

Rapport Vahatra

Caractérisation des unités paysagères et identification des besoins des populations

LEO BONNIN ET ROMANE FRELAND, 2023.

Table des matières

Table des matières	1
Table des figures.....	2
Remerciements	3
1.Introduction.....	4
2.Matériel et méthode	6
2.1 Site d'étude.....	6
2.2. Récolte des données.....	8
2.2.1. Données qualitatives sur le profil des espaces et leurs interactions.....	8
2.2.2. Données quantitatives sur l'usage des espaces	9
2.2.3. Données géographiques et écosystémiques	9
2.2.4. Analyse télédétection	9
3.Résultats.....	10
3.1 Composition et dynamique des paysages	10
3.1.1 Composition paysagères selon la carte de la couverture terrestre	10
3.1.2 Composition et dynamique des savanes et des steppes.....	10
3.1.3 Composition et dynamique des forêts	11
3.1.4 Composition et dynamique des zones sableuses arborées.....	12
3.1.5 Composition et dynamique des zones de transition	12
3.1.6 Composition et dynamique des zones dégradées.....	12
3.2 Perceptions et usages des paysages.....	13
3.2.1 Plantations.....	13
3.2.2 Savanes et steppes	13
3.2.3 Forêts.....	13
3.2.4 Zone sableuse arborée	14
3.3 Approche socio-écologique des dynamiques paysagères	14
4.Discussion	14
Conclusion	15
Sources / Bibliographie.....	15

Table des figures

Figure 1 : Les 5 axes d'analyse de l'association VAHATRA, pour mener à bien le projet de boisement/reboisement	6
Figure 2 : Localisation géographique de la région Sophia et du district d'Analalava (source : FTM 2000).....	7
Figure 3 : Localisation des trois zones d'étude	8
Figure 4 : Chaîne de traitement utilisée par C.Demichelis (Demichelis, 2020).....	10
Figure 5 : Liste des bandes du satellite Sentinel-2 (source : researchgate).....	11
Figure 6 : Longueurs d'onde détectées selon les capteurs utilisés (source : geoafrika).....	11
Figure 7 : Classification SCP de la zone d'étude	12
Figure 8 : Procédure suivie pour séparer les espaces forestiers des autres espaces	12
Figure 9 : Segmentation (baie de Moramba)	13
Figure 10 : Carte NDVI au niveau d'Analalava (points GPS relevés en orange)	13
Figure 11 et 12 : Savane arborée (en haut) (Ampasindava , 14°49'44.89''S 47°25'03.81''E) ; Steppe (en bas) (Analalava, 14°38'00.96''S 47°46'24.82''E)	15
Figure 13 et 14 : L'espèce <i>Adansonia rubrostipa</i> [Fony] qui domine les forêts secondaires semi-décidues sur sol rocheux, à Ambalatsingy (gauche) ; à Ampasmena (droite)	16
Figure 15 : Tanne (Ankatakatabé, 14°31'58.29''S 47°43'57.06''E)	16
Figure 16 : Zone sableuse arborée (Ambalatsingy, 14°54'57.17''S 47°22'16.49''E)	16
Figure 17 : Dynamiques paysagères en fonction des facteurs écologiques et anthropiques.....	19

Table des annexes

Annexe 1 : Description des 5 axes d'étude majeurs que souhaite réaliser Vahatra	24
Annexe 2 : Protocole des focus group	25
Annexe 3 : Objectif et fonctionnement du questionnaire	27
Annexe 4 : Fiche type du questionnaire à utiliser lors des focus group	28
Annexe 5 : Protocole d'analyse du sol	30
Annexe 6 : Fiche méthode d'analyse du sol.....	31
Annexe 7 : Essence d'arbres retrouvées dans les forêts primaires	38

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulé de notre stage et à la rédaction de ce rapport.

Dans un premier temps, misaotra monsieur Antho, pour son accueil chaleureux à Analalava, et pour avoir organisé toute la partie logistique en amont et tout au long de la mission, sans qui ce projet n'aurait pu avoir lieu. Merci pour sa bienveillance et sa bonne humeur pendant ces 3 mois de stage.

Misaotra Herman Rasolofoniaina et Parfait Velomanana, qui ont fait partie intégrante de ce travail, que cela soit dans la mise en place du protocole, sur le terrain, pendant les focus group pour la traduction, ou encore dans l'analyse au retour des phases de terrain. Misaotra pour leur bonne humeur et leur générosité tout au long de ces 3 mois de stage.

Misaotra Salimo Mananjara pour son apport de connaissances sur les mangroves, pour la logistique sur le terrain avec Herman, et pour sa joie de vivre au quotidien.

Nous remercions Christophe DEMICHELIS (chercheur à l'IRD de Toulouse), notre tuteur de stage, pour nous avoir fourni son aide et ses travaux comme support de travail.

Merci à madame Victoire pour sa bienveillance et son hospitalité, ainsi qu'à sa belle-fille Francine pour son aide dans nos tâches quotidiennes, sans qui nous n'aurions pas autant apprécié nos moments de détente à la maison.

Nos pensées vont également à Eliat, qui a su nourrir nos estomacs pendant trois mois avec beaucoup de créativité. Son accueil chaleureux et sa cuisine d'exception auront su ajouter un peu de bonne humeur dans chacune de nos journées.

Nous tenions également à remercier Josselin pour son aide pour les phases de traitement sur QGIS.

Enfin merci à tous les habitants des villages d'Ambalahonko, Ambalatsingy, Ampasindava, Ampasimena, Analalava, Antanimbaribe, et Ankatakatabe, pour leur hospitalité et leurs connaissances, sans qui nous n'aurions pas pu mener à bien notre étude sur leurs territoires.

1. Introduction

De 1953 à 2014, l'île de Madagascar a perdu 44 % de ses forêts naturelles. Chaque année, c'est près de 150 000 hectares qui disparaissent pour satisfaire des besoins agricoles (Benmakhlouf, 2020). En 2002, les autorités ont alors tenté la mise en place de mesures drastiques pour empêcher l'accès aux forêts, mais cela n'a fait que l'effet inverse (ENS, 2013). De nombreux auteurs ont pointé l'insuffisance de ces politiques de conservations par l'exclusion (A. Bertrand, N. Rabesahala Horning et P. Montagne, 2009). En 2003, lors du congrès mondial des aires protégées, le président de la République Malagasy a engagé son pays dans une extension très importante des surfaces des aires protégées sur les 5 ans à venir. Cependant, les « populations riveraines restaient résidentes en forêt et les marchés n'avaient pas pour autant cessé d'écouler produits forestiers ligneux et non ligneux » (A. Bertrand, N. Rabesahala Horning et P. Montagne, 2009).

Des études usant de la télédétection ont depuis été menées pour faire un état des lieux de la couverture forestière (Chatelain, C., Hanitrarivo, M. R., Rakotozafy, B. F. L., Bolliger, R., Luino, I., Ranirison, P. & Gautier, L. 2013) et pour montrer l'ampleur de la dégradation forestière (Tahinarivony, J. A., Rasoanaivo, N. S., Rasolofo, N., Ranirison, P., Edmond, R. & Gautier, L. 2017). L'étude réalisée ici, en plus d'analyser des données issues de la télédétection, va y associer des données collectées localement, auprès des communautés. Cette combinaison d'informations a pour objectif de permettre une meilleure compréhension des dynamiques paysagères et une analyse plus poussée de la couverture terrestre.

L'étude ici rédigée, s'inscrit dans la phase préliminaire d'un objectif de boisement¹ et reboisement² avec succès mené par l'association VAHATRA. Celle-ci souhaite des techniques adaptées aux besoins des populations et au changement climatique. 5 axes d'étude sont alors déterminés (et détaillés en annexe 1). Chacun de ces piliers représente une étude, une analyse poussée, basée sur des connaissances locales et scientifiques.

¹ Mise en place d'une couverture arborée plus ou moins continue, généralement par plantations, sur des terres qui n'étaient pas boisées auparavant. (UICN 2005)

² Restauration de la couverture forestière sur des terres récemment déboisées, par plantations, activation des processus naturels de régénération ou une combinaison des deux. (UICN 2005)

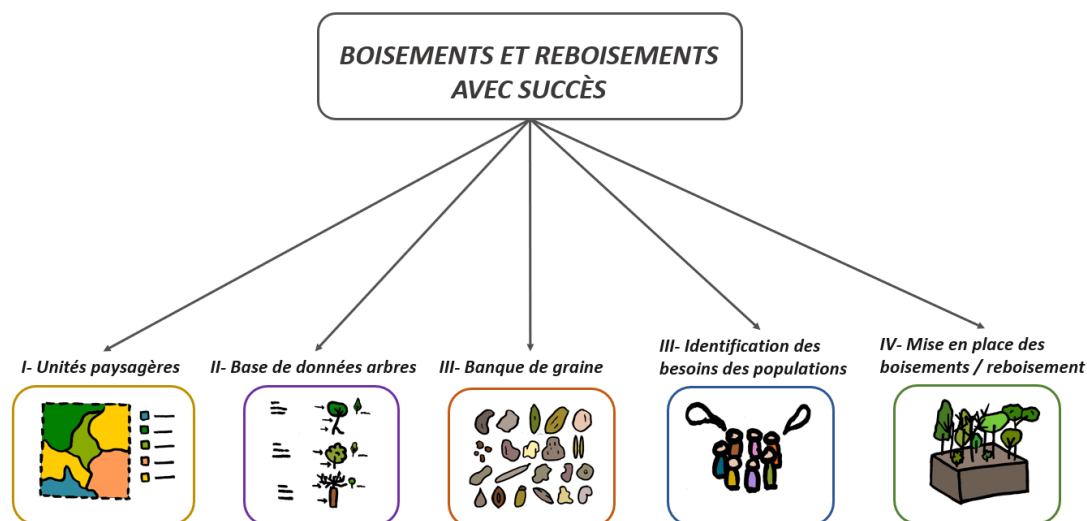


Figure 1 : Les 5 axes d'analyse de l'association VAHATRA, pour mener à bien le projet de boisement/reboisement

L'objectif est alors de fournir une cartographie des unités paysagères (accompagnée de fiches techniques décrivant chacune d'entre elles) pour permettre à tous les acteurs (état, population, ONG de développement, ONG de l'environnement, etc.) de connaître les paramètres écologiques de leur zone de travail et donc d'améliorer les techniques de boisement/reboisement. Une partie sur l'identification des besoins actuels et futurs des populations aura également lieu.

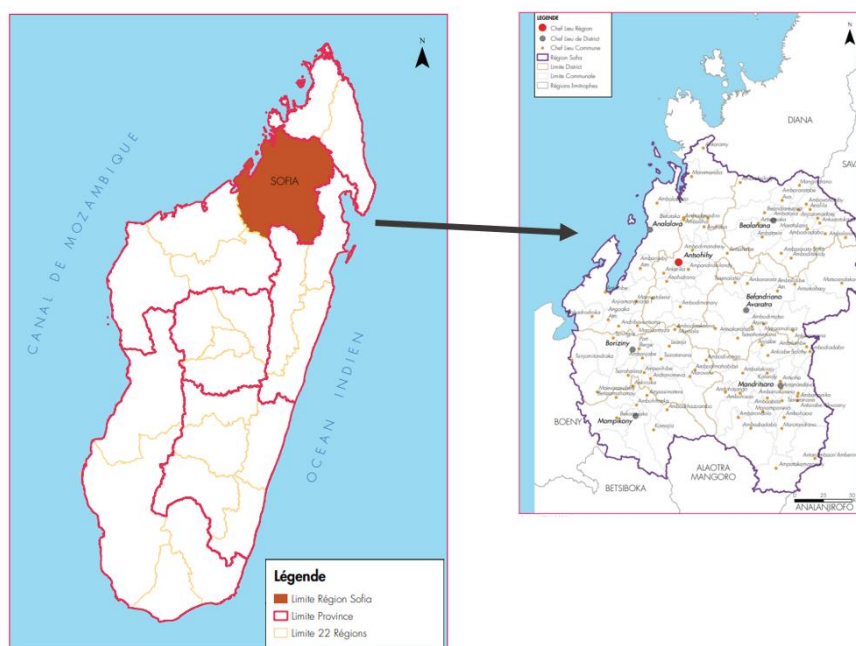
Pour ce travail de cartographie, la méthode se calque entièrement sur le travail produit par monsieur Christophe Demichelis, chercheur à l'IRD de Toulouse. Il publie en 2020 sur le Congo, puis en 2023 sur le Gabon, une analyse multidimensionnelle des dynamiques territoriales visant à montrer l'importance des pratiques humaines, des perceptions de la couverture terrestre et de la structure de l'utilisation des terres, dans l'analyse des études sur la couverture terrestre.

L'objectif de ses articles est de décrire et d'analyser les dynamiques territoriales en utilisant les connaissances locales et la télédétection. En effet, à elle seule, l'approche par la télédétection ne suffit pas pour étudier la couverture terrestre. Des connaissances locales (écologiques notamment) sont alors nécessaires pour la prise en compte des interactions de l'homme avec son environnement, pour comprendre le système socio-écologique et les dynamiques paysagères qui en découlent.

2. Matériel et méthode

2.1 Site d'étude

Située dans l'océan Indien au Sud-Est du continent africain, Madagascar est une île divisée en 6 provinces. Au Nord-Ouest, dans la province de Mahajanga, se trouve la région Sophia (Figure 2). Elle couvre une superficie de 52 503 km² et se compose de 7 districts, dont celui d'Analalava (Figure 2). District de 10 070 km² où l'étude est menée (MONOGRAPHIE, 2013).



Bordée à l'Ouest par le canal du Mozambique et située au pied des hautes terres, la région possède trois grands types de reliefs bien distincts : les plateaux, les plaines et la côte. Elle dispose également de vastes bassins hydrographiques et d'un grand nombre de cours d'eau qui alimentent les rivières et favorisent l'écoulement des fleuves jusqu'au canal du Mozambique. Le régime hydrographique de la région est caractérisé par de grandes crues, lors de la saison des pluies, qui inondent une grande partie des plaines et des baiboho³. En effet, le climat de la région est Sub semi-humide avec deux saisons principales : une saison sèche de mai à octobre; et une saison humide de novembre à avril. La transition entre les deux saisons répond à une météo très imprévisible d'une année sur l'autre. (MONOGRAPHIE, 2013)

Le district d'Analalava étant sur une zone côtière, il ne répond pas aux mêmes températures que dans la zone dites des hautes terres. La température annuelle moyenne y est plus élevée avec 25 °C. De la même manière, à l'inverse de l'hétérogénéité culturelle de la région, le district possède une forte majorité du groupe ethnique : les pêcheurs Sakalava. (MONOGRAPHIE, 2013)

A l'intérieur du district, trois zones d'études ont été ciblées : Ambalahonko, Moramba et Analalava (Figure 3). Dans ces aires géographiques (Figure 3), 7 villages [fokontany] ont été visités : Ambalahonko,

³ Baiboho : Sols alluviaux récents, profonds, humide et productifs qui peuvent être régulièrement inondés par les crues de saison des pluies, et dans lesquels se maintient, en saison sèche, une nappe phréatique peu profonde. Lapaire, Jean-Pierre. 1976. « L'évolution Récente Des "baiboho" Du Nord-Ouest (Région de Mampikony - Port-Berge) ». *Madagascar: Revue de Géographie*, n° 29: 117-54.

Ambalatsingy, Ampasindava, Ampasmena, Analalava, Antanimbaribe, et Ankatakatabé. Au totale, c'est une surface d'environ 6 500 km² qui sera cartographiée.

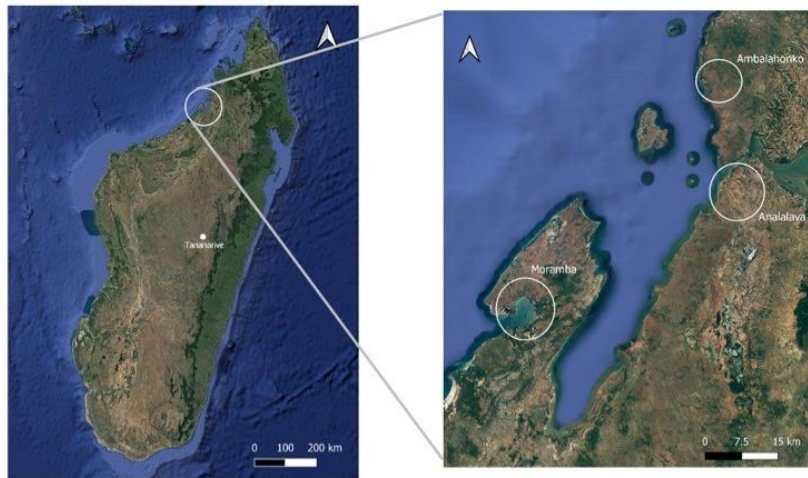


Figure 3 : Localisation des trois zones d'étude

.3. 2.2. Récolte des données

Afin de prendre en compte l'approche socio-écologique pour étudier les paysages, des données qualitatives et quantitatives sont nécessaires. (DEMLICHELIS, 2023)

Comme expliqué en introduction, la méthodologie de cette étude se base essentiellement sur le travail de M. Demichelis et comportera une phase immersive de récolte de données sur le terrain d'environ 1 mois. Il y a eu des phases de discussion avec les populations et des phases d'observation sur le terrain, pour comprendre la composition et les dynamiques des paysages. A noter que toutes les informations, relatives aux usages et besoins des populations, apparaissant dans cet écrit proviennent directement des expériences terrains avec les focus group, les guides et les discussions non officielles qu'il y a pu avoir.

2.2.1. Données qualitatives sur le profil des espaces et leurs interactions

Pour commencer l'étude, il a été effectué dans 5 villages des **focus group** afin de comprendre l'organisation du territoire, les caractéristiques et usages des différents espaces ainsi que la valeur socio-économique qu'ils représentent (protocole des focus group en annexe 2). En effet, l'objectif est de construire une classification du territoire en fonction des composantes biologique et du stade écologique des espaces, mais aussi en fonction des activités socio-économiques des habitants. Ces échanges sont donc primordiaux. Ils peuvent être qualifiés de semi-directifs car ils sont principalement axés sur l'usage et la diversité de leurs espaces, mais la discussion reste souple et ouverte pour ne pas limiter les sujets abordés. Les besoins, spécifiques aux différents groupes socio-professionnels, font également partis des sujets de discussion. Les femmes, les anciens, les pêcheurs, les cultivateurs, les constructeurs de pirogues et de maisons ; tous sont écoutés chacun leur tour.

Pour obtenir des réponses précises sur les espaces naturels, il a été ciblé des villages où les habitants entretiennent un rapport plus proche avec leur territoire et les écosystèmes qui les entoure, et possèdent donc de bonnes connaissances. En effet, ils utilisent leurs ressources pour avoir des rendements économiques ; pour se nourrir. Ils sont donc plus sensibles à la différenciation des espèces et à l'évolution de la biodiversité.

Au total, 5 ateliers ont été mis en place et chacun d'eux avait en moyenne 12 personnes.

A la suite de ces ateliers, des **balades explicatives** ont été effectuées. Celles-ci consistent à se rendre sur les espaces décrits lors des focus group, avec un membre du village possédant de très bonnes connaissances des espaces et des espèces qui les compose, pour confirmer les informations. Ces balades permettent également d'ajouter des informations sur les caractéristiques qui auraient pu ne pas être évoquées lors des focus group.

2.2.2. Données quantitatives sur l'usage des espaces

Après avoir déterminé les unités paysagères lors des focus group, l'objectif était de faire passer un **questionnaire** à chaque personne présente afin de noter les différentes classes d'unités paysagères d'un point de vue socio-économique et socio-culturel (annexe 3 et 4). Ce questionnaire aurait permis de quantifier l'importance des différentes classes pour les activités et les pratiques humaines et de déterminer les utilisations des terres dans le paysage local (DEMICHELIS, 2023). Cela aurait permis d'avoir des données chiffrées facilement exploitables.

Cependant, après avoir réalisé les premiers ateliers, des difficultés à procéder de cette manière sont apparues, étant donné que la phase de discussion sur les différentes unités était déjà relativement longue, et que la démarche « rompait » avec cette dynamique d'échange avec tous les membres du groupe. La majorité des personnes rencontraient également des difficultés pour lire et écrire. Les informations ont donc été collectées à l'oral, en discutant des usages et des besoins.

2.2.3. Données géographiques et écosystémiques

Après avoir identifié les différentes classes d'unités paysagères, chacune d'entre elles ont été visitées avec l'aide d'un guide local. Pendant cette balade explicative, une sous-division de certaine unité paysagère a pu être réalisée en fonction des caractéristiques physiques supplémentaires rencontrées.

En ce qui concerne la biodiversité, les noms des espèces ont été collectés en malgache grâce aux guides, ainsi que des photos. Ensuite, certains noms scientifiques ont pu être retrouvés via un guide botanique Sakalava créé par Marc Antoine Larroque (ingénieur environnementaliste).

Dans un second temps, il a été effectué environ 200 points GPS à travers toute la zone d'étude, sur les douze unités paysagères déterminées. Chaque point GPS représente une surface homogène sur un rayon de 30 m à partir du point d'ancrage afin que les points puissent être utilisés sur des images satellites Sentinel-2 avec une marge d'erreur acceptable en utilisant des bandes de résolution de 10 et 20 mètres. À noter qu'il est inutile de prendre des points GPS sur les surfaces aquatiques, car celles-ci seront automatiquement visibles sur les images satellites. Cependant, faire attention à ce que des images soient prises lors de la saison des pluies. En effet, lors de la saison sèche, certaines surfaces aquatiques peuvent être asséchées.

En parallèle des points GPS, des tests du sol sur 78 points GPS répartis équitablement dans les douze unités paysagères ont été effectués. L'objectif étant de connaître les différents types de sol présents dans les unités paysagères, qui après la création d'une banque de graine, pourra aboutir à un reboisement par rapport aux besoins des populations. Dans les différents tests présentés en annexe 5, seul le test du bocal a été réalisé.

2.2.4. Télédétection

Pour la phase de télédétection, le travail s'est appuyé sur la chaîne de traitement utilisée par C.Demichelis (figure 4) dans son travail sur le Gabon (Demichelis, 2020).

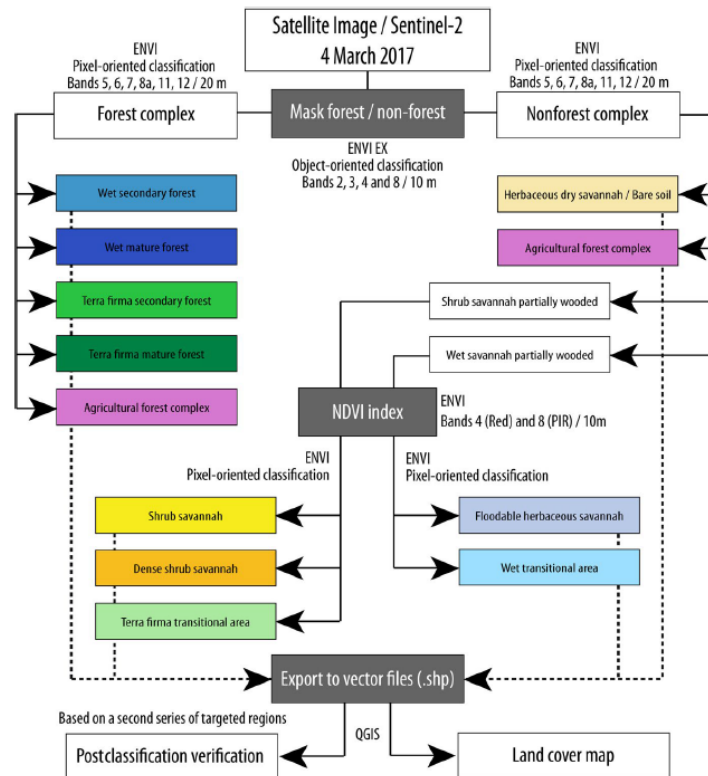


Figure 4 : Chaîne de traitement utilisée par C.Demichelis (Demichelis, 2020)

Pour ce travail, des images Sentinel-2 du 27 juin 2023 ont également été utilisées. Elles ont été récupérées sur les sites Copernicus et Théia. À la suite des relevés effectués sur le terrain, nous nous sommes penchés sur le traitement des données sur QGIS. Nous avons dans un premier temps regroupé certaines classes et créé des sous catégories qui pouvaient être distinguées (exemple : forêt secondaire sempervirentes et forêt secondaire semi-décidue).

Ensuite, afin de simplifier le traitement des données, un code a été attribué à chaque unité. Les codes sont les suivants :

- FP : Forêt Primaire
- FSS : Forêt Secondaire Sempervirente
- FSSD : Forêt Secondaire Semi-Décidue
- FSA : Espace Sableux Arboré
- ZT : Zone de Transition
- MAN : Mangrove
- ZD : Zone Dégradée
- TAN : Tanne
- S : Savane
- SA : Savane Arborée
- ST : Steppe
- VI : Village
- CU : Culture
- ZMS : Zone Mono-Spécifique (Acacias)

2.2.4.1. Traitement des images satellites

Plusieurs traitements sont nécessaires afin de classifier les différentes zones. Pour chacun d'entre eux, différentes bandes ont été utilisées selon le type de classification réalisé. Chaque bande correspond à un intervalle de longueurs d'ondes bien spécifique, c'est pourquoi elles ne sont pas utilisées pour les mêmes traitements. Pour rappel, pour le satellite Sentinel-2, les bandes sont les suivantes :

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Figure 5 : Liste des bandes du satellite Sentinel-2 (source : researchgate)

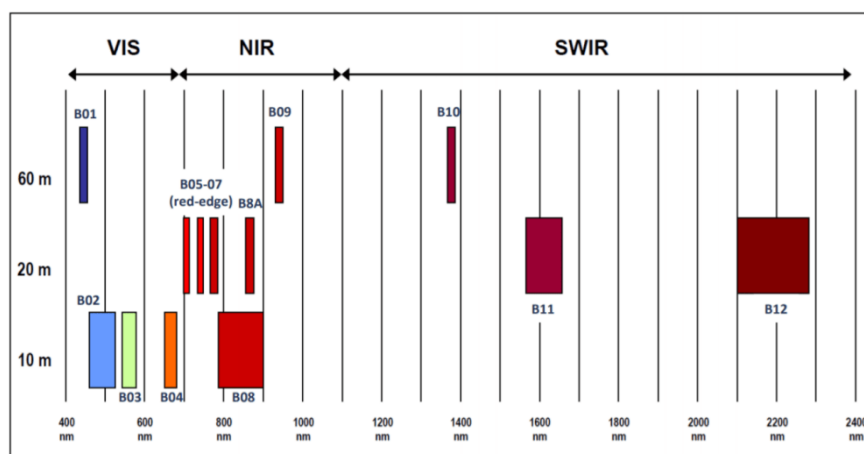


Figure 6 : Longueurs d'onde détectées selon les capteurs utilisés (source : geoafrica)

Pour le premier traitement (**classification par objet**) ce sont les **bandes 2, 3, 4, et 8** (bleu, vert, rouge et proche infra-rouge) qui ont été utilisées. Un premier traitement a consisté à faire une classification dite « orientée objet ». Cela a ainsi permis de différencier sur la carte les espaces forestiers, des espaces « non-forestiers ». Pour cela, l'outil « **Semi-Automatic Classification Plugin** » (SCP) a été utilisé. Le plugin fonctionne de manière supervisée : des classes sont définies (ici « forêts », « eau », et « autre »), et des échantillons sont associés manuellement (polygones créés sur la carte pour entraîner le logiciel). Une fois les échantillons réalisés, le plugin classe la zone d'étude en fonction des échantillons sélectionnés sur la carte (un fichier raster est obtenu).

Un **tamissage** est également réalisé afin de réduire le nombre d'entités pouvant poser des problèmes pour la suite des traitements (groupes avec peu de pixels (exemple : buissons dans la savane, arbustes au niveau des steppes...)). Ces entités sont alors changées de classes passant de la classe « forêt » à « autre ». Une première carte a ainsi été produite :

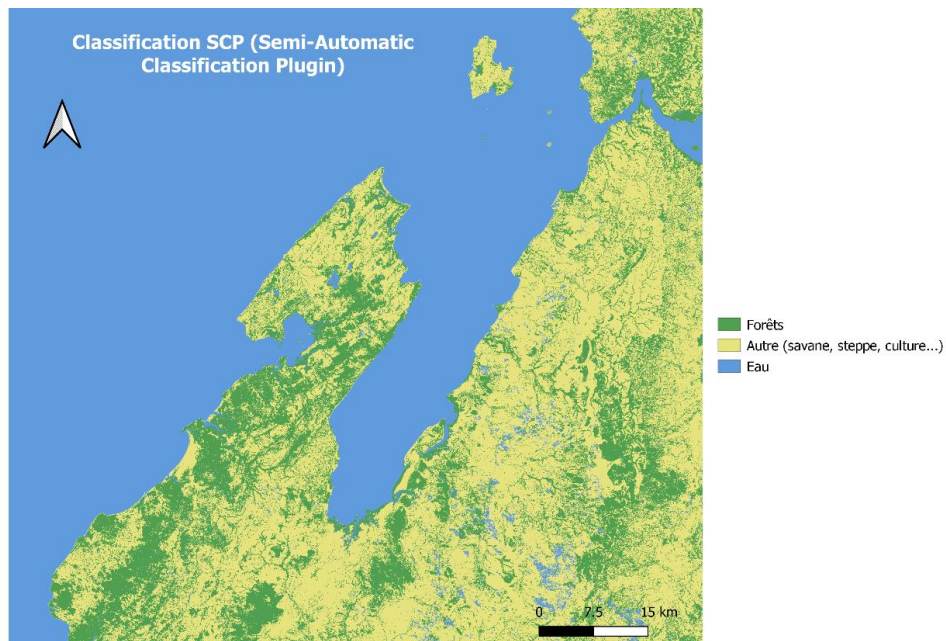


Figure 7 : Classification SCP de la zone d'étude

Sur la carte (figure 7), on constate que la partie sud et ouest de la zone d'étude présente une surface importante de forêts, notamment au sud de la baie de Moramba. Contrairement à cela, la partie autour d'Analalava, particulièrement sur un rayon de 20km à l'est et au sud, apparaît comme peu arborée (seules quelques forêts galeries sont visibles (forêts le long des cours d'eau)). La végétation semble cependant importante au nord d'Analalava. Une fois cette étape réalisée, le fichier est exporté au format .shp (fichier forme) (polygonisation). Voici le schéma de procédure suivie pour obtenir la première classification :

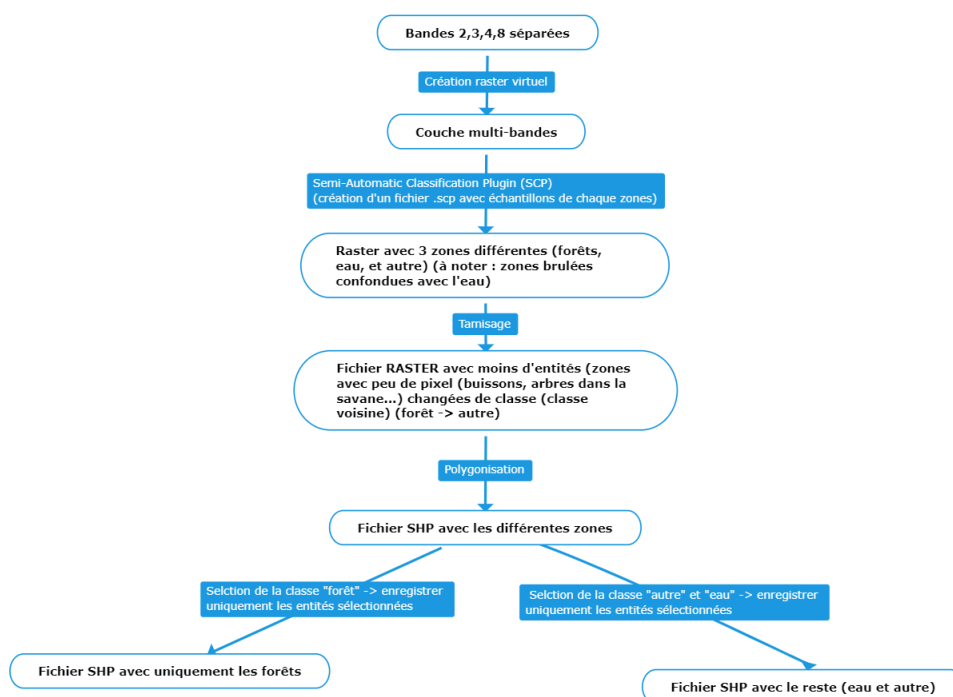


Figure 8 : Procédure suivie pour séparer les espaces forestiers des autres espaces

Une classification « orientée pixel » sur une image satellite avec les **bandes 5, 6, 7, 8A, 11 et 12** (résolution de 20m), doit ensuite être réalisée pour affiner la première classification faite. Pour cela,

une image raster combinant ces bandes est créée et découpée à partir des fichiers formes créés précédemment pour garder ne garder que les zones à traiter séparément (dans un premier temps uniquement les forêts, puis les autres espaces). Pour donner suite à cette première classification, une zone d'erreur de classification a été observée (mal interprétée par le logiciel). En effet, les zones brûlées étaient interprétées comme étant des zones d'eau. Pour résoudre ce problème, un indice NBR (zones brûlées) peut être utilisé.

Cependant, l'étape du découpage n'a pas pu être réalisée car une erreur sur le logiciel a eu lieu lors du découpage du raster en fonction des fichiers forme (shp). La connexion étant relativement limitée, nos recherches pour palier à ce problème n'ont pas suffi pour le résoudre.

D'autres traitements avaient également été réalisés en parallèle et auraient ensuite dû être combinés avec le premier traitement. Une segmentation des espaces avait ainsi été réalisée (figure 9).



Figure 9 : Segmentation (baie de Moramba)

La dernière étape a été de réaliser un calcul d'un NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (indice d'activité chlorophyllienne par différence normalisée) afin de différencier les zones de végétation présentes sur le territoire étudié.

On obtient une carte avec un indice pour chaque pixel :

- Valeur inférieure à 0 : le pixel correspond à de l'eau
- Entre 0 et 0.2 : le pixel correspond à une surface minérale
- De 0.2 à 1 : le pixel correspond à de la végétation

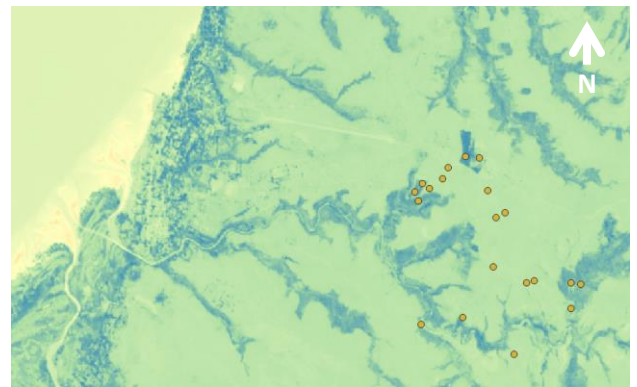


Figure 10 : Carte NDVI au niveau d'Analalava (points GPS relevés en orange)

Plus la valeur est élevée, plus la couleur sur la carte est foncée, plus l'activité chlorophyllienne est forte, et plus les plantes sont jeunes. On voit très distinctement sur la carte (figure 10), qu'au niveau des points GPS relevés (points orange) situés le plus au nord sur la carte, l'activité chlorophyllienne est importante. Cela correspond en effet à une jeune plantation d'acacias. L'objectif de cette étape était de différencier les espaces avec des plantes plutôt jeunes (zones de transition, plantations d'acacias, forêts secondaire jeunes) et les espaces avec une activité chlorophyllienne moins importante (forêts primaires/forêts secondaires âgées).

Le traitement n'a cependant pas pu être terminé avant la fin du stage.

2.2.4.2. Vérification des points

Une fois la classification faite, une vérification aurait dû être réalisée afin de vérifier la fiabilité des points en utilisant un ACP et un test Monte Carlo. Pour cela, un relevé des valeurs pixellaires à partir des points et d'une image satellite Sentinel-2, récupérée sur le site Copernicus, a été réalisé grâce à l'extension « Point Sampling Tool » sur QGIS. Cela a permis d'extraire les valeurs pixellaires des 12 bandes d'image, pour chaque point. Nous obtenons alors, pour chaque point, les 12 valeurs pixellaires. Un tableau Excel répertoriant les valeurs pour chaque bande est ensuite créé. La validation de ces points aurait ensuite dû être testée sur R Studio avec le script de vérification fourni par C.Demichelis, utilisé pour son travail sur le Gabon.

3. Résultats

3.1 Composition et dynamique des paysages

3.1.1 Composition paysagère selon la carte de la couverture terrestre

En se basant sur le processus de la figure XX, une cartographie de la couverture terrestre actuelle de la zone d'étude a pu être créée. Chaque classe d'unité paysagère présente sur la carte est décrite dans les parties suivantes.

METTRE CARTE PRINCIPALE + METTRE TABLEAU PROPORTION DES UP (saison des pluies sempervirente et semi-décidue = pareil ?) , décrire le tableau etc.

3.1.2 Composition et dynamique des savanes et des steppes

% du territoire est recouvert de savanes ou de steppes. Ces espaces se situent principalement sur les hauteurs [tanety] mais parfois également en contrebas sur des surfaces plus planes [Lemaka], et résultent souvent d'une régénération progressive après une déforestation. La strate herbacée est composée de *Paspalum stricobiculatum* [paikipaiky] ou bien d'une autre espèce de graminées appelée localement [Hain-dambo].

On distingue deux sous-classes d'unité paysagère avec les savanes arborées et les savanes sans arbres. Dans les savanes arborées l'espèce appelée localement [sariheza] et l'espèce *Hyphaene coriacea* [satrana] prédominent, mais plusieurs autres existent, le *Mangifera indica* [manga] et le *Strychnos spinosa* [mokotra] notamment.

Les steppes (%) se différencient des savanes car leur strate herbacée est discontinue, et car il n'y a jamais de gros arbres. Contrairement aux savanes qui peuvent posséder des manguiers âgés.



Figure 11 et 12 : Savane arborée (en haut) (Ampasindava, 14°49'44.89"S 47°25'03.81"E) ; Steppe (en bas) (Analalava, 14°38'00.96"S 47°46'24.82"E)

3.1.3 Composition et dynamique des forêts

Les forêts recouvrent 32% du territoire d'étude.

3.1.3.1 Forêt primaire

Les forêts primaires couvrent % de la surface totale de la zone d'étude⁴. Elles possèdent une hauteur de canopée comprise entre 30 et 40m et du fait d'une faible ouverture de canopée, le sous-bois est peu dense. De nombreuses essences d'arbres ont été observées et sont répertoriées en annexe 7.

3.1.3.2 Forêt secondaire

% des forêts secondaires sont des forêts sempervirentes et % des forêts semi-décidues. Devenues secondaires à la suite d'une régénération, ces forêts possèdent quelques grands arbres comme le *Mangifera indica* [manga] et le *Bretonia salicina* [sohihy] ainsi qu'un sous-bois arbustif plus ou moins dense. Une majorité des forêts secondaires sempervirentes (%) présentent sont des forêts galeries⁵, elles représentent également une part importante de la superficie totale des forêts (CHIFFRES ?). Dans les forêts secondaires semi-décidues (%) on distingue une partie d'entre elles qui poussent sur de la roche, au milieu de l'eau ou sur la côte appelé localement [tsingy], aux alentours de la baie de Moramba. La hauteur de canopée y est très variable en fonction des espèces, le *Adansonia rubrostipa* [Fony], espèce endémique de l'île, domine cette canopée.

⁴ Rappel : la zone d'étude fait 6 500 km²

⁵ Forêt qui se situe de part et d'autre d'un cours d'eau

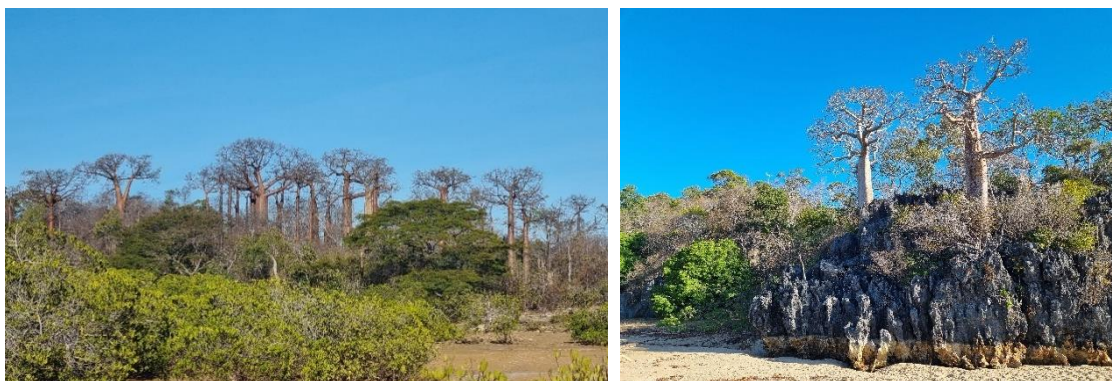


Figure 13 et 14 : L'espèce *Adansonia rubrostipa* [Fony] qui domine les forêts secondaires semi-décidues sur sol rocheux, à Ambalatsingy (gauche) ; à Ampasmena (droite)

3.1.3.3 Forêt de palétuviers

Les forêts de palétuviers, dites mangroves (%), sont très présentes sur la partie littorale et dans les embouchures de fleuves de la zone d'étude. Les espèces principales retrouvées dans la partie interne sont l'*Avicennia marina* [Afiafy] et le *Ceriops tagal* [Honko vavy], la mangrove centrale y est davantage monospécifique avec une majorité de *Rhizophora Mucronata* [Honko lay], enfin sur la partie externe se mélange de l'*Avicennia marina* [Afiafy] et du *Sonneratia alba* [Farafaka]. Ces forêts se retrouvent les pieds dans l'eau au rythme des marées et n'exposent pas de comportements différents en fonction des saisons.

Le tanne (%) est un espace directement lié à la présence des mangroves. Il n'est recouvert d'eau que lors des très grandes marées et reste un sol nu, sec et trop salé, pour permettre la pousse permanente d'une quelconque flore, le reste du temps. L'espèce *Iumnitzera racemosa* [Iovingo vavy] est souvent présente en bordure de tanne.



Figure 15 : Tanne (Ankatakabé, 14°31'58.29"S 47°43'57.06"E)

3.1.4 Composition et dynamique des zones sableuses arborées

Dans certaines zones, à l'arrière de la mangrove, se trouve une bande de sable arborée (%). Les arbres sont dispersés de manière irrégulière et les espèces y sont très diverses. En saison sèche, une partie de ces arbres perdent leurs feuilles.



Figure 16 : Zone sableuse arborée (Ambalatsingy, 14°54'57.17"S 47°22'16.49"E)

3.1.5 Composition et dynamique des zones de transition

Les zones de transitions (%) apparaissent lorsque la végétation reprend le dessus sur des espaces comme les savanes, les steppes, ou les zones dégradées. Il est difficile de s'y déplacer tant le couvert arbustif est dense. On retrouve un grand nombre d'espèce dans ces espaces, notamment l'espèce endémique *Hernandia voyronii* [Hazomalany].

3.1.6 Composition et dynamique des zones dégradées

Trois types de zones dégradées (%) ont été rassemblés dans une même unité :

- Les espaces brûlés, que les feux aient été volontaires ou accidentels. La faune et la flore de ces espaces se voient fortement perturbés, et le sol appauvri et dégradé durablement. Les parcelles ayant subi cette dégradation sont laissées en friche. Des régénérations peuvent apparaître au fil des années.
- Les zones érodées. Résultant de fortes pluviométries et d'une déforestation importante, ces zones sont de plus en plus fréquentes, notamment au nord de la zone d'étude. Des régénérations peuvent apparaître si l'action anthropique disparaît, et lorsque la végétation revient, le terrain retrouve alors une certaine stabilité grâce aux racines, pour éviter l'érosion.
- Les zones déforestées, notamment les forêts de mangrove qui se voient disparaître à cause d'une surexploitation de leurs bois. La végétation ne peut reprendre le dessus que si l'action anthropique diminue fortement ou disparaît pendant plusieurs années.

5. 3.2 Perceptions et usages des paysages

3.2.1 Zone de culture

3.2.1.1 Agriculture

D'après les images satellites de X(date des images utilisées pour la carto) , c'est % du territoire qui présente des terres agricoles. Les terrains les plus prisés sont les baibohos, pour leur fertilité et leurs ressources en eau peu importe les saisons, et donc leur possibilité de cultiver tout au long de l'année. Nous y retrouvons des rizières ainsi que des plantations de bananiers, de canne à sucre, de manioc, etc. Sur ces baibohos, la méthode de la jachère est régulièrement utilisée pour les rizières. Pratique courante mais dévastatrice pour les espaces forestiers : la culture sur brûlis. Les populations allument volontairement des feux, nommés [tavy], afin de défricher une partie de la forêt et ensuite d'y faire des cultures. Ces espaces n'étant pas indéfiniment cultivable, ils finissent généralement en savanes. Celles-ci sont à leur tour victime de feux de brousses, volontaires également, afin que la repousse serve de pâturages pour les animaux. A l'horizon il n'est donc pas surprenant de voir des feux de brousses apparaître. En 2020, le ministère de l'environnement et du développement durable (MEDD) annonce 67 351 points de feux localisés dans les zones forestières de l'île. Ces feux de brousse n'étant nullement contrôlés (expérience terrain), d'autres hectares sont ravagés et réduits en cendre. Cela augmente chaque année la quantité d'espaces dégradés (%) (VERIFIER). Hélas, après avoir été brûlés, puis cultivés quelques années, ces espaces sont laissés en friche.

3.2.1.2 Plantation d'acacias

Des plantations⁶ d'*acacias mangium* et *acacia auriculiformis* (%) ont été lancées un peu partout sur le territoire. Ces espaces n'ont aucun apport culturel pour les populations et seul un village

⁶ Forêt non naturelle, plantée à l'occasion du boisement de terres auparavant non boisées de mémoire d'homme ou lors du reboisement, avec des espèces ou des variétés différentes, de terres auparavant boisées. UICN (2005)

a évoqué ces plantations comme une ressource en bois de construction. De manière générale, dans tous les focus group réalisés, cet espace était davantage mis en avant comme une preuve de bonne implication dans le reboisement de leur territoire. En revanche, le résultat n'était pas toujours fructifiant en fonction des villages [fokontany].

3.2.2 Savanes et steppes

Les savanes et les steppes sont un atout économique pour les populations principalement quand il y a une certaine espèce d'arbre identifiée localement sous le nom [sariheza]. En effet, celle-ci est très utilisée pour produire des clôtures et des enclos. Les savanes (%) présentent également un atout pour les éleveurs qui, via les feux de brousse, obtiennent des pâturages pour les animaux.

3.2.3 Forêts

D'un point de vue économique, toutes les forêts sont utilisées pour leurs bois. Les bois morts notamment, servent à alimenter les foyers pour la cuisine, et une grande majorité des espèces d'arbres sont utilisées pour faire du charbon.

3.2.3.1 Forêts primaires

Les forêts primaires (%) ont fortement disparu dans la région. Utilisées pour leur bois, puis défrichées pour la culture, elles ne représentent plus qu'une petite partie de la zone. Celles toujours existantes sont en partie protégées. Certaines sont dites sacrées et représentent davantage un lieu de culte qu'une ressource économique. Des exigences sont imposées pour y pénétrer.

3.2.3.2 Forêts secondaires

Les forêts secondaires (%), qu'elles soient sempervirentes (%) ou semi-décidues (%), sont exploitées pour leurs espèces d'arbres offrant de bons bois de construction comme le *Bretonia salicina* [sohihy] ; le *Mangifera indica* [manga] ; le [sambalahy] ; le *Givotia madagascariensis* [farafaka] ; le *Stereospermum euphorioides* [mangarahara] ; bois utilisés pour la construction de maison et/ou de pirogues.

3.2.3.3 Forêts de palétuviers

Les forêts de palétuviers représentent % de la zone d'étude mais surtout une grande ressource économique pour les populations. Parfois protégées, parfois dégradées, les habitants de chacun des villages ont évoqué cet espace comme une source précieuse pour le bois de construction. L'espèce *Rhizophora mucronata* [Honko lay] notamment, est très recherchée pour la construction de maisons et le *Ceriops tagal* [Honko vavy] pour les clôtures. Ces deux espèces sont souvent victimes de braconnage puis exportées dans les grandes villes, des coupes à blanc apparaissent alors. À la suite d'une importante destruction de cet écosystème, l'état a instauré un décret pour limiter les coupes. Quelques villages vont donc construire leur maison avec d'autres bois et n'utilisent la mangrove que pour pêcher les espèces maritimes qu'elle abrite (crabes, crevettes, poissons, etc.). Cependant, encore un trop grand nombre de zones déboisées apparaissent dans les paysages (le braconnage étant encore trop présent). Ces espaces sont situés sur la côte dans l'unité paysagère zone dégradée (%).

Le tanne (%) quant à lui, ne présente aucun atout significatif pour les populations, ni en termes d'économie ni en termes de culture. Ce n'est qu'une zone de mort naturelle de la mangrove qui avance de la terre vers la mer.

3.2.4 Zone sableuse arborée

La zone sableuse arborée (%) présente différentes espèces d'arbre répartis de manière discontinue. On y retrouve l'espèce *Diospyros* [bois d'ébène], un bois très recherché pour sa valeur.

.6. 3.3 Approche socio-écologique des dynamiques paysagères

En associant les informations récoltées par les populations lors des focus group et les données basées sur les successions écologiques des espaces, un schéma des dynamiques paysagères a pu être créé. Il permet une meilleure compréhension de l'interaction des espaces entre eux en incluant les facteurs écologiques et anthropiques.

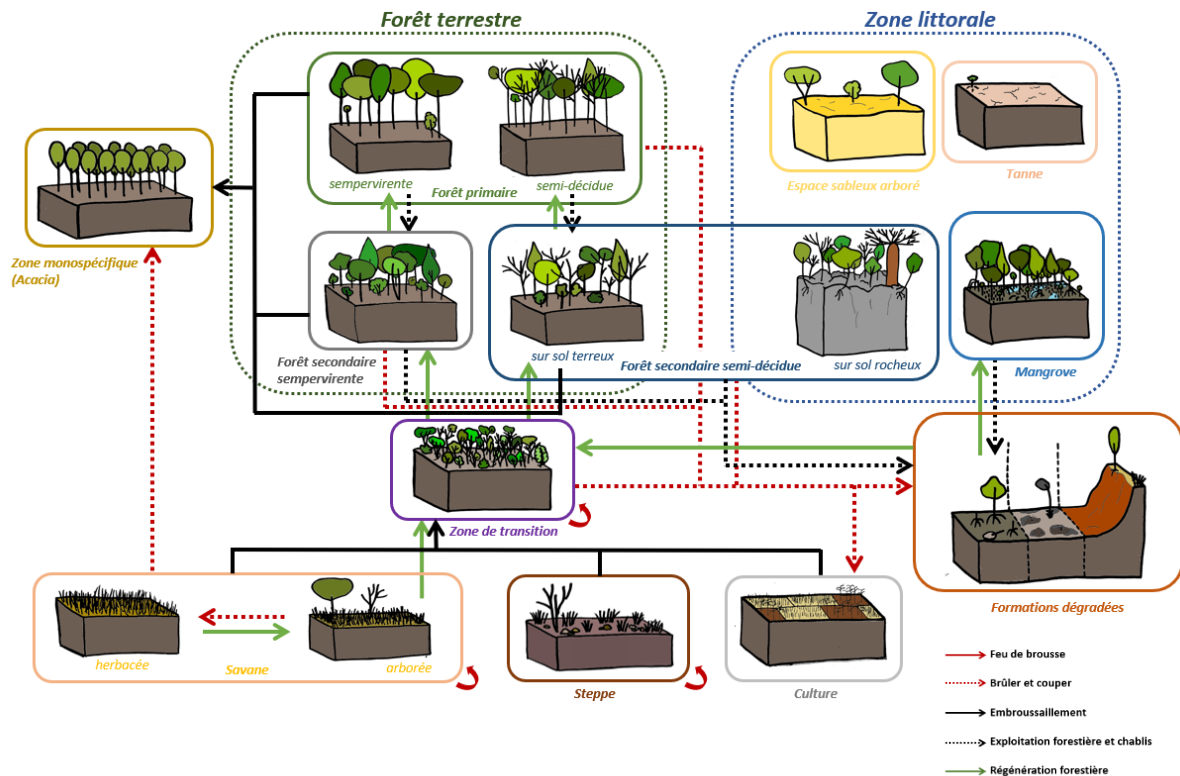


Figure 17 : Dynamiques paysagères en fonction des facteurs écologiques et anthropiques

Si les actions anthropiques disparaissaient, la nature reprendrait le dessus à la suite de colonisations et de régénérations. Les espaces comme les savanes, les steppes et les zones dégradées redeviendraient des forêts (sempervirente ou semi-décidue) au fil du temps. Cependant, ces espaces étant des sources de revenus économiques, les populations les utilisent fortement. La culture sur brûlis est très répandue et lorsqu'un espace forestier propose des caractéristiques intéressantes pour la culture, il peut être rasé pour laisser place à des plantations. Les forêts sempervirentes se retrouvant près des cours d'eau sont généralement les plus impactées. De même, le bois de construction est très recherché et des coupes apparaissent dans toutes les forêts, notamment les plus âgées qui proposent des bois plus grands. Ils sont utilisés pour les maisons, les enclos, mais également les pirogues, les boutres et les vedettes. C'est à cause des actions anthropiques qu'un grand nombre de zones dégradées apparaissent.

L'espace sableux arboré ainsi que le tanne et les forêts secondaire semi-décidue sur roche, sont des zones qui n'interagissent pas ou peu avec les autres écosystèmes. Les différents stades écologiques qu'elles sont susceptible de proposer n'ont pu être observé lors des phases terrains, peu de liens sont donc représentés sur le schéma.

Enfin, les plantations d'*acacias mangium* et *acacia auriculiformis* sont une catégorie à part entière car il s'agit de zones monospécifiques créées par l'homme. Ces espaces menacent les forêts car l'espèce est à croissance rapide et prolifère rapidement, ce qui envahit des zones en faisant mourir les espèces présentes initialement. Ces propos ont été tenus après l'observation d'espaces forestiers modifiés par l'espèce, mais ils ne représentent pas encore une part significative et donc aucune action n'est mise en œuvre pour tenter de contrer ce phénomène.

4. Discussion

.7. 4.1. La complémentarité des connaissances locales et de la télédétection pour l'approche socio-écosystémique des paysages.

Ce travail a permis de mettre en avant l'importance de l'approche socio-écosystémique dans ce type d'étude. En effet, toutes les informations acquises sur le terrain n'auraient pas pu être obtenue par télédétection (Demichelis, 2020) et se révèlent ainsi être primordiales pour mettre en avant les différentes unités paysagères. Dans l'ensemble, la perception des espaces par les populations se rapproche de ce qui est observable dans la littérature, mais est parfois nuancé selon certains critères. La topographie est notamment un point qui a beaucoup été mis en avant lors de la description des espaces lors des focus group. En plus de la partie discussion avec les populations, l'approche par la télédétection semble rester une approche intéressante, étant donné sa précision lors de l'utilisation d'image Sentinel-2 (10/20m). Malgré la difficulté connue lors de la réalisation de la carte, des premiers résultats ont pu être observés avec notamment la présence plus ou moins importante des forêts sur le territoire selon les endroits observés. Il a été également observé que de nombreux espaces dégradés semblent présents sur le territoire, notamment des espaces brûlés (visualisés lors du premier traitement).

.8. Les populations locales comme acteur principal de la dynamique des paysages au cours du temps.

Le schéma des dynamiques paysagères a été réalisé avec les données collectées par la télédétection ainsi que par celles collectées auprès des populations. Il montre qu'en l'absence de toute influence anthropique, les paysages se régénèreraient et le couvert végétal s'épaissirait. Si nous mettons en parallèle la figure X(CARTE FINALE UP), nous pouvons remarquer la part importante de savanes (savane herbacée, savane arborée et steppes) et de zones dégradées. Or tous ces espaces résultent directement des déforestations dues à l'action anthropique. Des politiques de gestion (conservation, exploitation et régulation) devraient alors être mise en place pour limiter et contrôler les dégradations paysagères.

D'une part, il faudrait gérer les feux de brousse mais également limiter les [tavy] en essayant de réduire les cultures sur brûlis. Cette manière très répandue de cultiver est néfaste pour la repousse des écosystèmes. En effet, tous ces incendies, volontaires ou accidentels, qui résultent majoritairement de l'action anthropique, empêchent la régénération naturelle des paysages. D'un certain point de vue, leur périodicité permet le maintien des savanes et des steppes (Poilecot & Loua, 2009). Hélas, la proportion de ces espaces ne fait qu'augmenter, au dépend de la couverture forestière qui ne cesse de diminuer à cause du [tavy], de l'exploitation du bois de construction et d'œuvre, et du charbon. Cependant il serait possible de nuancer l'impact de la culture sur brûlis, car bien qu'annoncer par certains comme efficace au départ, mais avec une phase culturelle brève (Blanc-Pamard, Milleville, Grouzis,

Lasry, & Razanaka. 2005), d'autres affirment que sur des sols riches en argile (au sens minéralogique), le brulis n'est pas forcément critique car l'argile assure alors la rétention des sels minéraux et donc de la fertilité du sol (Selosse, 2021). Néanmoins, actuellement dans notre aire géographique, l'étude des sols réalisées montre une majorité des échantillons de savanes et de steppes avec une faible tendance argileuse.

D'autre part, il faudrait limiter et contrôler l'exploitation forestière. En effet, il a été évoqué que les forêts les plus anciennes sont les plus intéressantes car elles possèdent des bois plus grands et d'un plus grand diamètre. Or ces forêts sont également une source de biodiversité majeure et renferment un grand nombre d'espèces endémiques. Leur disparition n'est donc pas sans conséquences pour la faune et la flore. De plus, les bois de construction et les bois de chauffe sont très recherchés mais à force d'exploitation, ils commencent à disparaître dans certaines zones et les populations doivent alors en importer. En effet, en ne prenant pas en compte le temps de régénération des espèces, les forêts s'appauvrissent et les essences d'arbres fortement exploitées voient leur renouvellement compromis (Blanc-Pamard, Milleville, Grouzis, Lasry, & Razanaka. 2005). Des besoins ont été évoqués lors des ateliers participatifs, et majoritairement, ce furent les différentes essences de bois de construction qui sont ressorties. En s'accordant sur les cartes produites via la télédétection, il serait alors intéressant de coconstruire des plans de reforestation sur les zones déboisées afin de réintroduire les espèces autochtones disparues, qui profitent également à l'économie des populations du fait de leurs propriétés physiques. Une régulation des coupes devra être mise en place pour permettre le renouvellement de l'écosystème.

Les dynamiques paysagères exposées dans la figure X démontrent l'action anthropique comme une pression sur les écosystèmes. Dans un plan de gestion, adapté aux usages et aux besoins des populations, ces pressions pourraient être diminuées. Evidemment, « les mesures pour être efficaces doivent être acceptées par les populations riveraines des massifs forestiers » (Hervé, Dominique, ed., S Razanaka, ed., S Rakotondraompiana, ed., F Rafamantanantsoa, ed., Stéphanie M Carrière, et ed.). Hélas en 2008, les politiques de conservation étaient désignées comme faisant largement abstraction de la présence et des droits des communautés locales (Boissière & Doumenge, 2008), et en 2013, il était encore observé un « réel manque de volonté politique sincère au sein du pays (ENS, 2013).

Conclusion

Malgré les difficultés rencontrées pour finaliser la cartographie de notre zone d'étude avec nos différentes unités paysagères, nous avons tout de même pu avoir un premier jet qui faisait largement apparaître la faible proportion de forêt (30%). Le projet de boisement/reboisement reste donc une priorité. Cependant, en l'absence de carte nous ne pouvons conclure sur l'importance de la combinaison d'informations entre la télédétection et les connaissances locales (l'un de nos objectifs initiaux). Notre étude aura su déterminer les unités paysagères et leurs dynamiques grâce aux communautés locales et leurs savoirs. Une poursuite du travail sera nécessaire pour aboutir à une cartographie exploitable, pour devenir un outil de gestion territorial.

Sources / Références

- « Analyse du sol, facile, gratuite, à faire vous-même ». s. d. Le Jardin des Médicinales. Consulté le 17 juillet 2023. <https://le-jardin-des-medicinales.com/analyse-du-sol/>.
- Andriananja, Heriniaina, et Vahinala Raharinirina. 2004. « Quels enjeux pour la durabilité et la gouvernance des ressources naturelles et forestières à Madagascar ? » *Mondes en développement* 127 (3): 75-89. <https://doi.org/10.3917/med.127.0075>.
- Bertrand, Alain, Nadia Rabesahala Horning, et Pierre Montagne. 2009. « Gestion communautaire ou préservation des ressources renouvelables : Histoire inachevée d'une évolution majeure de la politique environnementale à Madagascar ». *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, n° Volume 9 Numéro 3 (décembre). <https://doi.org/10.4000/vertigo.9231>.
- Blanc-Pamard, Chantal, Pierre Milleville, Michel Grouzis, Florent Lasry, et Samuel Razanaka. 2005. « Une alliance de disciplines sur une question environnementale : la déforestation en forêt des Mikea (Sud-Ouest de Madagascar) ». *Natures Sciences Sociétés* 13 (1): 7-20.
- Boissière, Manuel, et Charles Doumenge. 2008. « Entre marginalisation et démagogie : quelle place reste-t-il pour les communautés locales dans les aires protégées ? » *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux* 61 (244): 459-88. <https://doi.org/10.4000/com.5476>.
- Chatelain, Cyrille, Mitia Hanitrarivo, Brice Rakotozafy, Ralph Bolliger, Iacopo Luino, Patrick Ranirison, et Laurent Gautier. 2013. « Cartographie de la couverture forestière du massif de Beanka, Région Melaky, Ouest de Madagascar ». *Malagasy Nature* 7 (janvier): 85-103.
- Demichelis C, Oszwald J, Gasquet-Blanchard C, et al. Multidimensional analysis of landscape dynamics in a Central African forest-savannah mosaic. *Afr J Ecol*. 2020;00:1–17. <https://doi.org/10.1111/aje.12750>
- Hervé, Dominique, ed., S Razanaka, ed., S Rakotondraompiana, ed., F Rafamantanantsoa, ed., Stéphanie M Carrière, et ed. s. d. « Transitions agraires au sud de Madagascar : résilience et viabilité, deux facettes de la conservation : actes du séminaire de synthèse du projet FPPSM ».
- Jacquin, Anne. 2010. « Dynamique de la végétation des savanes en lien avec l'usage des feux à Madagascar. Analyse par série temporelle d'images de télédétection ». Phd. <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00001242/>.
- Lapaire, Jean-Pierre. 1976. « L'évolution Récente Des "baiboho" Du Nord-Ouest (Région de Mampikony - Port-Berge) ». *Madagascar: Revue de Géographie*, n° 29: 117-54.
- « Les forêts précieuses de Madagascar | WWF ». s. d. Consulté le 25 mai 2023. <https://www.wwf.mg/?2508466/Les-forets-precieuses-de-Madagascar>.
- Loupe, D, et R Oliver. s. d. « IMPACTS DES FEUX ANNUELS SUR LA VEGETATION ET LES SOLS DES SAVANES DU CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE ».
- « Madagascar lance un vaste projet de reforestation ». 2020. National Geographic. 16 avril 2020. <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2020/04/madagascar-lance-un-vaste-projet-de-reforestation>.
- « OFAC ». s. d. Consulté le 25 mai 2023. <https://www.observatoire-comifac.net/>.
- Petit, G. 1934. « Cultures extensives à Madagascar et disparition de la forêt orientale ». *Bulletin de l'Association de Géographes Français* 11 (77): 35-37. <https://doi.org/10.3406/bagf.1934.6676>.
- Poilecot, Pierre, et Nema-Soua Loua. 2009. « Les feux dans les savanes des monts Nimba, Guinée ». *BOIS & FORETS DES TROPIQUES* 301 (301): 51. <https://doi.org/10.19182/bft2009.301.a20406>.

« Qu'Est-Ce Qu'Une Forêt De Galerie? | 2023 ». s. d. Consulté le 25 mai 2023.

<https://fr.ripleybelieves.com/what-is-gallery-forest-4699>.

« Qu'est-ce Qu'une Forêt Primaire ? | Native Forest ». s. d. Consulté le 25 mai 2023. <https://www.native-forest.org/la-foret-primaire/>.

Razanaka, S, S Rakotondraompiana, F Rafamantanantsoa, et Dominique Hervé. s. d. « Forêts, fourrés, recrûs, savanes : quelles significations pratiques pour le développement et la conservation des ressources forestières à Madagascar ? »

« Savane — Géoconfluences ». s. d. Consulté le 25 mai 2023. <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/savane>.

Selosse, Marc-André. 2021. *L'origine du monde*.

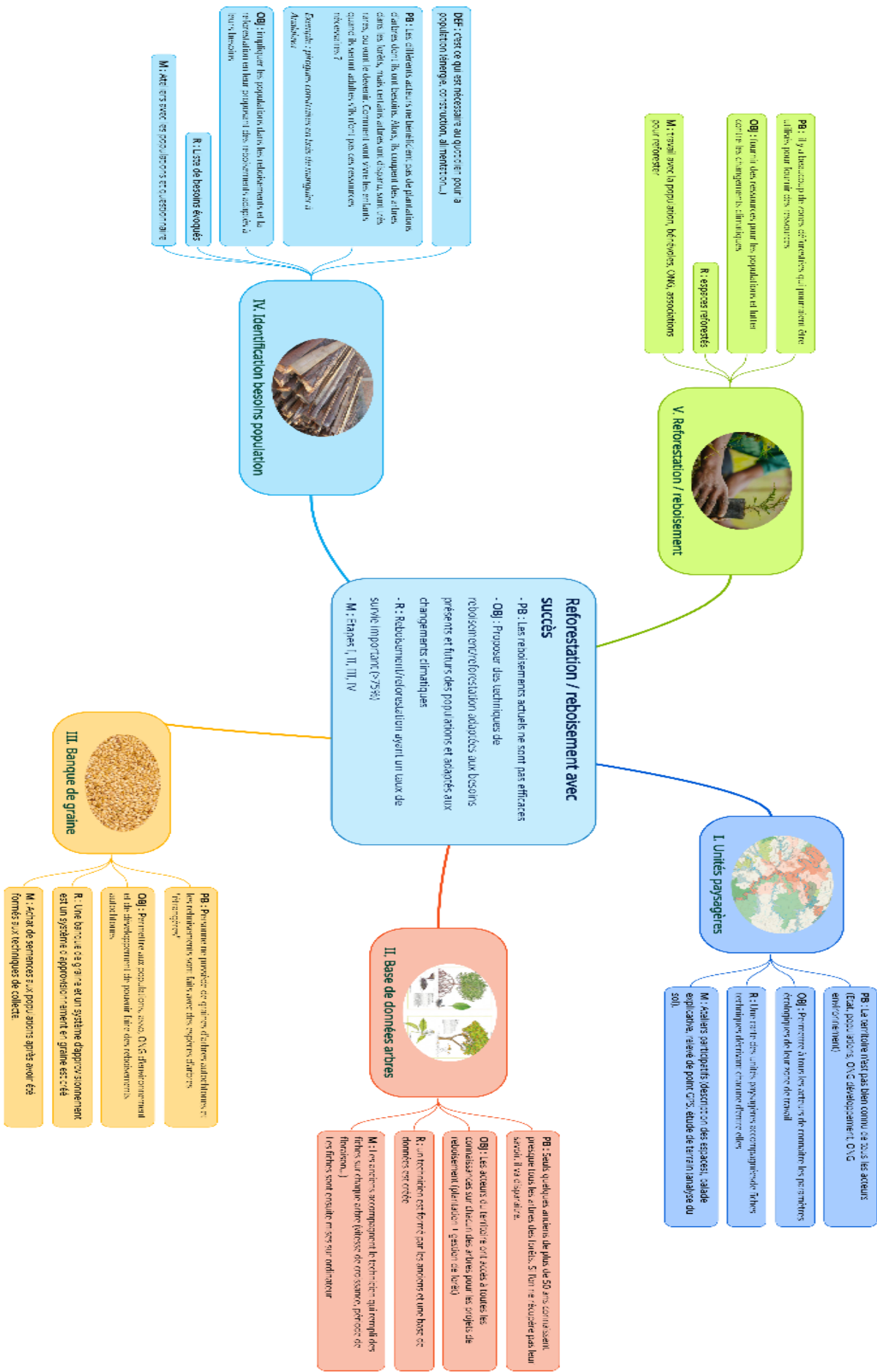
« Socio-ecological approach to a forest-swamp-savannah mosaic landscape using remote sensing and local knowledge: a case study in the Bas-Ogooué Ramsar site, Gabon | Research Square ». s. d. Consulté le 20 juillet 2023. <https://www.researchsquare.com/article/rs-2533519/v1>.

« Sol - La structure d'un sol ». s. d. Consulté le 17 juillet 2023. https://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/2_2_StructureSol.html.

Tahinarivony, Jacques A. s. d. « Les unités paysagères de la péninsule d'Ampasindava (Nord-ouest de Madagascar), un terroir sous haute pression de déforestation ».

« [VIDÉO] Forêt primaire & forêt secondaire par Francis Hallé ». s. d. Consulté le 25 mai 2023. <https://www.dahu.bio/base-de-connaissance/videos/foret-primaire-foret-secondaire-par-francis-halle>.

Annexe 1 : Description des 5 axes d'étude majeurs que souhaite réaliser Vahatra



Annexe 2 : Protocole des focus group

Matériel

Feuilles blanches x100 ; Marqueurs (noir de préférence pour permettre une meilleure numérisation ensuite) x3 ; Crayons de couleur ; Gomme x3 ; Taille crayon ; Pochettes plastiques

Protocole

1. Définir la notion de paysage. *Nous l'avons défini comme « environnement qui nous entoure ».*

Pourquoi ? Pour que tout le monde comprenne le terme par la suite et qu'on puisse commencer l'atelier sur des bases stables.

2. Demander de citer les catégories d'espaces principales qu'ils connaissent. Les sous diviser petit à petit, en fonction des descriptions paysagères possible (espèces dominantes, tailles des arbres, densité, nom des espèces en malgache si possible), en utilisant la méthode de l'entonnoir.

Pourquoi ? L'objectif est de partir des classes les plus générales et de rentrer dans les détails petit à petit pour ne rien oublier, et sous diviser un maximum jusqu'à ce que cela ne soit plus possible.

3. Dessiner chacun des paysages décrits sur des feuilles blanches. Une description bien détaillée de chaque espace est attendu pour illustrer au mieux.

Pourquoi ? Ces dessins sont les premiers schémas de nos futures unités paysagères. Les dessiner précisément avec les populations permet de ne rien oublier.

4. Discuter des dynamiques de chacun des paysages décrits. Connaître leur passé, leur évolution. Différencier l'action anthropique de l'action climatique.

Pourquoi ? L'objectif est de réussir à faire un schéma des dynamiques territoriales.

5. Donner le questionnaire à chaque membre du focus group individuellement. (ANNEXE 3 et 4)

Pourquoi ? Ce questionnaire vise à connaître les usages, l'importance économique et l'importance culturelle de chacun des paysages décrit précédemment. L'avis de chacun nous intéresse et doit donc être individuel. Il faut éviter que les membres s'influencent entre eux dans leurs réponses.

6. Discuter et noter les besoins qu'ils auraient, en termes de reboisement notamment. Comprendre leurs besoins primaires (économie) et les besoins liés (type de bois).

Pourquoi ? Intéressant à savoir pour la suite du projet et pour anticiper le type d'espèce qui intéresse.

Tips (*général*) : Ne pas prévoir de questionnaire en amont, les questions se feront au feeling en fonction de ce qui ressort.

Tips (*étape 2/3*) : Si certaines unités paysagères sont évoquées mais n'existent plus à cause d'événements naturels ou de destructions par l'homme, les noter quand même mais elles n'apparaîtront pas sur la carte.

Tips (*étape 4*) : Faire un code couleur pour différencier l'impact de l'homme et l'impact des conséquences naturelles (ex : réchauffement climatique, cyclones, ressources en eau ...).

Tips (*étape 6*) : Utiliser un tableau pour classer les types de besoins. Exemple de tableau ci-dessous.

BESOIN PRIMAIRE	BESOIN LIES	RESSOURCES NECESSAIRES
<i>Construire des habitations</i>	<i>Bois de construction</i>	<i>Terres adaptées/ ressource en eau</i>
....		

Annexe 3 : Objectif et fonctionnement du questionnaire

L'objectif de ce questionnaire est de comprendre le rapport que les populations ont à leur environnement et donc aux espaces qui les entoure. L'objectif est de connaître l'usage qu'ils en font ainsi que la notion socio-économique et socio-culturelle qu'ils apportent.

Les notes attribuées iront de 0 à 5, en fonction des perceptions de chacun.

- 0 = Aucune importance
- 1 = Très faible importance
- 2 = Faible importance
- 3 = Importance moyenne
- 4 = Important
- 5 = Très important

Il sera également intéressant de connaître l'âge, le métier et le sexe des interrogés pour mieux analyser les réponses.

Les unités paysagères ne seront déterminées qu'au cours des focus group. Donner un chiffre aux unités paysagères dans le tableau, ce chiffre correspondra au dessin numéroté fait préalablement lors du focus group.

Exemple :

Cette ligne nous informe que la forêt représente une ressource économique majeure et s'inscrit également dans la culture.

Unité paysagère	Usage de l'espace	Aspect socio-économique (0 – 5)	Aspect socio-culturel (0 – 5)
1 (forêt)	Bois de construction, bois de chauffe	5	3
...			

Annexe 4 : Fiche type du questionnaire à utiliser lors des focus group

Numéro du focus groupe :

Nom :

Village :

Métier :

Age :

Unité paysagère	Usage	Aspect socio-économique (0 – 5)	Aspect socio-culturel (0 – 5)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

11			
12			
13			

Annexe 5 : Protocole d'analyse du sol

Matériel

Sur le terrain	Retour terrain
- Outil pour creuser (petite pelle...) - 1 (ou 2) couteau - Quadrat - Sacs plastique (x200) (pour prendre les échantillons) - Marqueur indélébile (pour écrire sur les sachets plastiques) x1 - Cahier x2 - Crayon x1 - Règle graduée (+de 30cm)	- Papier pH - Eau pH neutre - Bocaux/bouteilles droites (sans formes) (x50) - Code Munsell / appli mobile (si fiable)

Protocole

Pour chaque test : se référer à la « fiche méthode d'analyse de sol » en **annexe 6**.

Avant de creuser un trou

- 1- Test d'état de surface : décrire la surface rapidement (types de plantes, aspect général, éléments sur le dessus...)

ex : bcp de graminés → signe d'écosystème dégradé

Ravenale (arbre du voyageur) → écosystème dégradé

Après avoir creusé le trou

- 2- Prendre un échantillon de terre et le mettre dans un sac plastique (une grosse poignée)
 - ➔ Si dur : on prend un échantillon au-dessus puis en dessous (plus meuble)
 - ➔ Si meuble on prend 1 échantillon (en enlevant le humus et la matière organique au-dessus)
- 3- Noter au marqueur sur le sac à quel point GPS l'échantillon correspond (+ marquer aussi sur un papier à mettre dans le sac)

- 4- Regarder l'activité biologique (Galleries visibles ? Champignons vers la surface ? Lombrics ?)
- 5- Faire le test de compacité (du couteau) :
 - a. Faire le test à 3 niveaux différents (10-20-30cm de profondeur)

+ planter le couteau jusqu'à tomber sur un sol peu compact/meuble et **relever à quelle profondeur de sol cela correspond**
- 6- Faire le test de granulométrie :
 - a. Méthode du boudin de terre (humidifier on morceau de terre et en faire un boudin : voir détail de l'analyse sur la fiche méthode.

Retour au bureau

- 7- Faire test colorimétrie
- 8- Faire test pH
- 9- Faire test bocal

Annexe 6 : Fiche méthode d'analyse du sol

Sommaire

1. Liste des tests, objectifs, méthode, matériel, résultats	2
2. Protocole des tests à réaliser	4
a. Test de l'état de surface	4
b. Test de compacité.....	5
c. Test du boudin de terre.....	6
4. Test granulométrie : test de sédimentation (test « du bocal »)	7
5. Colorimétrie.....	9
6. Mesure du pH	10
7. Activité biologique.....	11
Liens utiles	12

1. Liste des tests, objectifs, méthode, matériel, résultats

Test	Objectif	Pourquoi ?	Exemples d'interprétation	Méthode utilisée	Matériel	Résultats
------	----------	------------	---------------------------	------------------	----------	-----------

Etat de surface	Décrire l'aspect général du sol, et dire si des éléments sont présents à la surface du sol étudié (humus, plantes...)	Avoir un aperçu de la potentielle fertilité ou non d'un sol et des	- Un sol aride sans aucune végétation dessus peut indiquer un manque de fertilité. - Un sol avec beaucoup de végétation	Méthode du quadrat / analyse visuelle	Quadrat (1m x 1m)	Estimation d'un pourcentage de végétation
Compacité	Savoir si le sol est plus ou moins compact	Si un sol est trop compact, cela peut empêcher les plantes de se développer. Des essences qui peuvent se développer dans un sol compact pourront alors être proposées	- Meuble : Matériau non cohérent, le couteau pénètre facilement dans l'horizon testé - Peu compact : Un léger effort est nécessaire pour enfoncer le couteau dans l'horizon testé, il s'enfonce jusqu'à la garde - Moyennement compact : Le couteau ne peut s'enfoncer jusqu'à la garde qu'avec difficulté - Compact : Le couteau ne pénètre que partiellement, même sous un effort important - Très compact : Il n'est pas possible d'enfoncer le couteau de plus de quelques millimètres.	Couteux planté	Couteau (pas trop court de préférence) machette	
Granulométrie	Définir la proportion de sable, argile, limon et la taille des éléments composant le sol	La composition donne des informations sur le régime hydrique. C'est un facteur déterminant dans l'aération du sol et de sa porosité.	- Sol sableux : sec et pauvre en substances nutritives. Les réserves en eau seront faibles puisque l'eau aura tendance à s'écouler plus rapidement vers les nappes. - Sol argileux : fertile. Moins aéré qu'un sol sableux. Il laisse difficilement passer l'eau. En période sèche, il se durcit. - Sol limoneux : riche et fertile, facilement compactable Plus d'infos sur les propriétés des sols : alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-types-de-sols-s1330	Test 1 : Méthode du boudin de terre Test 2 : Test de sédimentation (« du bocal »)	- Test 1 : pas de matériel - Test 2 : Un bocal (+ de l'eau)	Obtention de pourcentages pour caractériser la composition du sol (pourcentage de sable, de graviers...)
Colorimétrie	Donner des informations sur le type de sol	Sert à caractériser le sol et sa composition	- Si la couleur du sol est foncée, elle est probablement riche et fertile ; - Si la couleur est claire, elle est probablement pauvre et devra être amendée avec du compost et du fumier.	Code Munsell	Code Munsell / téléphone (appli ?)	Donne une couleur universelle pour avoir des informations sur la fertilité du sol et sur ses caractéristiques (potentiels matériaux...)
pH	Déterminer si un sol est plutôt acide/basique/neutre	Le pH influence la disponibilité en éléments nutritifs pour la plante. En fonction des plantes et de ses besoins, le pH adapté varie.	- La Vicia Villosa a la capacité de se développer sur des sols acides (jusqu'à 4,5) - D'autres espèces ont quant à elles besoin d'un pH proche de 7, ou plus élevé pour se développer.	Méthode du papier pH / pHmètre si à disposition	pHmètre ou papier pH + eau neutre en pH	Obtention d'un pH du sol

Activité biologique	Décrire les espèces visibles sur l'espace étudié	Les organismes transforment la matière organique en minéraux. Ainsi, plus il y a de bactéries, plus le sol est fertile. En fonction des bactéries présentes sur le sol, la fertilité de celui-ci ne sera pas toujours la même.	- La présence de lombrics peut par exemple être un indice de fertilité d'un sol	/	/	Information sur la potentielle fertilité du sol et sur richesse en termes d'activité biologique
----------------------------	--	--	---	---	---	---

2. Protocole des tests à réaliser

.9. Test de l'état de surface

Source : cours de pédologie – 4^{ème} année – Polytech Tours – Département Aménagement et Environnement

Matériel :

- 4 tiges en bois d'1m

Protocole :

1. Choisir un endroit suffisamment grand pour recenser au moins 2 carrés de 1 m² différents.
2. Positionner le carré de 1m par 1m sur le sol (de préférence sur des zones représentatives de l'espace étudié) et le maintenir en place sans le déplacer durant tout le temps du recensement.
3. Localiser le carré sur une carte (associer à un point GPS pris dans le cadre de l'analyse des unités paysagères)
4. Décrire la végétation et les espèces présentes dans le quadrat (proportion de végétation / de sol nu ; espèces visibles ; et autres observations visuelles) et noter ces observations
5. Répéter cette étape sur un second espace proche



.10. Test de compacité

Source : « Sol - La structure d'un sol ». s. d. Consulté le 17 juillet 2023.
https://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/2_2_StructureSol.html.

Ce test vise à définir la compacité du sol, pouvant aller d'un état meuble, à un sol très compact. Pour réaliser ce test, nous utiliserons la fosse créée précédemment, **un couteau sera enfoncé dans le sol**. Selon si le couteau pénètre facilement ou non, on pourra classifier le sol.

Matériel :

- Un couteau

Analyse des résultats (en fonction de l'enfoncement du couteau) :

- **Meuble** : Matériau non cohérent, le couteau pénètre facilement dans l'horizon testé
- **Peu compact** : Un léger effort est nécessaire pour enfoncer le couteau dans l'horizon testé, il s'enfonce jusqu'à la garde.
- **Moyennement compact** : Le couteau ne peut s'enfoncer jusqu'à la garde qu'avec difficulté
- **Compact** : Le couteau ne pénètre que partiellement, même sous un effort important
- **Très compact** : Il n'est pas possible d'enfoncer le couteau de plus de quelques millimètres.

.11. Test du boudin de terre

Source : « AGRITEC SA - Reconnaître le type de sol (test du boudin) ». s. d. Consulté le 25 mai 2023. <http://www.agritecgroup.com/astuces-agronomiques/59-reconnaitre-le-type-de-sol-test-du-boudin.html>.

Protocole :

1. Prenez un peu de terre dans votre main et mouillez-la légèrement ; malaxez-la pour faire une boule. Si elle colle fortement sans trop salir les doigts, elle est probablement riche en argile et en limon fin. Autre indice de cette richesse : écrasez la terre entre le pouce et l'index. Si elle est peu collante mais salit les mains, elle est probablement riche en limons, et moins en argile.
2. Écrasez la terre entre le pouce et l'index. Si vous ressentez un aspect soyeux, c'est le signe de la présence de limons fins et d'argile. En revanche si vous sentez entre vos doigts des petits grains rugueux plus ou moins gros qui grattent et crissent, il s'agit de sables plus ou moins grossiers.
3. Maintenant, roulez la boule pour en faire un boudin entre vos deux paumes.
 - ➔ Si vous sentez les particules entre vos doigts et que la terre a un aspect rugueux, votre sol est probablement sableux. Le sable ne retient pas beaucoup l'eau, et si vous formez une boule, elle va s'effriter facilement. Il n'y aura pas d'aspect collant ; si vous ne parvenez pas à l'affiner sans le casser (boudin grossier), c'est que la terre manque d'argile et de limon. Votre sol est donc à tendance sableuse (sable à sablo limoneux).



- ➔ Si vous pouvez faire un boudin plus fin (2 à 7 mm) sans le casser, il s'agit d'un sol limoneux (limono sableux à limoneux).
- ➔ Lorsque vous formez une boule, cette boule est collante et légèrement caoutchouteuse, très lisse et soyeuse, cela indique la présence d'argile. Si vous parvenez aisément à faire un boudin de moins de 2 mm et que vous pouvez le courber sans le casser, votre sol est à dominante argileuse (argileux à argilo-limoneux).
- ➔ S'il se casse, votre terre est plutôt limono-argileuse.

Bien entendu, il existe de nombreux intermédiaire : riche en argile et en sable, terre dite franche, c'est à dire bien équilibrée entre l'argile, les limons et les sables grossiers.... Dans tous les cas, pour améliorer la terre, si elle s'avère compacte et difficile à travailler, vous devrez apporter beaucoup de compost ou de fumier afin de remonter le taux d'humus. Voir aussi le test du pH pour connaître l'acidité de la terre.

Ce test permet ainsi d'avoir un aperçu de la granulométrie. On peut compléter ce test avec le test de sédimentation (dit « du bocal »).

.12. Test granulométrie : test de sédimentation (test « du bocal »)

Source : « Test du bocal d'eau : pour estimer la texture du sol ». s. d. Espace pour la vie. Consulté le 25 mai 2023. <https://espacepurlavie.ca/test-du-bocal-deau-pour-estimer-la-texture-du-sol/>. ; « Analyse du sol, facile, gratuite, à faire vous-même ». s. d. Le Jardin des Médicinales. Consulté le 17 juillet 2023. <https://le-jardin-des-medicinales.com/analyse-du-sol/>.

Protocole :

- 1- Prendre un bocal de plus de 0.5L (1L dans l'idéal)
- 2- Remplir à moitié d'un échantillon de sol (pas tassé)
- 3- Rajouter de l'eau jusqu'en haut (laisser une petite marge d'air)
- 4- Fermer et remuer énergiquement pendant 2min
- 5- Laisser décanter pendant 2 jours (dans l'idéal pour laisser le temps aux argiles de se déposer)

Analyse :

On mesure ensuite la hauteur de chaque couche pour déterminer un **pourcentage de chaque élément en faisant le rapport avec la hauteur totale.**

Exemple :

Le bocal ci-joint contient environ 35,7 % de sable, 28,6 % de limon et 35,7 % d'argile. Le sol est de texture argileuse.

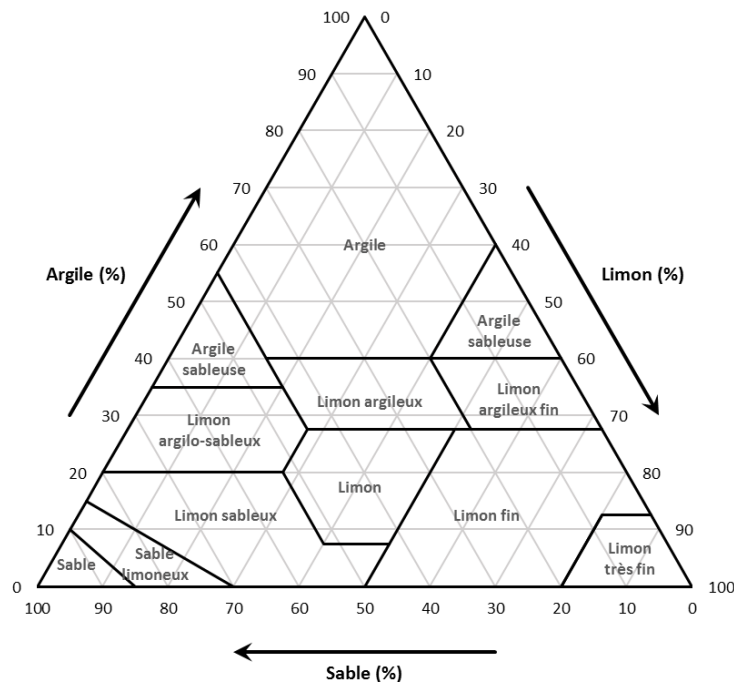
$$\% \text{ sable} = (2,5 \text{ cm} \times 100) \div 7 \text{ cm} = 35,7 \%$$

$$\% \text{ limon} = (2 \text{ cm} \times 100) \div 7 \text{ cm} = 28,6 \%$$

$$\% \text{ argile} = (2,5 \text{ cm} \times 100) \div 7 \text{ cm} = 35,7 \%$$



Pour déterminer à quel groupe appartient le sol, il s'agit ensuite de se référer au tableau diagramme suivant :



.13. Colorimétrie

La couleur du sol peut également être observée sur le terrain à l'aide de la charte Munsell. Cette charte nous permettra d'identifier les couleurs des échantillons récupérés, grâce à un système chromatique codé qui prend en compte : la luminosité, les teintes, et la saturation. L'intérêt d'utiliser ce nuancier est d'utiliser des codes de référence communs pour décrire les sédiments étudiés (limon, sable, argile ...).

Code Munsell :

Si aucun code Munsell n'est à disposition, des applications existent et peuvent permettre d'avoir un ordre d'idée de la colorimétrie du sol (erreurs de précision possible selon la qualité de l'écran de téléphone utilisé).

Protocole :

1. Prendre un échantillon de terre
2. L'humidifier
3. Comparer à la charte colorimétrique (sur le code Munsell ou sur le téléphone)
4. Associer au code couleur correspondant



.14. Mesure du pH

Source : <https://www.globe-swiss.ch/files/Downloads/372/Download/protocole%20mesure%20pH.pdf>

A noter : Cette analyse peut prendre un peu de temps, il est possible de prendre des échantillons de sol pour faire l'analyse après la phase de terrain

Protocole :

1. Dans un récipient, remplir une quantité de 50% de sol et 50% d'eau (au pH neutre)
2. Remuer le mélange sol/eau avec une cuillère ou autre jusqu'à ce qu'il soit totalement mélangé. Remuer le mélange sol/eau pendant 30 secondes puis attendez pendant trois minutes et répétez cinq fois ce cycle remuer/attendre. Ensuite, laissez le mélange reposer jusqu'à ce qu'une couche surnageante (liquide plus clair au-dessus du sol) se forme (environ 5 minutes)
3. Mesurer le pH de la couche surnageante en utilisant le papier pH. Plongez le papier pH dans la couche surnageante et relevez la mesure du pH. Reportez-la sur la fiche de relevée de données du pH du sol.
4. Répétez les étapes 1 à 3 pour les autres échantillons à faire.

.15. Activité biologique

Après avoir creusé un trou, l'objectif est de décrire si des organismes sont visibles, et si des galeries sont présentes.

Si des galeries sont présentes en grand nombre et que leur diamètre est important, l'activité biologique est alors importante. Dans l'autre cas, un manque d'activité biologique peut être synonyme de manque de fertilité du sol et d'un manque d'aération.

Annexe 7 : Essence d'arbres retrouvées dans les forêts primaires

Forêt primaire	
Nom vernaculaire	Nom scientifique
avy avy	
fahotro	
farafaka	<i>Givotia madagascariensis</i>
harahara	
haraka sely vato	
hazambo	<i>Elvinia jalberti (Calantica j.)</i>
hazoba	

