



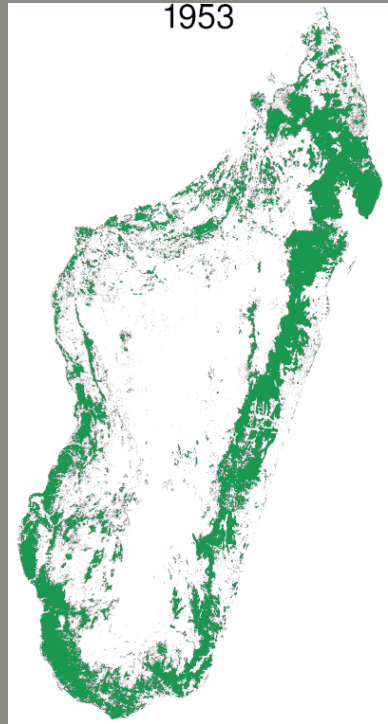
**«*RESTAURATION DES PAYSAGES ET DES FORETS,
LA PLACE DES RECHERCHES*»**

Julien Noël RAKOTOARISOA

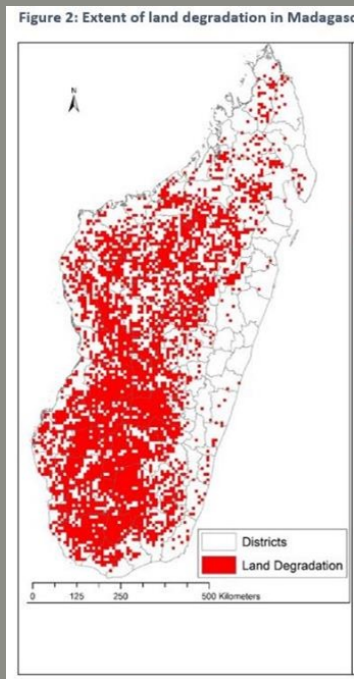
Point Focal National AFR100/RPF Madagascar – Team
Management AUDA-NEPAD, Représentant de l’Afrique
Austral

Antananarivo, 05 décembre 2025

Aperçu de la situation de la dégradation



1953 -2014



Récapitulatif des déclinaisons de l'engagement (Bonn Challenge, AFR100, MAD4, ...)

Engagement mondial de restaurer
350 millions d'hectare de terre dégradées
et déboisées d'ici 2030 (2014)

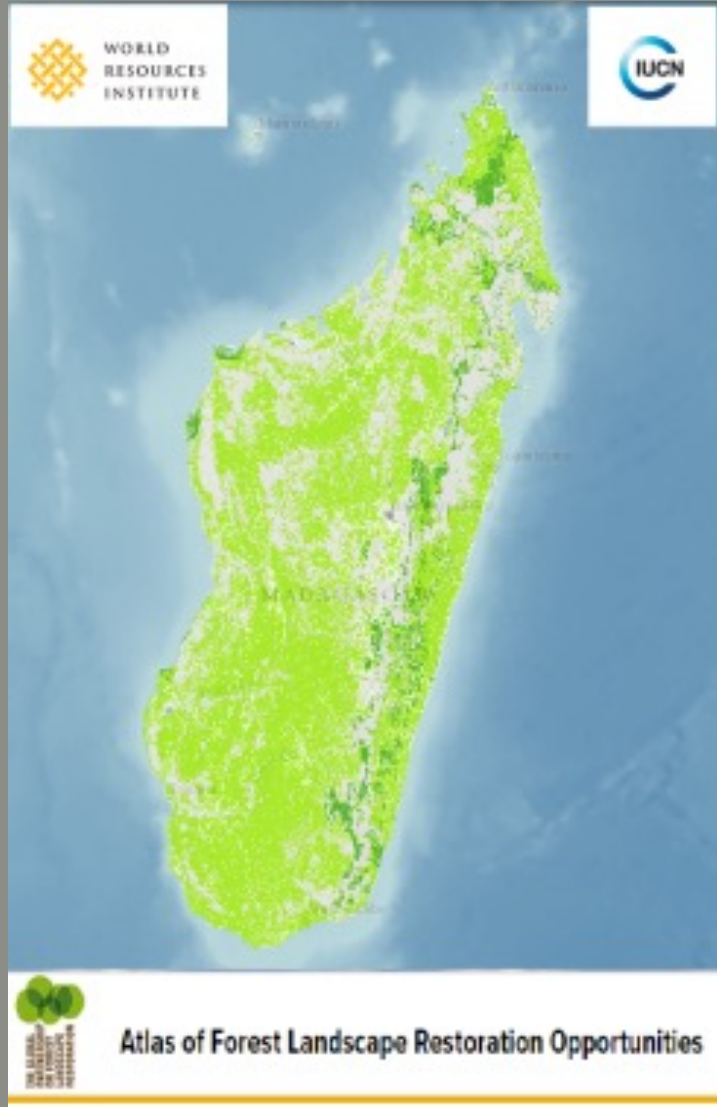


Engagement de l'Afrique à restaurer
100 millions d'hectare de terre dégradées
et déboisées d'ici 2030 (2015)



Engagement de Madagascar à restaurer
4 millions d'hectare de terre dégradées
et déboisées d'ici 2030 (2015)





4

Superficie engagée à restaurer d'ici 2030

1.5 Mha

En cours de restauration

12 %

Couvert Forestier

Engagement de Madagascar à restaurer

4millions d'hectare de terre dégradées et déboisées d'ici 2030 (2015)



Julien Noel
RAKOTOARISOA
AFR100 Focal Point,
Madagascar

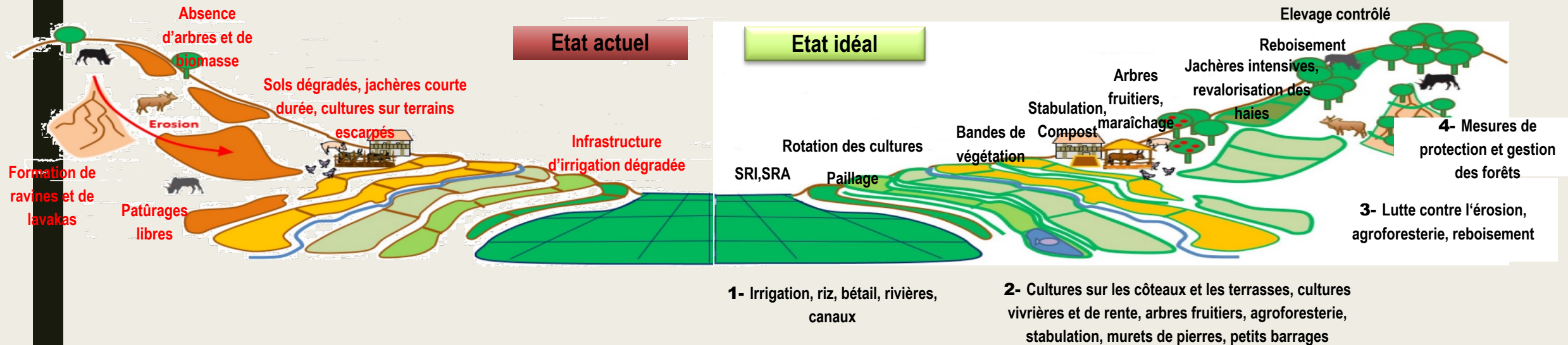
julien.soa@yahoo.com

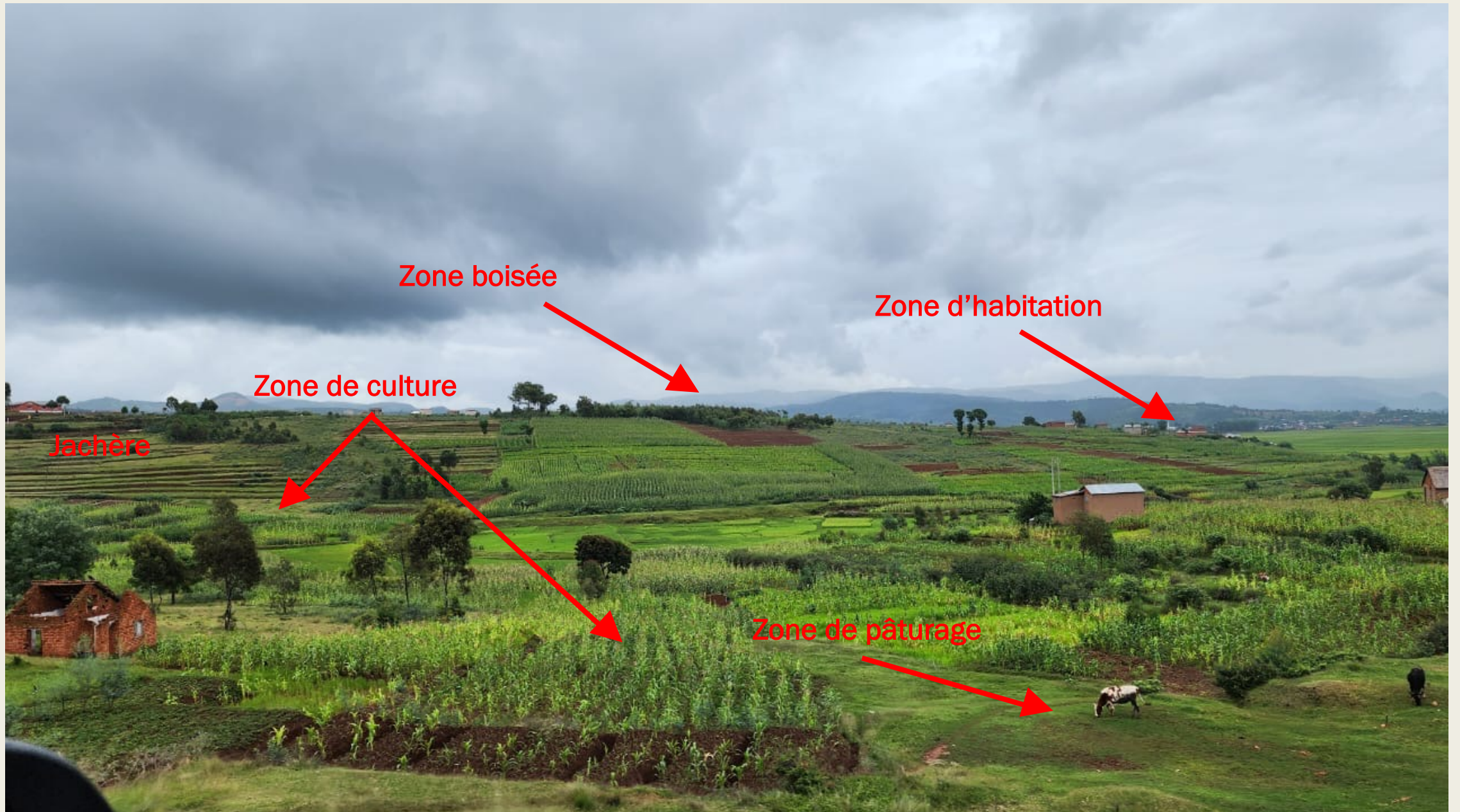
Les autres outils déjà développés pour accompagner le processus RPF



Notion de partage pour le concept RPF

Organisation de l'utilisation des terres se basant sur l'analyse des rôles des différents éléments de l'écosystème au niveau du paysage





Zone boisée

Zone d'habitation

Zone de culture

Jachère

Zone de pâturage



SYSTÈME DE SUIVI DES RÉALISATIONS ET IMPACTS DES PROJETS DE RESTAURATION

Pour mieux comptabiliser les résultats des efforts de restauration par rapport à l'engagement



Types de RPF utilisés	Nombre d'années pour atteindre les objectifs de restauration	Explications/bibliographie	Site de référence pour les tests sur terrain (cas Madagascar)
<i>Restauration forestière</i>			
<u>Reboisement et reforestation</u>			
1- Reboisement sur terres dégradées (plantation d'arbres, semis direct)	3-5	Même si les plantations de 5 ans (d'afforestation ou de reforestation) sont toujours vulnérables aux feux, les jeunes futaies ainsi obtenues produisent déjà de la biomasse avec des impacts positifs au niveau des sols. Nombre d'années de référence selon les types de climats : 3-4 ans pour les zones humides et à partir 5 ans pour les zones sèches et semi-aride.	<u>Ecorégion humide (DIANA)</u> : Espèces dominantes utilisées : les genres <i>Acacia</i>, les genres <i>Eucalyptus</i>, <i>Terminalia catappa</i>, <i>Khaya madagascariensis</i> et <i>senegalensis</i>, <i>Albizzia lebbbeck</i>, <i>Moringa oleifera</i>... <u>Ecorégion sèche et semi-aride (Boeny, Betsiboka)</u> : Espèces dominantes utilisées : les genres <i>Acacia</i>, les genres <i>Corymbia</i>, <i>Terminalia mantaly</i>, <i>Khaya senegalensis</i>...
2- Régénération Assistée dans les forêts non naturelles	2	Cette type de restauration consiste aux conduites sylvicoles adaptés aux forêts artificielles, comme par exemple les dépressages pour favoriser les régénérations naturelles des <i>Pinus</i> , ou les traitements des rejets au niveau des souches d' <i>Eucalyptus</i> . Après 2 ans du traitement, les peuplements traités sont déjà en bonne voie de reconstitution.	

Types de RPF utilisés	Nombre d'années pour atteindre les objectifs de restauration	Explications/bibliographie	Site de référence pour les tests sur terrain (cas Madagascar)
<i>Restauration forestière</i>			
<u>Restauration des forêts naturelles</u>			
3- Restauration de mangroves (plants plantés et régénération naturelle)	3	A partir de 3 ans, les plantations ou les régénérations naturelle au niveau des mangroves sont déjà considérées plantations réussies et commencent à produire plusieurs types de services écosystémiques.	
4- Régénération Naturelle Assistée (Enrichissement, favorisation sauvageons ...)	5 à 7	Les espèces autochtones en forêts naturelles sont très souvent des espèces à croissance lente, et le développement des régénérations naturelles sont tributaires de plusieurs paramètres liés à la biologie de l'espèce même (tempérament, exigence des graines ...), ainsi qu'aux conditions édaphiques et écologique. Ainsi, la reconstitution naturelle de ces types de forêts nécessite au moins cinq ans pour être appréciable en matière restauration. A partir 5 ans (zones humides) A partir 7 ans (zones sèches et semi-aride)	<u>Ecorégion humide (DIANA)</u> : Espèces dominantes utilisées – uniquement <i>espèces autochtones et naturalisées présentes dans la zone</i> (croissance assez lente) : <i>Khaya madagascarienses</i>, <i>Hintsia bijuga</i>, <i>Albizzia lebbeck</i>, <i>Moringa oleifera</i>... <u>Ecorégion sèche et semi-aride (Boeny, Betsiboka)</u> : Espèces dominantes utilisées – uniquement <i>espèces autochtones et naturalisées présentes dans la zone</i> (croissance assez lente) : les genres <i>Acacia</i>, les genres <i>Corymbia</i>, <i>Terminalia mantaly</i>, <i>Khaya senegalensis</i>...
5- Restauration passive (activités de surveillance, mise en place des par feux ...)	10	Ici en général, en terme d'intervention, il n'y a que la surveillance comme activité pour laisser la forêt à se régénérer naturellement.	En terme d'activité, l'on peut citer ici l'installation et entretien systématique des pare-feu avant les saisons sèches ; parfois, on mène aussi des travaux de débroussaillage sélectif au niveau des espèces assez exigeantes en forêt naturelle. Mise en place de gardes patrouilleurs permanents pour surveiller les sites de restauration.

Types de RPF utilisés	Nombre d'années pour atteindre les objectifs de restauration	Explications/bibliographie	Site de référence pour les tests sur terrain (cas Madagascar)
Agroécologie (restauration des espaces agricoles)			
6- Agroforesterie	3-5	Composé à la fois de plantes annuelles et de plantes pérennes, le système agroforestier ainsi installé présente déjà la réussite de la combinaison effectuée et commence à produire très tôt par le biais des cultures annuelles y associées. Le nombre d'année de référence concerne beaucoup plus ici l'état des espèces d'arbres intégrées dans le système.	Exemples d'association utilisés pour l'évaluation : - Sud-Est : Caféiers et Girofliers associés à du riz pluvial, haricot + bande antiérosive d'ananas et de Tephrosia - Sud : Papayers et Moringa associés à du sorgho, niébé <u>Ecorégion humide (DIANA) :</u> Especies dominantes utilisées : ** les genres <i>Acacia</i>, les genres <i>Eucalyptus</i>, <i>Terminalia catappa</i>, <i>Khaya madagascariensis</i> et <i>senegalensis</i>, <i>Albizia lebeck</i>, <i>Moringa oleifera</i>... **Fruitière : <i>Mangifera indica</i>, <i>Citrus sinensis</i>, <i>Citrus limon</i>, <i>Noni</i>, <i>Tamarindus indica</i>, <i>Artocarpus heterophyllus</i>, <i>Annona muricata</i>, <i>Mespilus germanica</i>, <i>Coffea arabica</i>, <i>Theobroma cacao</i>, <i>Anacardium occidentale</i>, <i>Annona squamosa</i>, <i>Carica papaya</i>, <i>Persea americana</i>, <i>Litchi chinensis</i>, <i>Spondias dulcis</i> <u>Ecorégion sèche et semi-aride (Boeny, Betsiboka) :</u> Especies dominantes utilisées : ** les genres <i>Acacia</i>, les genres <i>Corymbia</i>, <i>Terminalia mantaly</i>, <i>Khaya senegalensis</i>, <i>Moringa oleifera</i>, ... **<i>Cajanus cajan</i>, <i>Tephrosia sp</i> **Fruitière : <i>Mangifera indica</i>, <i>Citrus sinensis</i>, <i>Citrus limon</i>, <i>Noni</i>, <i>Tamarindus indica</i>, <i>Artocarpus heterophyllus</i>, <i>Annona muricata</i>, <i>Eriobotrya japonica</i>, <i>Anacardium occidentale</i>, <i>Annona squamosa</i>, <i>Carica papaya</i>, <i>Persea americana</i>, <i>Litchi chinensis</i>, <i>Spondias dulcis</i>

Types de RPF utilisés	Nombre d'années pour atteindre les objectifs de restauration	Explications/bibliographie	Site de référence pour les tests sur terrain (cas Madagascar)
<i>Agroécologie (restauration des espaces agricoles)</i>			
7- Rotation de cultures	2	Pour une question d'utilisation rationnelle des nutriments, l'alternance de cultures permet au sol de se reconstituer en éléments nutritifs, évitant ainsi l'épuisement des nutriments spécifiques. Par ailleurs, ce système permet aussi de prévenir la propagation des maladies spécifiques aux plantes et à réduire la pression des ravageurs. Ainsi dès la deuxième année, l'on peut bénéficier de ces avantages. <u>Principe</u> : *Respect de la succession raisonnée des cultures (graminée // légumineuse // plante à tubercule) *Rotation dans le temps et dans l'espace *Valorisation de l'engrais vert	- Graminées (riz pluvial, maïs, sorgho, mil)/Légumineuses (niébé, arachide, pois de terre)/Tubercules (patate douce, manioc) <u>Ecorégion humide (Diana), sèche et semi-aride (Boeny, Betsiboka) :</u> **Succession de cultures : *Graminées + légumineuses (Maïs + Mucuna) // Légumineuses + plantes à tubercules (Manioc + Stylosanthes) // Graminées sur couverture morte de Légumineuses (Riz sur couverture Stylosanthes) *Plante à tubercules + Légumineuse (Manioc + Stylosanthes) // Légumineuse (Stylosanthes) // Graminées (Riz ou Maïs sur couverture morte de Stylosanthes)... Cultures vivrières : Maïs, Arachide, Niébé, Riz (Nerica) Couverture : Mucuna, Stylosanthes, cajanus, ...
8- Association de cultures	1	C'est une pratique agricole qui vise à cultiver différentes espèces végétales ensemble pour en tirer des bénéfices mutuels et favorisant ainsi l'accélération de la productivité. L'association de cultures améliore la subsistance des bénéficiaires en fournissant à la fois des cultures vivrières et du fourrage pour le bétail. Ainsi, on note dès la première année d'intervention des effets significatifs.	- Sud : Sorgho ou mil associés avec du niébé ou arachide - Hautes terres et Moyen ouest et Sud Est : maïs associé avec du haricot ou niébé - Les espèces sélectionnées, tels que Culture vivrière : Maïs, Arachide, Niébé, Mucuna et Fourrage : Brachiaria, Stylosanthes, Juncao sont adaptées à toutes l'écorégion Nord et Sud garantissant ainsi leur succès.

Types de RPF utilisés	Nombre d'années pour atteindre les objectifs de restauration	Explications/bibliographie	Site de référence pour les tests sur terrain (cas Madagascar)
<i>Agroécologie (restauration des espaces agricoles)</i>			
9- Système goutte à goutte	1	C'est un système qui vise à apporter directement de l'eau à la racine pour réduire l'évaporation et l'écoulement inutile de cette ressource rare.	Sud : adoption de Système de micro-irrigation
10- Agriculture de conservation (culture sous couverture morte ou vivante, minimisation des labours ...)	2 à 3	C'est une approche d'agriculture durable Qui vise particulièrement à réduire l'érosion du sol et la promotion de la santé des sols.	- Moyen Ouest : Riz pluvial et maïs sur couverture vivante de Stylosanthès - Sud-Est : Caféier sur couverture vive d'Arachis - Riz sur couverture morte de Stylosanthes Association Maïs et Mucuna ...
11- Dispositif végétal en courbe de niveau	1	La mise en place des dispositifs végétaux en courbe de niveau permet une restauration rapide, avec des effets palpables dès la première année.	- Les espèces utilisées, notamment <i>Brachiaria</i>, <i>Cajanus</i> et <i>Tephrosia</i>, sont sélectionnées pour leur adaptabilité aux conditions de l'écorégion spécifique. - Les herbacées fournissent à prévenir l'ensablement, contribuant ainsi à arrêter le processus d'ensablement dans les zones concernées. - Les arbustes comme <i>Cajanus</i> et <i>Tephrosia</i> contribuent à stabiliser le sol et à favoriser la biodiversité locale.
12- Pâturages améliorés (avec ou sans légumineuses)	1	C'est une approche agricole de gestion de pâturage qui vise à la fois des bénéfices écologique et économique. Après quelques années d'installation, l'on note aussi des impacts notables en matière d'amélioration de la qualité de l'eau (réduction significative de l'érosion tout en améliorant l'infiltration des eaux de pluie).	Ecorégion humide (Nord) - Ecorégion sèche et semi-aride (Nord-Ouest) - Ecorégion aride au Sud : - Espèces dominantes utilisées : herbacées (<i>Brachiaria sp</i>, <i>Juncao</i>), arbres et arbustes (<i>Albizzia lebbbeck</i>, <i>Moringa oleifera</i>, <i>anacardium</i>, <i>Khaya</i>) - La culture fourragère à usage multiple comme lutte anti-érosive, pour améliorer la fertilité des sols dégradés, pour améliorer l'alimentation animale puis la lutte contre le feu à travers la création de ceintures vertes comme barrière naturelle contre les incendies de forêt (résilience aux incendies de forêt)

Types de RPF utilisés	Nombre d'années pour atteindre les objectifs de restauration	Explications/bibliographie	Site de référence pour les tests sur terrain (cas Madagascar)
<i>Défense et Restauration du Sol et gestion de l'eau</i>			
<u>Biologique</u>			
13-Jachères améliorés intégrant des espèces végétales fertilisantes	2	C'est un système qui permet une récupération des sols dégradés, avec des effets significatifs observables dans les deux ans suivant la mise en place. La sélection appropriée des espèces végétales assure l'optimisation de la réussite de cette pratique en matière d'amélioration de la fertilité du sol.	Espèce utilisées association de Graminées et légumineuses (brachiaria et stylosentès)
14- Brises vents végétales	2	Cette option est également utilisée comme bocage pour délimiter les parcelles de plantations, contribuant ainsi à la gestion structurée du terrain. A deux ans, l'on commence à avoir une certaine hauteur pour contrer l'érosion éolienne et d'en améliorer ainsi progressivement la fertilité du sol.	Les espèces utilisées, telles que Cajanus (arbustes fourragères), <i>Albizia lebbek</i> , et Moringa (arbres forestiers), sont sélectionnées pour leur capacité à fournir un brise-vent efficace tout en apportant des avantages environnementaux.

Types de RPF utilisés	Nombre d'années pour atteindre les objectifs de restauration	Explications/bibliographie	Site de référence pour les tests sur terrain (cas Madagascar)
<i>Défense et Restauration du Sol et gestion de l'eau</i>			
<u>Mécanique</u>			
15- Protection mécanique des berges	1	Même si l'effet de la protection mécanique est déjà constaté dès sa mise en place, c'est seulement un an après son installation qu'on peut confirmer que le système a tenu durant la saison de pluie.	
16- Terrassement	2	2 ans après sa mise en place, l'effet du système de terrassement commence à être appréciable en matière de gestion de l'érosion hydrique du sol et d'amélioration de l'infiltration de l'eau	Expérience dans les rizières en terrasse dans le Sud-Est de Madagascar, notamment région Haute Matsiatra
17- Demi-lunes ...	2	C'est une technique de gestion du sol qui vise à maximiser l'utilisation de l'eau et améliorer la productivité des cultures, et utilisé surtout dans les zones arides. Le système réduit le ruissellement et favorise l'infiltration de l'eau de pluie dans le sol ainsi que la concentration des nutriments au niveau des plants cultivés dans les demi-lunes. Ainsi, des effets palpables pourront être constatés dès la deuxième années de sa mise en place.	Espèces utilisées pour renforcer les demi-lunes : <i>Brachiaria sp</i> , vétiver, Pennisetum, ...
18- Restauration pour améliorer la fertilité des sols (sans engrais chimiques)	2-3	La restauration des sols est tributaires de plusieurs paramètres, toutefois 3 à 4 ans de restauration biologique pourra déjà donner des résultats palpable en matière de reconstitution du Carbone Organique du Sol (COS).	

Les trois groupes de fonctions écosystémiques

- Biodiversité
- Sol
- Eaux





Project Title (June 2025-June 2030) : **Development of the Sustainable and Diversified Rice Farming System by Reflecting the Importance of Forest Functions**

Funders:



Institutions tutelles :



Institution Partners :



Lovafitia Ratovoarimanana, Pr. Herintsitohaina Razakamanarivo, Pr. Tantely Razafimbelo, Pr. Andry Andriamananjara, Dr. Michel Rabenarivo

December 05th, 2025



Project Title (June 2025-June 2030) : **Development of the Sustainable and Diversified Rice Farming System by Reflecting the Importance of Forest Functions**

Project Purpose : *“A sustainable and diversified rice farming system is proposed by combining advanced production technology(ies) in paddy fields*, innovative dissemination methods, and scientific evidence of forest functions”*

Among the whole 04 outputs :

Output 4 purpose : Scientific evidence of the functions of the forest for sustainable rice production is/are provided as a basis for agricultural and forestry policies.



Carbon and nutrient surveys in all pools

Forest hydrology monitoring

I- Methodological approach : Selection of sub-catchments and sampling plots

1. Potential erosion modeling
2. Computation with sub-catchment and choice of wider catchment with large gradient coverage
3. Selection of plots inside the catchment

II- Carbon and nutrient surveys in all pools

III- Hydrological observation and erosion measurement

IV- Contribution of upstream landscape (composition and configuration) to sustainable rice production downstream



RUSLE model:

(Renard, et al., 1997; Wischmeier and Smith, 1978; Pandey et al., 2021)

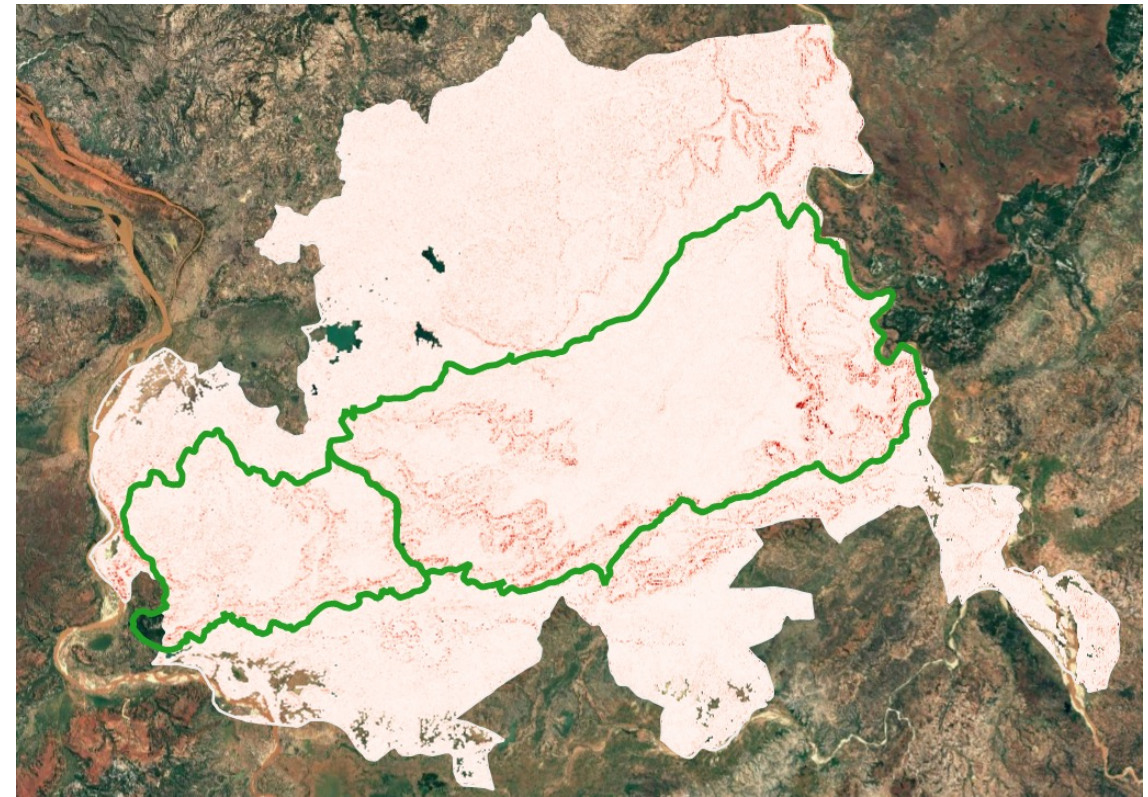
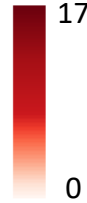
Potential erosion (pixel values)

T/ha/yr

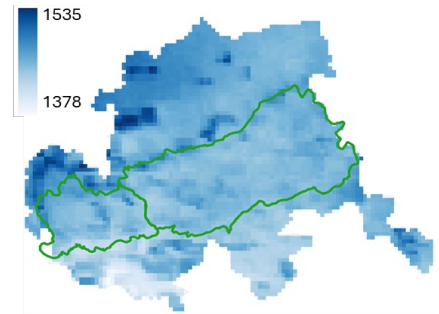
$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

avec

- A : taux d'érosion moyen potentielle ($\text{t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$),
- R : érosivité de la pluie [$\text{MJ.mm ha}^{-1} \text{ an}^{-1} \text{ h}^{-1}$],
- K : érodibilité des sols [$\text{t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$],
- L : facteur de longueur de la pente [-],
- S : facteur d'inclinaison de la pente [-],
- C : facteur d'utilisation des terres et de gestion des cultures [-]
- P : facteur de mesures de conservation [-].



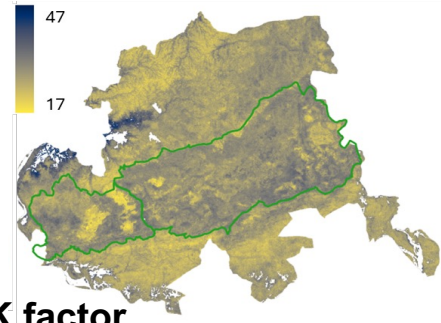
Precipitation (mm)



R factor

WorldClim - Fick and Hijmans, 2017
Precipitation data
30m

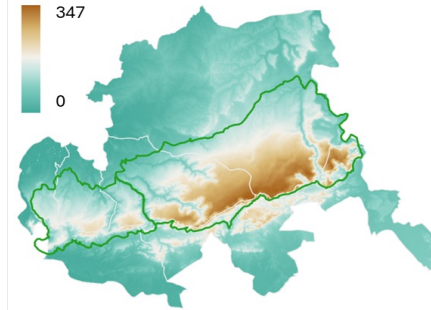
Clay (%)



K factor

iSDAsoil - Hengl et al., 2021
% Clay, silt, sand, coarse fragment,
Bulk density,...
30 m

Elevation (m)



LS factor

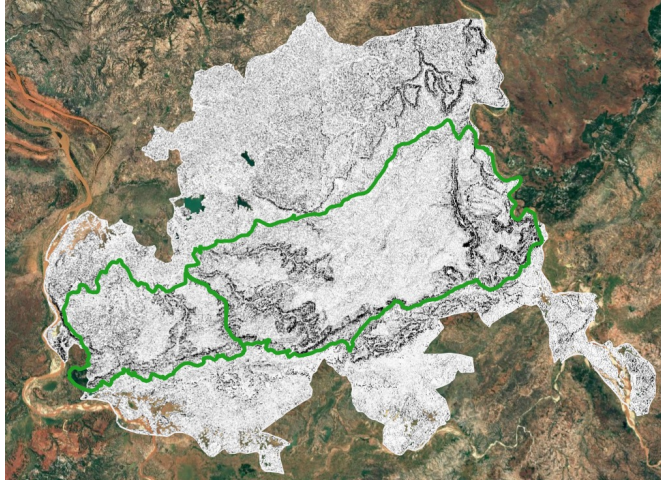
SRTM - EROS, 2017
Digital elevation model
30 m



C factor

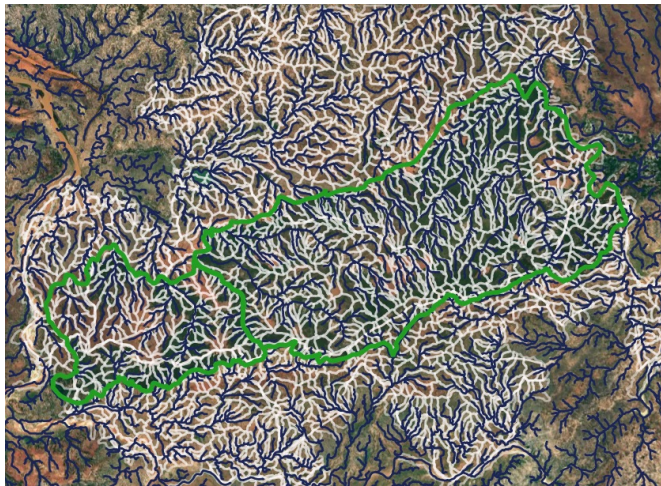
Sentinel-2
NDVI
10 m

Potential erosion (pixel values) Compared to tolerable soil loss of 1.04T/ha/yr (Ostovari et al., 2020)



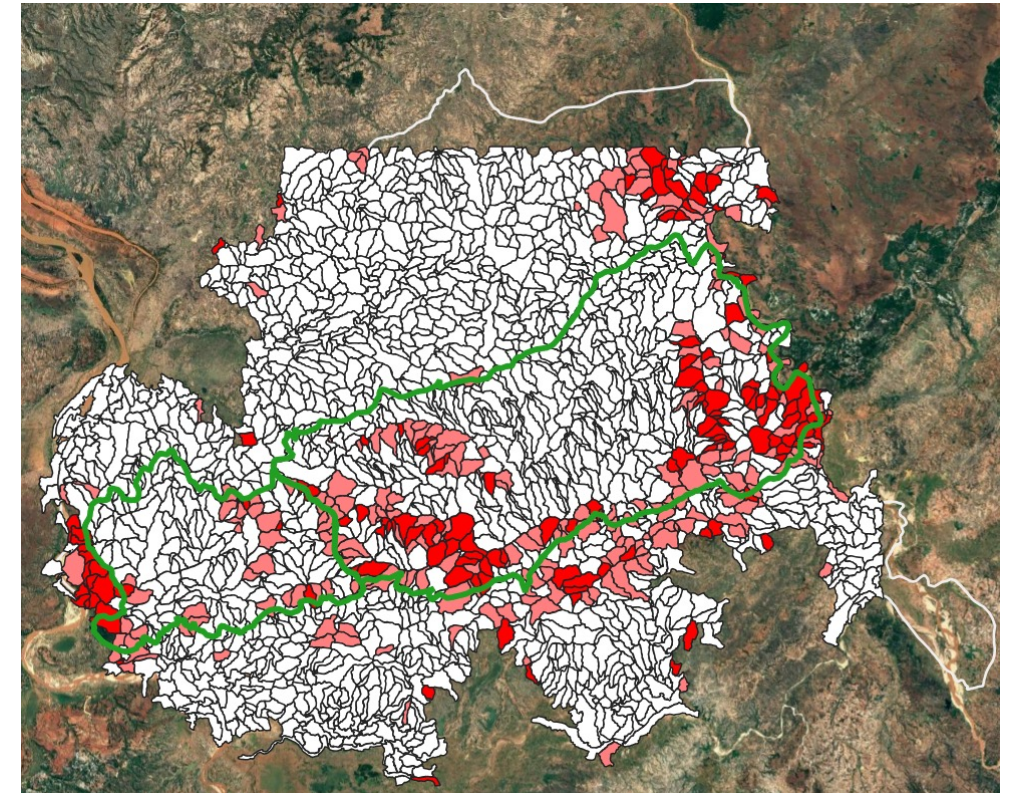
- Area above the tolerable soil loss
- Area within the tolerable soil loss

Computation with sub-catchment :



- 2642 sub-catchment
- Average : 1.3 km² (0.001 - 11.3km²)
- Surface above the threshold :
 - Range : 0 - 30%
 - Median : 0.02%
 - Last quartile : 2%

Proportion % surface above the tolerable soil loss for each sub-catchment



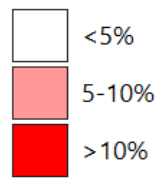
□	<5%	→ 2261 sub-catchments
□	5-10%	→ 225 sub-catchments
■	>10%	→ 156 sub-catchments

II-Main catchment selection

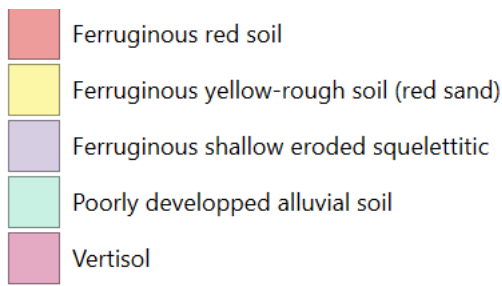
 Protected area limits

 Water stream

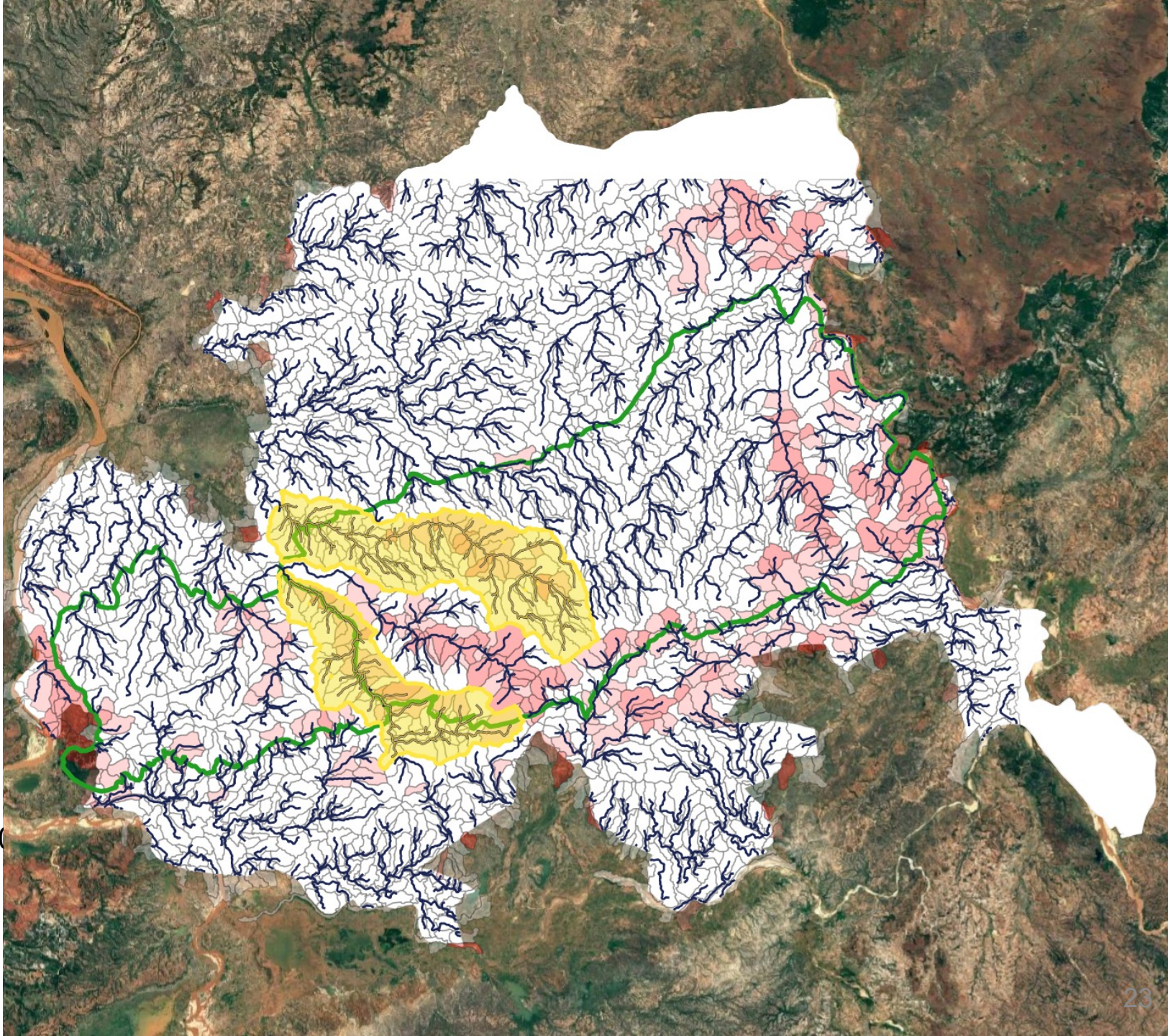
Proportion % surface above the tolerable soil loss for each sub-catchment



Soil types : (Delenne and Pelletier, 1982)

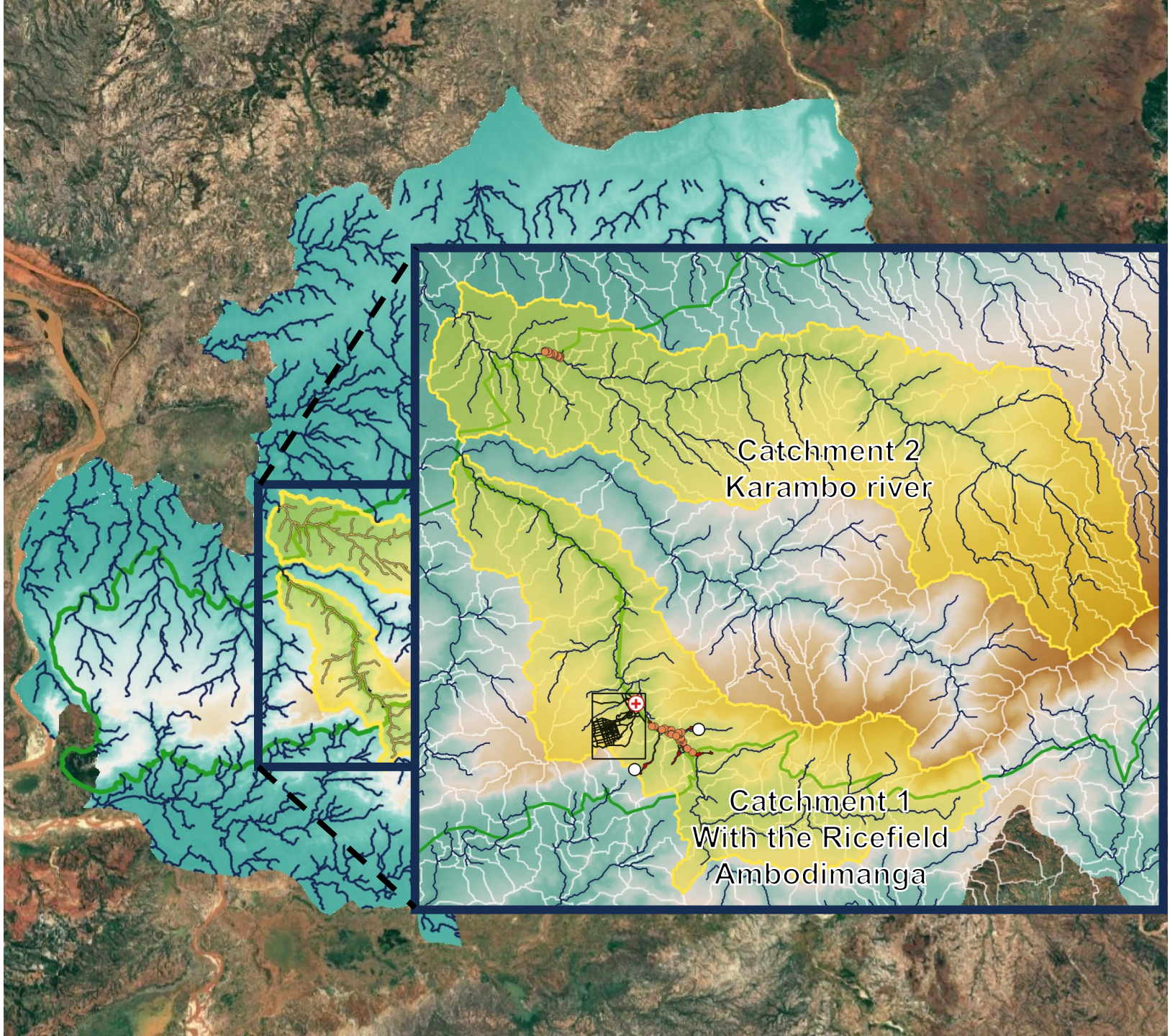


Land cover : ESA Worldcover (Zanaga et al., 2019)



Potential area of interest

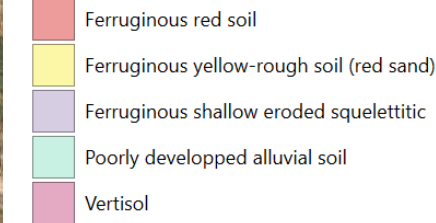
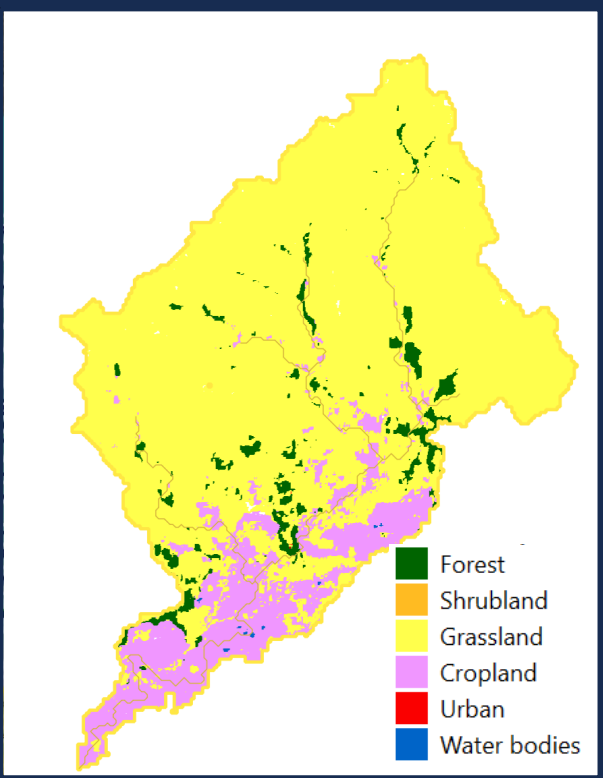
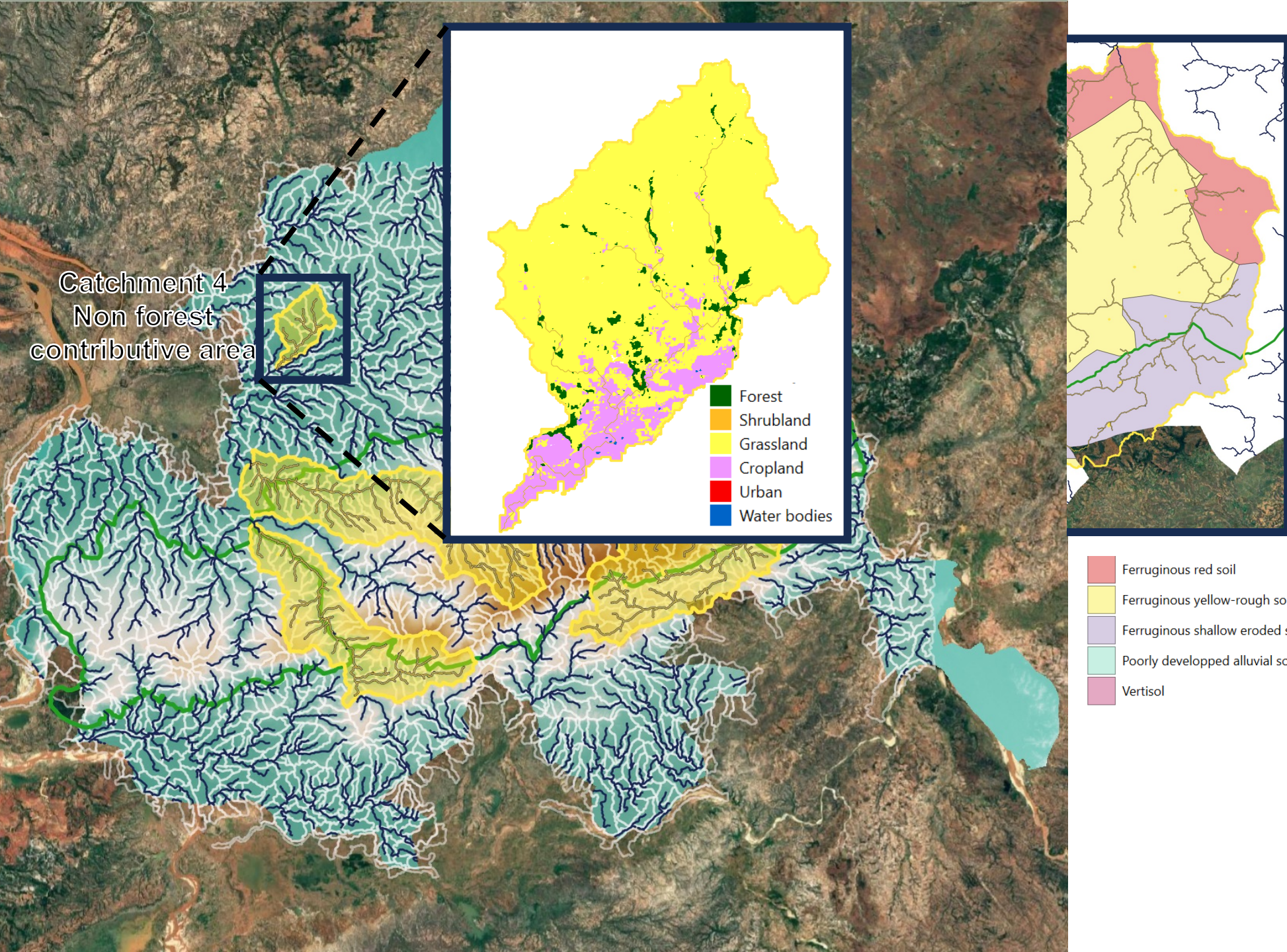
-  Main catchments
- Elevation (m)**
 -  347
 -  0
-  Weir
-  Ricefield Ambodimanga
-  Camp site
-  15 Ha trail



Potential area
of interest

Main catchments

Elevation (m)

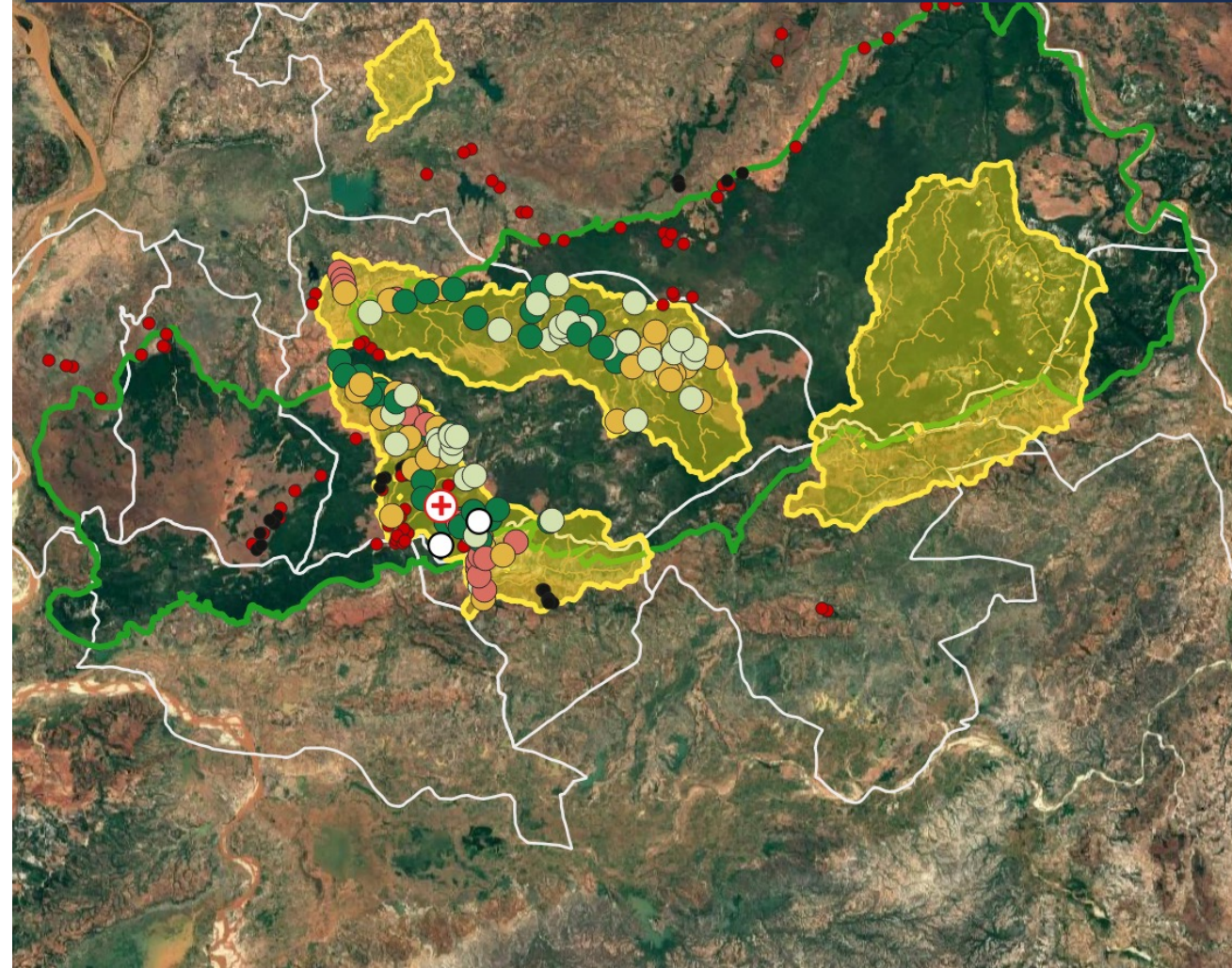
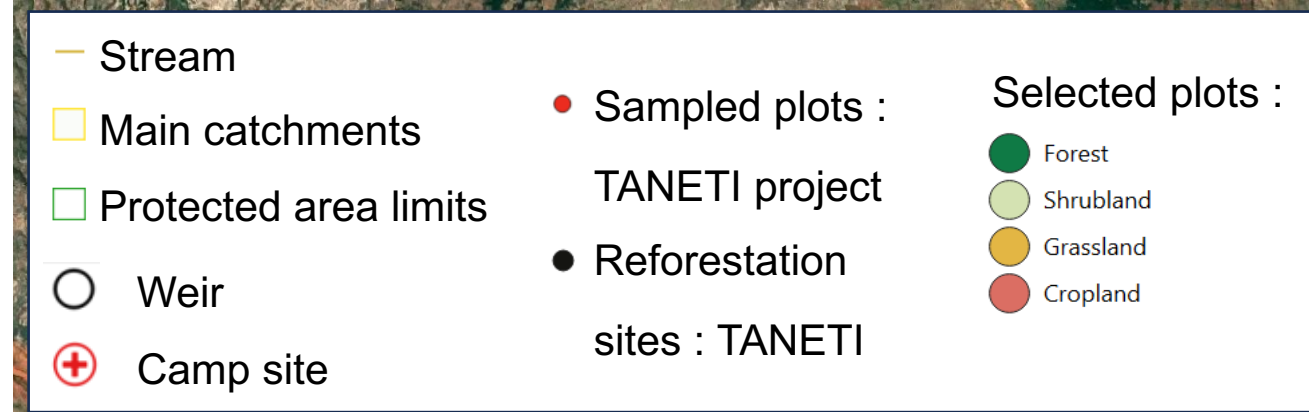




III-Sampling points selection

In catchment 1 and 2

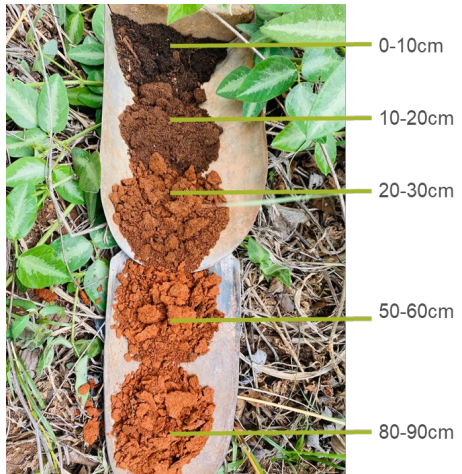
		Forest	Shrubland	Grassland	Cropland	Reforestation
Surface above the tolerable soil loss < 5%						
	Poorly developed alluvial soil			1	1	3
	Ferruginous yellow-rough soil (red sand)	4	4	4		12
	Ferruginous red soil	4	4	4		
	Ferruginous soil shallow eroded squelettitic	4	4	4	9	13
Surface above the tolerable soil loss 5 - 10 %						
	Poorly developed alluvial soil				1	
	Ferruginous yellow-rough soil (red sand)	4	4	4	3	
	Ferruginous red soil	4	4	4		
	Ferruginous soil shallow eroded squelettitic	4	4	4	2	
Surface above the tolerable soil loss > 10%						
	Poorly developed alluvial soil	2				
	Ferruginous yellow-rough soil (red sand)	4	4	4	1	
	Ferruginous red soil	4	4	4		
	Ferruginous soil shallow eroded squelettitic	4	4	4		
	TOTAL	38	36	37	17	28
				156		





II- Carbon and nutrient surveys in all pools

Soil sampling



Bulk samples

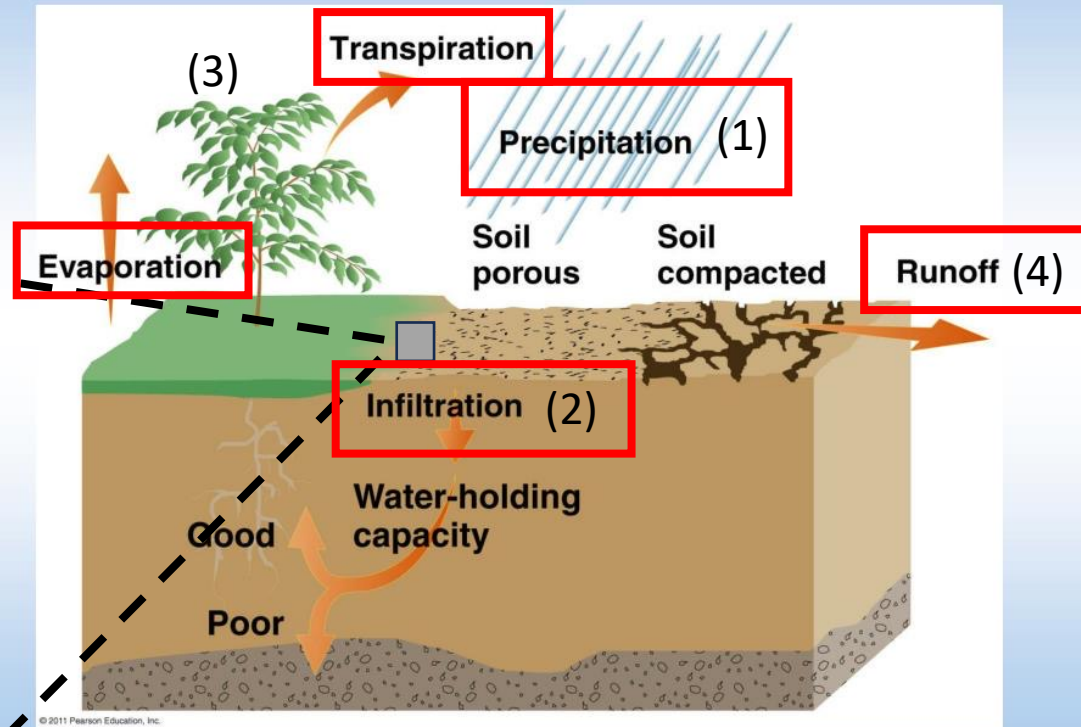


Biomass assessment



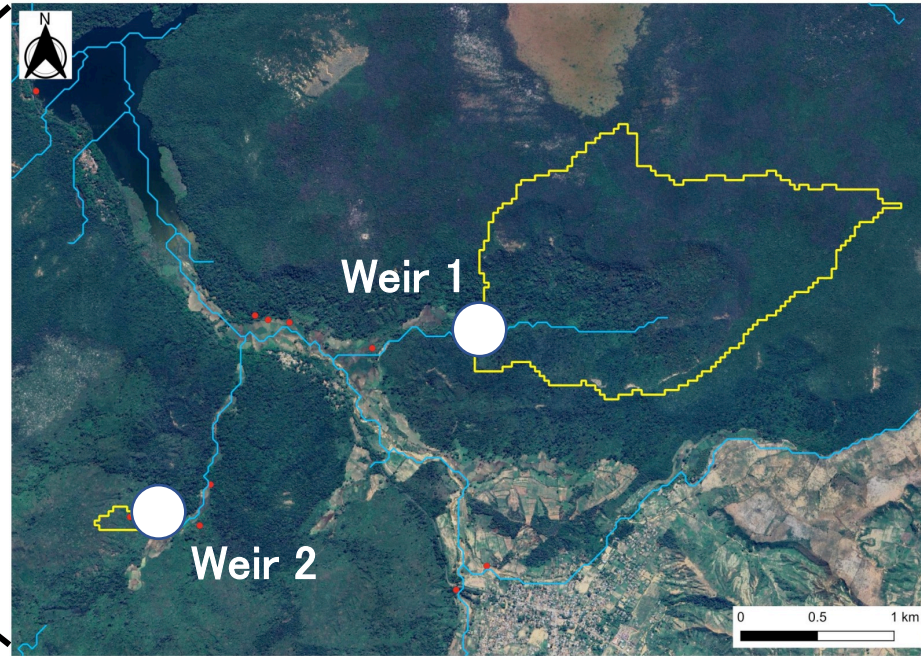
III- Hydrological observation and monitoring + Sediment yield measurement

Plant-soil-water relationship



Sediment yield





Weir 1 – Forest



**Weir 2 –
Degraded
forest**

Hydrological Observation :



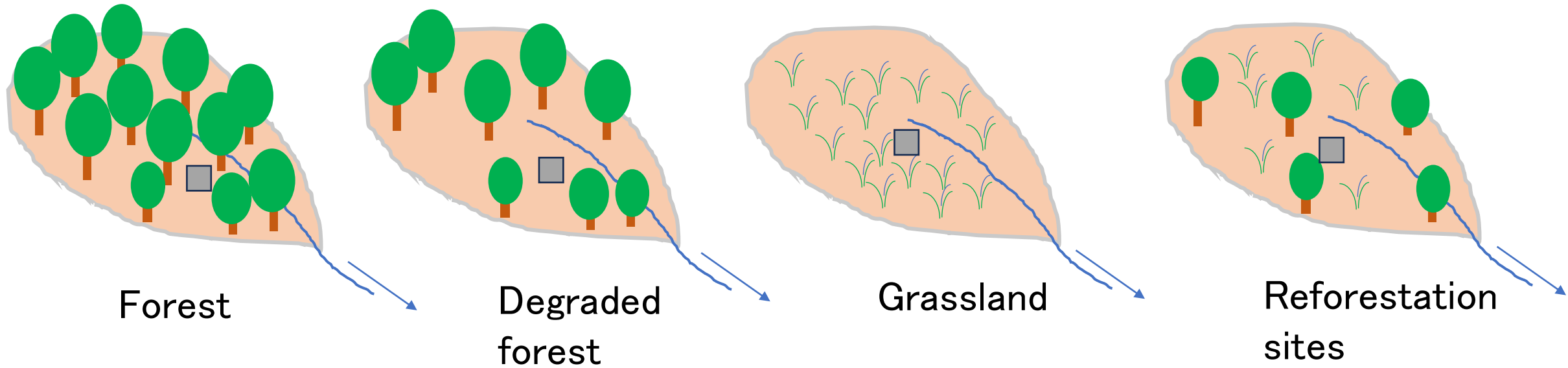
Weather Station





IV- Contribution of upstream landscape to sustainable rice production downstream

(i) Landscape composition :



Different water and sediment runoff between :

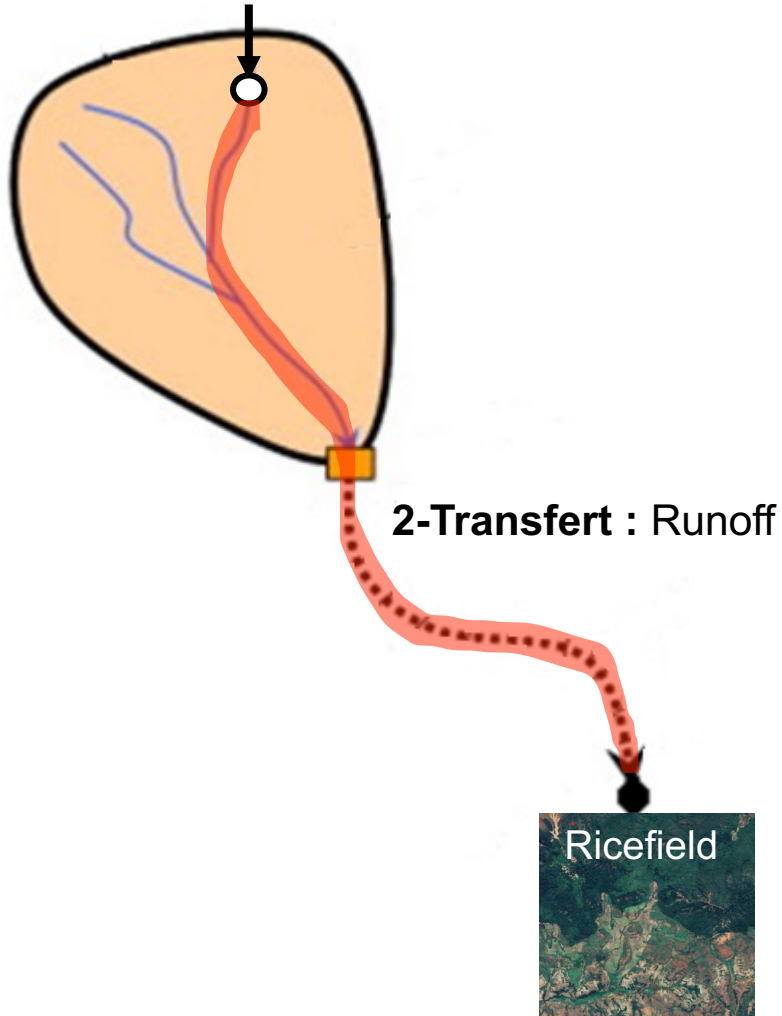
- land cover : forest vs non forest
- soil types – Elevation – Erosion classes



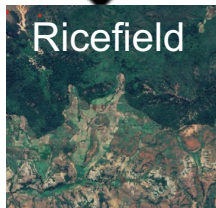
IV- Contribution of upstream landscape to sustainable rice production downstream

(ii) Landscape configuration :

1-Upstream : Sediment Source



2-Transfert : Runoff

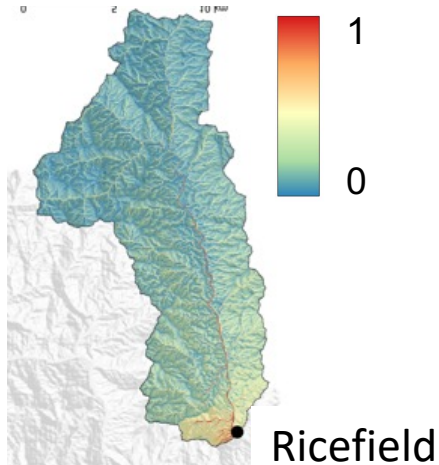


3-Downstream : Ricefield



Burial of ricefields

Redistribution of fertility



Contribution of each point in the landscape to regulate sediment yield at ricefield