dans le désert de l'Arizona, en bordure des monts Santa Catalina

L'écosystème est analytiquement différencié en deux ensembles qui interagissent. Le biotope, ou milieu de vie, est classiquement caractérisé par un ensemble de paramètres géologiques, géographiques et climatologiques, dits facteurs écologiques abiotiques. En réalité le sol est vivant, le climat et divers paramètres géographiques écopaysagers sont en permanence rétrocontrôlés par le vivant, et évoluant, avec des périodes de crise vers une complexité croissante. La biocénose est un ensemble de populations d'êtres vivants, plantes, animaux, microorganismes. Chaque population est le résultat des procréations entre individus d'une même espèce et cohabitant en un lieu et en un temps donné. Lorsqu'une population présente un nombre insuffisant d'individus, l'espèce risque de disparaître, soit par sous-population, soit par consanguinité. Une population peut se réduire pour plusieurs raisons, par exemple, disparition de son habitat par la destruction d'une forêt ou par prédation excessive telle que la chasse d'une espèce donnée.

La notion d'écosystème est théorique : elle est multiscalaire, c'est-à-dire qu'elle peut s'appliquer à des portions de dimensions variables de la biosphère ; un étang, une prairie, ou un arbre mort.

La biocénose se caractérise par des facteurs écologiques biotiques de deux types : les relations intraspécifiques et interspécifiques.

Les relations intraspécifiques sont celles qui s'établissent entre individus de la même espèce, formant une population. Il s'agit de phénomènes de coopération ou de compétition, avec partage du territoire, et parfois organisation en société hiérarchisée.

Les relations interspécifiques, c'est-à-dire celles entre espèces différentes, sont nombreuses et décrites en fonction de leur effet bénéfique, délétère ou neutre par exemple, la symbiose (relation ++ ou la compétition relation --). La relation la plus importante est la relation de prédation. La niche écologique est ce que partagent deux espèces quand elles habitent le même milieu et qu'elles ont le même régime alimentaire. Toutefois, selon le principe de l'exclusion compétitive, deux espèces ne peuvent pas partager une niche écologique identique, en raison de leur compétition: l'espèce la mieux adaptée finira par supplanter l'autre.

Les interactions existantes entre les différents êtres vivants s'accompagnent d'un brassage permanent de substances minérales et organiques, absorbées par les êtres vivants pour leur croissance, leur entretien et leur reproduction, et rejetées comme déchets. Ces recyclages permanents des éléments en particulier le carbone, l'oxygène et l'azote ainsi que

l'eau sont appelés cycles biogéochimiques. Ils confèrent à la biosphère une stabilité durable tout du moins en dehors des interventions humaines et des phénomènes géoclimatiques exceptionnels. Cette autorégulation assure la pérennité des écosystèmes et se manifeste par une très grande constance de la concentration des divers éléments présents dans chaque milieu. On parle d'homéostasie. L'écosystème tend également à évoluer vers un état théorique d'équilibre idéal, le climax.

Les écosystèmes ne sont pas isolés les uns des autres, mais interdépendants. Par exemple, l'eau circule de l'un à l'autre par le biais de la rivière ou du fleuve. Le milieu liquide lui-même définit des écosystèmes. Certaines espèces, telles les saumons ou les anguilles d'eau douce passent d'un système marin à un système d'eau douce et vice-versa. Ces relations entre les écosystèmes ont amené à proposer la notion de biome.

Les biomes correspondent assez bien à des subdivisions réparties latitudinalement, de l'équateur vers les pôles, en fonction du milieu aquatique, terrestre, montagnard et du climat, la répartition est généralement fondue sur les adaptations des espèces au froid et ou à la sécheresse.

Ces divisions sont assez schématiques mais, globalement, latitude et altitude permettent une bonne représentation de la répartition de la biodiversité au sein de la biosphère. Très généralement, la richesse en biodiversité, tant animale que végétale, est décroissante depuis l'équateur comme au Brésil jusqu'aux pôles.

Un autre mode de représentation est la division en écozones, laquelle est aujourd'hui très bien définie et suit essentiellement les bordures continentales. Les écozones sont elles-mêmes divisées en écorégions, quoique la définition de leurs contours soit plus controversée.

A Madagascar, le sens du mot écologie est peu connu (mal maîtrisé) malgré son utilisation dans différents domaines tels que l'environnement. Depuis la création de la Direction Générale de l'Ecologie au sein de la MEEF en 2015, le mot est devenu de plus en plus utilisé et il commence à se distinguer par rapport à celui de l'Environnement qui signifie d'une manière générale la pollution de l'air, de l'eau.... Le contexte international oblige la grande Ile à développer un peu plus le champ lorsqu'on parle de l'écologie. Actuellement, le concept de transition énergétique face aux problèmes de l'épuisement des ressources surtout en énergie fossile est plus connu surtout pour Madagascar avec les problèmes de la JIRAMA. L'utilisation du mot écologie sous-entend des alternatives, ce qui explique aujourd'hui la naissance des concepts « alternative écologique, PSE... » depuis une décennie à l'échelle

mondiale et à Madagascar. Cette institutionnalisation du concept montre que ce dernier fait partie des secteurs clés pour le développement du pays. Sur le domaine de l'énergie, cette alternative sous-entend l'utilisation de l'énergie renouvelable comme l'énergie éolienne, l'énergie hydroélectrique, l'énergie thermique, énergie de biomasse et surtout l'énergie solaire (photovoltaïque)... en lieu et en place de l'énergie épuisable (énergie fossile).

I-A-1-2 Une science multidisciplinaire en relation avec la géographie

L'écologie fait partie des sciences biologiques de base qui concernent l'ensemble des êtres vivants. Il existe en biologie divers niveaux d'organisation, celui de la biologie moléculaire, de la biologie cellulaire, la biologie des organismes (au niveau individu et organisme), l'étude des populations, l'étude des communautés, les écosystèmes et la biosphère. En effet, l'écologie est fortement liée à d'autres branches de la biologie, principalement, la génétique des populations, la physiologie, l'éthologie et les sciences de l'évolution. Elle est également en lien avec la géologie pour l'étude de l'environnement abiotique. Elle doit donc faire appel à de multiples disciplines scientifiques, comme la biologie, la chimie, la physique, la climatologie, les mathématiques, surtout la géographie...

En analysant sa liaison à la géographie, l'écologie est une science qui a plusieurs champs scientifiques. L'écologie des paysages en est un qui illustre de façon très claire quelques problèmes liés au traitement de la question de la biodiversité par les disciplines scientifiques. Par les termes qui composent son nom, elle relève à la fois de l'écologie et d'une des sciences humaines qui s'est le plus directement intéressées aux paysages : la géographie. Toutefois, les écologues lui ont reproché de n'être qu'une technique de description de formes sans compréhension de processus et les sciences humaines ont quelques méfiances pour ce qui peut apparaître comme une méthode d'analyse qui exclut la profondeur humaine et esthétique des paysages.

Cependant, la prise de conscience des changements d'utilisation des terres (l'urbanisation, déforestation, intensification de l'agriculture...) montre que les objets de la géographie et de l'écologie du paysage sont en rapport. En géographie, l'analyse des paysages a souvent été liée aux problèmes environnementaux. L'homme n'est plus effrayé par les forces immenses de la nature mais par les résultats de sa propre action : paysages détériorés, dévastés ou hostiles qui sont son œuvre. Une science des paysages n'a jamais été aussi nécessaire.

Mais le fait que l'analyse des paysages puisse contribuer à résoudre des problèmes d'environnement n'éclaircit pour autant le statut de l'écologie du paysage par rapport à la géographie et par rapport à la place qu'y occupe l'analyse des paysages.

En géographie, affirmer que, au-delà des apparences, les paysages sont le résultat de processus écologiques et socio-économiques renvoie à un débat assez vif sur le statut de la nature et sur la manière de la considérer dans le travail scientifique ainsi que sur la validité des approches subjectives et objectives du paysage.

Lire et comprendre un paysage demande de prendre en compte à la fois des réalités immédiatement visibles, des objets, et les relations qu'ils entretiennent, des processus. Ce processus qui permet d'expliquer que les dynamiques sont nombreuses et imbriquées. Il peut s'agir de processus écologiques relevant des cycles biogéochimiques, de la physiologie, de la démographie ainsi que de toute la gamme des interactions biotiques (compétition, facilitation...). Des processus géographiques interviennent également : érosion, stratégie d'appropriation et d'utilisation des sols, systèmes de production et d'échanges, aménagements. Enfin les processus peuvent être d'ordre politique et social : politiques publiques, conceptions normatives des paysages.

L'écologie de paysage offre un corpus d'hypothèses et d'outils qui en font une plateforme d'échange interdisciplinaire entre sciences humaines étudiant le paysage et approches écologiques intégrant la variable spatiale. Les outils de modélisation multi-agents permettent, dans ce contexte, de formaliser des relations entre processus écologiques et processus sociaux et économiques intégrés par la géographie.

Pour les géographes, le paysage est ainsi un lieu où interagissent de nombreux facteurs expliquant l'hétérogénéité de l'espace. Il est composé d'éléments visibles qui prennent sens dans un contexte culturel donné. Cette démarche n'est pas en opposition avec l'analyse d'un paysage par certains écologues dont la démarche consiste à identifier dans le paysage les éléments les plus significatifs pour tel ou tel fonctionnement écologique. La façon dont les hommes se saisissent d'un paysage, y cheminent, en exploitent les ressources, en modifient intentionnellement ou non les états, laisse des traces qui ont parfois évidentes et qui sont devenus patrons... Le paysage est conçu comme un système d'interaction entre les hommes et leur environnement.

L'écologie de paysage, une sous discipline de l'écologie fait appel à d'autres disciplines comme la géographie. Les géographes peuvent activement contribuer aux recherches en écologie des paysages, notamment en mettant en évidence les processus

relevant des logiques d'utilisation de l'espace dans des recherches interdisciplinaires en prenant en compte les faits écologiques et humains.

Plusieurs disciplines sont dérivées de l'écologie. La définition large du terme écologie ouvre, sur le même principe de l'interaction entre un individu et son milieu, à une quantité très importante de domaines de réflexion, et sont classées dans l'écologie de nombreuses disciplines comme Agroécologie, biogéographie, Ecologie appliquée, Ecologie animale, Ecologie aquatique, Ecologie humaine, Macroécologie, Paléoécologie, Ecologie sociale, Ecologie des sols, Ecologie tropicale, Ecologie végétale,...

Toujours en partant de la définition large du terme écologie, celle-ci joue un rôle important en tant que générateur d'interactions interdisciplinaires en reliant des domaines tels que l'économie, la sociologie, la psychologie, la géonomie, l'urbanisme, l'architecture, la santé individuelle et la santé publique, l'agriculture, le design, l'éducation, la technologie, le travail, le bien-être, la production industrielle et l'organisation sociale. L'ensemble de ces réflexions interdisciplinaires est souvent rassemblé sous le terme écologie politique.

I-A-2) Notion générale sur l'intégrité écologique

I-A-2-1 Définitions

L'intégrité écologique est une expression clé de notre étude. C'est un concept assez complexe et qui mérite d'être maîtrisé pour réussir la présente recherche. Pour cela, il est strictement indispensable d'y apporter quelques précisions en définissant en premier lieu le premier mot et puis en deuxième la définition proprement dite de l'expression.

Le concept d'intégrité, vient du mot latin *integrītas* qui sous-entend la qualité d'être intègre et la pureté des saintes vierges au sens de l'absence de mauvaise intention. Ce qui est intègre est un tout, c'est une chose qui est dans son entier et qui ne manque d'aucune de ses parties.

De manière générale, l'intégrité écologique désigne le degré d'intégrité d'un milieu naturel, un paysage, un écosystème, un cours d'eau ou une zone biogéographique. Un territoire est "intègre" s'il n'est pas écologiquement fragmenté, ou si sa connectivité écologique est suffisamment conservée pour que son écopotentialité ou ses fonctionnalités puissent s'exprimer et pour qu'il puisse continuer à fournir ses services écologiques. C'est une des conditions nécessaires au bon état écologique visée par plusieurs directives européennes et textes réglementaires nationaux en Europe.

Toutefois, l'intégrité écologique n'exclut pas l'Homme. Au contraire, ce dernier y tient une place très importante. Depuis que l'Homme a commencé à maîtriser l'influence du milieu naturel sur lui en remettant en cause le déterminisme physique et en mettant en relief la possibilité de le façonner (possibilisme) d'après les géographes, il joue un rôle positif et souvent négatif. Pour le rôle positif, l'intervention humaine s'inscrit dans le cadre de la mise en place des mesures conservatives des ressources naturelles par la création de fond pour financer tout engagement ayant comme objectif la préservation de la nature et par la mise en place des structures de gestion à l'occurrence le VOI, la COBA, la GELOSE, la MNP... si on prend l'exemple de Madagascar. Son rôle négatif se traduit par les activités qui provoquent la dégradation et l'épuisement de ces ressources. En effet, l'Homme est au centre lorsqu'on parle de cette intégrité et il fait partie une des composantes de l'écosystème.

Il existe un Indice d'Intégrité Ecologique sous le sigle IIE ou IBI en anglais pour Index of Biological Integrity qui est l'un des outils scientifiques de l'évaluation environnementale d'un paysage. Au contraire, il y a également des indices de dégradation écologique.

D'autre part, l'intégrité écologique permet de désigner l'état d'un système écologique. Elle veut dire qu'un milieu n'est pas écologiquement fragmenté pouvant empêcher une ou plusieurs espèces vivantes de se déplacer comme elles le devraient au point d'avoir tout perdu ou partie de ses fonctionnalités écologiques. Il est important de signaler qu'il y a des définitions plus nuancées et qui existent selon les pays où le contexte de l'utilisation du concept est différent.

I-A-2-2 L'intégrité écologique : un concept mondial

En Europe francophone¹⁰, la notion d'intégrité écologique ou écopaysagère évoque aussi la non-fragmentation des écosystèmes par des infrastructures de transports quasi-infranchissables par la plupart des espèces ou par des zones polluées ou très artificialisées hostiles à la faune, à la flore, aux champignons...

Dans un écosystème, les liens qui unissent les composantes écosystémiques surtout les espèces sont le plus souvent d'ordre alimentaire. En géographie de l'environnement, c'est la chaîne alimentaire. On distingue schématiquement trois catégories d'organismes : les

¹⁰ Qui parle habituellement en partie ou en totalité le français qui est la langue véhiculaire

producteurs ou les végétaux chlorophylliens, qui consomment de la matière minérale et produisent de la matière organique. Ce sont les autotrophes. Les consommateurs ou les animaux, qui peuvent être de premier ordre ou phytophage, les carnivores de deuxième ordre ou plus et qui sont des hétérotrophes ; les décomposeurs ou les bactéries, les champignons qui dégradent les matières organiques de toutes les catégories, et restituent au milieu les éléments minéraux. Ces relations forment des séquences, où chaque individu mange le précédent et est mangé par celui qui le suit, on parle de chaîne alimentaire en théorie ou de réseau trophique.

Ces notions ont aussi donné naissance aux termes biomasse ou masse totale de matière vivante en un lieu donné, productivité primaire caractérisée par un accroissement de la masse des végétaux pendant un temps donné et productivité secondaire avec une masse de matière vivante produite par les consommateurs et les décomposeurs en un temps donné.

Ces deux dernières informations sont essentielles, puisqu'elles permettent d'évaluer le nombre d'êtres vivants pouvant être supportés par un écosystème donné, ce qu'on nomme la capacité porteuse. En effet, l'observation d'un réseau alimentaire montre que toute l'énergie contenue au niveau des producteurs n'est pas totalement transférée au niveau des consommateurs. Ainsi, d'un point de vue énergétique, est-il plus intéressant pour l'homme de se comporter en consommateur primaire de se nourrir de grains et de légumes qu'en consommateur secondaire de se nourrir de viande bovine, et plus encore qu'en consommateur tertiaire en se nourrissant de carnivores.

Les actions humaines des derniers siècles ont porté à réduire notablement la surface forestière dite déforestation et à augmenter les agroécosystèmes par la pratique de l'agriculture. Ces dernières décennies, une augmentation de la surface occupée par des écosystèmes extrêmes est observée menant à la désertification.

D'une façon générale, une crise écologique est ce qui se produit lorsque l'environnement biophysique d'un individu, d'une espèce ou d'une population d'espèces évolue de façon défavorable à sa survie. On utilise également le concept de crise biologique. Il peut s'agir d'un environnement dont la qualité se dégrade par rapport aux besoins de l'espèce, à la suite d'une évolution des facteurs écologiques abiotiques par exemple, lors d'une augmentation de la température, de pluies moins importantes. C'est aussi un environnement qui devient défavorable à la survie de l'espèce ou d'une population à la suite d'une modification de l'habitat. Enfin, il consiste également d'une situation qui devient défavorable

à la qualité de vie de l'espèce ou de la population à la suite d'une trop forte augmentation du nombre d'individu ou surpopulation.

En France, le guide méthodologique¹¹ réalisé en 2009 pour la Trame verte et bleue¹² précise que :

- la continuité écologique transversale entre le cours d'eau et les zones humides annexes, s'avère pertinente à préserver, en évitant ou supprimant tout obstacle aux échanges physiques et biologiques, telles que protections de berges, digues, ou autre a ménagement propice à sa canalisation. Cela concerne principalement les espèces ayant des sites de reproduction, de nutrition et d'hivernage distincts de sorte qu'elles sont obligées d'effectuer des migrations saisonnières dans les annexes fluviales.

-La continuité longitudinale concerne principalement les espèces ayant des sites de reproduction, de nutrition et d'hivernage distincts de sorte qu'elles sont obligées d'effectuer des migrations saisonnières le long du gradient amont-aval.

Au Canada, l'intégrité écologique est définie par la commission sur l'intégrité des parcs nationaux du Canada de la manière suivante. C'est l'état d'un écosystème ayant toutes les caractéristiques d'un milieu naturel où il se trouve, ou bien par la composition et l'abondance des espèces indigènes et des communautés biologiques ainsi que par le rythme des changements et le maintien des processus écologiques et des processus géographiques. En géographie, il s'agit d'une notion essentielle pour comprendre le changement spatial. Parler de processus en analyse spatiale signifie que l'on a identifié les principes qui régissent telle ou telle séquence spatio-temporelle. C'est un processus qui permet par exemple de comprendre les logiques de production ; de reproduction ou de transformation des systèmes ou des structures spatiales. Dans ce cas les écosystèmes sont dits globalement intègres lorsque leurs composantes indigènes abiotiques et biotiques (plantes, animaux et autres organismes) et leurs processus comme la croissance et la reproduction ou le déroulement des cycles biogéologiques et naturels sont intacts (dunes ou berges non fixées, clarières et lisières non fixées, etc.).

¹¹ Guide identifiant les enjeux nationaux et transfrontaliers relatifs à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques et comportant un volet relatif à l'élaboration des schémas régionaux de cohérence écologique

¹² réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de planification de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements

Cette notion chez les anglosaxons s'appelle souvent celle d'écosystème en bonne santé que la DCE désigne par bon état écologique des écosystèmes aquatiques et du bassin versant.

En écologie du paysage, le principal facteur d'intégrité est le fait qu'un espace ne soit pas fragmenté par exemple par des infrastructures de transport ou une pollution du milieu par des insecticides, fongicides ou désherbants ou d'autres facteurs tels que la pollution lumineuse pour l'environnement nocturne et le défrichement suivi d'incinération.

Si les milieux naturels d'un espace sont préservés, sans être fragmenté pour les espèces qui l'occupent ou qui devraient naturellement l'occuper, on dit qu'il y a intégrité écopaysagère, situation généralement associée à un haut degré de naturalité.

En Afrique, Amérique, Océanie et Asie, le sens de l'expression est inspiré à partir de la langue européenne que chaque pays utilise. En Afrique francophone, elle a le même sens qu'en Europe francophone. C'est le cas identique pour les pays anglophones qui tiennent compte de la traduction anglo-saxon du terme. Pour Madagascar, ce concept n'est pas encore trop développé. Le projet de vente de carbone de l'Etat malagasy conduit à son développement par la réalisation des prochains inventaires écologiques des différents écosystèmes forestiers de Madagascar (Forêt sèche de l'Ouest, Tapia, Mangrove...,) visant à évaluer leur intégrité écologique. L'IEFN₀ réalisée en 1996 est différente de celui réalisé récemment en termes de méthode et des résultats attendus.