

Dégradation de sols dans la côte-est de Madagascar : l'exemple de la zone d'Ampasimbe Manantsatrana (Fénérive-Est).

A.J.R.Botozandry¹, S.Tsirahamba², C. Bela³, H. Lydia⁴, B.A. Fidèle⁵, F.G.Voavy⁶

¹Docteur en Géographie - Université de Toamasina,

^{2,3}Maîtres de Conférences – Université de Toamasina,

^{4,5,6}Doctorants à l'EDT « Sciences, Culture, Société et Développement » de l'Université de Toamasina

Correspondant : botoaime@gmail.com

Contact : 034 50 700 00

Résumé

La dégradation de sol est l'un des grands problèmes du milieu physique actuel déstabilisant la vie de l'humanité et attirant les réflexions des chercheurs dans le Monde et à Madagascar. Dans les zones collinaires d'Ampasimbe Manantsatrana (17°05'30''LS et 49°28'05''LE), elle se présente sous diverses formes. Pertes en terres inférieures à 1t/ha/an en moyenne, pertes en nutriments, et modifications des qualités physiques sont les principales manifestations de cette dégradation. Les pertes en terre sont les résultats de l'érosion différentielle. Les pertes en nutriments se présentent par la diminution de taux de carbones et l'augmentation du taux d'azote, si la modification des qualités physiques par la diminution de la teneur en sables conduisant la compaction du sol. De ce fait, des recherches documentaires, des travaux sur terrain, des analyses au laboratoire ont été effectuées pour traiter le thème. Selon les types de végétation et l'action qui pèse sur elle ainsi que son évolution, les manifestations de cette dégradation sont différentes. Ce sont les zones de culture pluviale et les savoka qui sont les plus touchées.

Mots clés : Dégradation de sol, climats, végétation, érosion et Ampasimbe Manantsatrana.

Abstract

Soil degradation is one of the great problems of the current physical environment destabilizing the life of humanity and attracting the reflections of researchers in the World and in Madagascar. In the hilly areas of Ampasimbe Manantsatrana (17°05'30''LS and 49°28'05''LE), it comes in various forms. Land losses of less than 1t/ha/year on average, nutrient losses, and changes in physical qualities are the main manifestations of this degradation. Soil losses are the results of differential erosion. Nutrient losses occur through decreasing carbon levels and increasing nitrogen levels, if changes in physical

qualities through decreasing sand content lead to soil compaction. As a result, documentary research, field work, laboratory analyses were carried out to address the theme. Depending on the type of vegetation and the action that weighs on it as well as its evolution, the manifestations of this degradation are different. Rainfed areas and savoka are the most affected.

Keywords: Soil degradation, climate, vegetation, erosion and Ampasimbe Manantsatrana.

I. Introduction

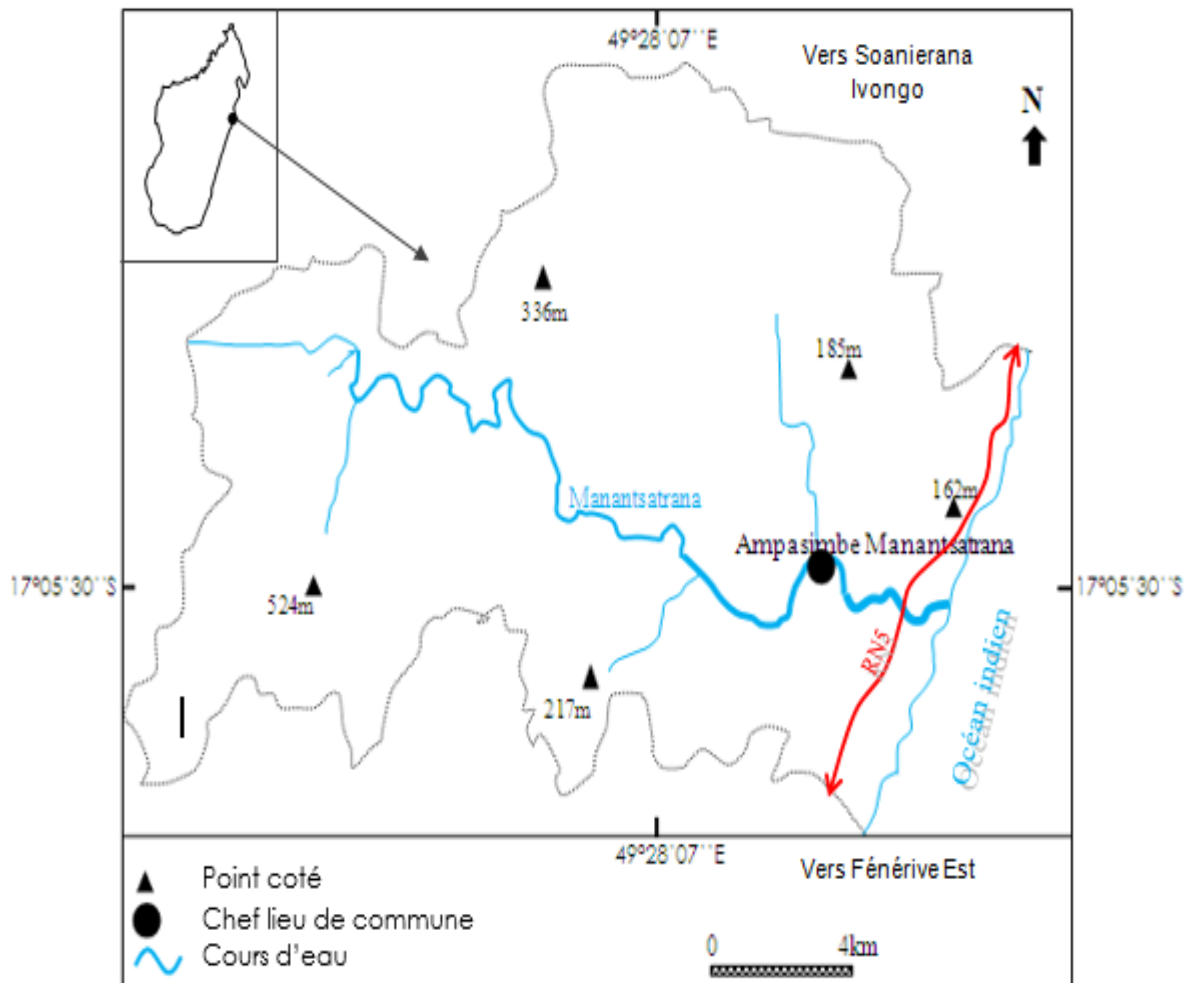
La dégradation des sols se définit comme un changement dans l'état de santé du sol. Elle est l'un des grands problèmes du milieu physique actuel déstabilisant la vie de l'humanité et attirant les réflexions des chercheurs dans le Monde et à Madagascar. Dans le versant-oriental, particulièrement dans la zone, cette dégradation est encore négligeable par rapport à celle de versant occidental de l'Île (Jaoriziky, 2002), mais observée sur le plan local. Il est impérial de signaler que la zone d'Ampasimbe Manantsatrana est touchée avec fréquence par des cyclones qui détruisent les végétations (A.J.R.Botozandry, 2022). Ce phénomène est renforcé par l'Homme en détruisant la forêt pour survivre sans aucun contrôle, détériore les versants et change les particularités pédologiques de la zone. Ainsi, se pose la question, comment se manifeste cette dégradation ?

Ce présent article consiste à amener à comprendre que cette dégradation se révèle par les pertes en terre et en nutriments et par modification des qualités physiques de sol. Pour ce faire, des recherches bibliographiques, et des travaux de terrain ont été faits pour bien mener l'étude. L'étude des pertes en terre ainsi que des pertes en nutriments a été faite avant de connaître les modifications des qualités physiques des sols selon la végétation.

II. Matériels et méthodes

II.1. Matériels

Notre recherche a été réalisée dans la commune rurale Ampasimbe Manantsatrana (District de Fénérive-Est), dans le Centre-Est de Madagascar (Région Analanjirofo). Elle se trouve sur 17°05'30''LS et 49°28'05''LE (Figure 1).



Cartes topographiques au 1/100 000^e, coupures V41, V42, W41 et W42 (pour connaissance topographique, repère de la zone à étudier et vérification directe de l'existence des végétations sur la carte au terrain), sachets plastiques pour la conservation des échantillons de particules des sols prélevés, un GPS pour la géolocalisation, et un chronomètre/un mètre ruban pour calcul d'infiltration, sont les matériels qui ont été mobilisés lors de nos travaux sur le terrain.

II.2.Méthodes

II.2.1. Documentation et travaux de terrain

La documentation a été l'une des principales étapes dans notre étude pour les indications didactiques. Quelques ouvrages ont été consultés dans la bibliothèque des Lettres de l'Université de Toamasina. Après cela, des travaux de terrain dans différents endroits et prises des échantillons de sols ont été réalisés sur les zones de formations végétales différentes : formation primaire à Analabe 354m (49°30'LE et 17°02'LS), savoka et savane à Antseranambato (49°33'LE et 17°04'LS), et parcelle sous riz pluvial à Ambodisatrana (49°25'LE et 17°04 LS).

II.2.2. Analyse granulométrique :

Les échantillons ont été analysés à l'état sec au laboratoire pédologique à Tsimbazaza. Les compositions minéralogiques ont été acquises à partir d'un diffractomètre BRUKER D8 ADVANCE avec une radiation CuK α 1 ($\lambda = 1,54056$) par la diffraction des rayons X, sur des poudres obtenues par broyage, avant d'être tamisées à 40 μ m. Cette méthode nous permet de connaître non seulement les proportions d'argiles, des limons et des sables contenus dans les échantillons, mais aussi les différents nutriments dans les sols dans des sites et des temps différents. Les porosités de sols ont été entreprises à l'aide d'un porosimètre à mercure MICROMERITICSAUTOPORE IV avec un cycle à basse pression (0,0037 MPa) et un cycle à haute pression (0.0007~413 MPa).

II.2.3. Etude de l'infiltration

Cette étude (en cm/h) a été réalisée selon le type de végétation (Forêt tropicale, *Savomaitso* et *Trematrema*) à 20cm et à 60cm de profondeur avec des ouvertures latérales de 200cm (50cm x 4).

II.2.4. Pertes en terres

Elles ont été calculées à partir de l'équation universelle des pertes en terre en tonnes /ha/an (Universal Soil Loss Equation ou USLE) de Wischmeier et Smith : avec $A = R \times K \times LS \times C \times P$, où R correspond au facteur de pluie et de ruissellement par secteur géographique, K représente le facteur d'érodibilité du sol, LS est le facteur de longueur et d'inclinaison de la pente, C correspond au facteur culture-végétation et gestion, et P indique facteur de pratique de conservation.

II.2.5. Coefficient de ruissellement (Cr)

Il est calculé à partir des relations entre hauteur de précipitation (Hp) et lame d'eau ruisselée (Hr) de Jean RODIER cité par Botozandry A.J.R, 2022 :

$$Cr = Hr / Hp$$

III. Résultats

III.1. Pertes en terres

L'utilisation excessive des produits forestiers accentue le phénomène de l'érosion du sol favorisant les pertes en terre. Le tableau n°1 indique les pertes en terre dans trois saisons différentes.

Tableau n°1 : Pertes en terre selon le type de végétation (en tonnes/hectare).

Saisons	Forêt tropicale	Savane graminéenne	Savoka	Riz pluvial
2016/2017	0,11	0,92	1,2	15,3
2017/2018	0,18	0,61	0,91	13,7
2018/2019	0,09	0,44	0,52	10,2
Moyenne	0,12	0,65	0,87	13,06

Source : Analyse des auteurs

Le tableau n°1 montre une érosion moyenne de 0,12t/ha en forêt tropicale contre 0,65t/ha et 0,87t/ha sous savane graminéenne et sous savoka. Si nous comparons les trois saisons, nous constatons que :

De plus, la moyenne des trois révèle que l'écart de pertes sous forêt et les autres formations végétales est important : plus de 5 fois sous savane et plus de 7 fois sous savoka. Ici, quel que soit le type de formation végétale, les pertes constatées sont faibles (inférieur à 2tonnes/ha), signifiant la faiblesse de l'érosion, malgré l'existence de traces d'érosion (rills et gullies), surtout durant le passage de perturbation cyclonique.

Toutefois, le sol sous culture pluvial ne trouve pas de protection dans certains temps. De ce fait, il est exposé surtout lors de fortes pluies. Donc, l'érosion est intense, avec 13,06tonnes à l'hectare : soit plus de 108 fois de pertes sous forêt, plus 20 fois sous savane et plus de 15 fois sous savoka. L'importance des pertes sous culture pluviale dans les deux premières saisons est favorisée non seulement par la destruction de la végétation, mais aussi par les de ruissellement lors des passages des cyclones (cyclone tropical Enawo, mars 2018 et Ava, janvier 2018).

III.2. Pertes en nutriments

Les aubaines passagères après brulis dues à la restitution des nutriments au sol, augmentent temporairement la réserve déjà en existence.

Mais, suite à l'érosion qui survient, la majeure partie des nutriments a été transportée avec les terres ruisselées. Le calcium, le phosphore, l'azote, le potassium, et le magnésium sont les nutriments concernés. Et on a constaté que l'horizon laissé (versant) après érosion connaît des pertes, par rapport aux matières érodées : ces dernières contiennent de 4 fois plus de calcium, 3 fois plus de phosphore et 2 fois plus de Magnésium et de potassium que l'horizon laissé.

De plus, nos observations sur terrain et les analyses faites nous font constater que :

- les sols sous culture pluviale après feux sans perturbation érosive contiennent avec importance des nutriments par rapport au sol sous forêt tropicale dense, étant donné que les nutriments comme le carbone C, l'azote N, le phosphore P, le potassium K, le calcium Ca, et le magnésium Mg sont remis au profit du sol suite au brûlis. Cela signifie une concentration maximale de nutriments, avec importance de carbones et d'azotes.
- les pertes sous culture pluviale sont plus importantes que celles sous autres formations végétales (culture pluviale 0,64%, savoka 0,31%, savane 0,22%, contre forêt tropicale 0,05%). Cette constatation indique que de la forêt tropicale à la zone sous culture pluviale, les pertes en terre augmentent, mais toujours inférieures à 1%.

Dans cette recherche, l'appréciation de teneur en carbone et en azote a été faite, à partir des échantillonnages à 20cm de profondeur. Le tableau n°2 montre ces teneurs.

Tableau n°2 : Teneurs en carbone et en azote et les pertes de nutriments selon la végétation.

Végétation	Forêt tropicale	Savomaitso 7 à 10ans de jachère		Savomody 5 à 7ans de jachère		Trematrema 2 ou 3ans après récolte				
	Teneur en %	Teneur en %	Perte ¹		Teneur en %	Perte ¹		Teneur en %	Perte ¹	
Carbone	19,08	17,23	1,85	9,8%	16,72	2,36	12,4%	15,89	3,19	16,7%
Azote	1,19	1,07	0,12	10,1%	1,22	0,03*	2,5*	1,31	0,12*	10,1*

* signifie une augmentation de teneur

¹les pertes sont obtenues à partir de la différence entre la teneur en forêt tropicale et celle des autres végétations.

Ce tableau 2 nous fait sortir que :

- la teneur en carbone (C) diminue progressivement de la forêt tropicale à *trematrema* (elle va de 19,08% à 15,89%),
- selon que la végétation devient moins dense, les pertes en carbone augmentent :
 - à la *savomaitso*, 9,8% de carbone de forêt tropicale sont perdus
 - 12,4% pour la *savomody*

- 16,7% pour la *trematrema*.
- les teneurs en azote connaissent des variations irrégulières (1,07% sous *savomaitso*, 1,22% sous *savomody* et 1,31% sous *trematrema*).

La diminution de carbone selon le milieu mentionné prouve qu'il est un nutriment assez élançé au lessivage lors de la déstabilisation forestière en régression provoquée par l'anthropisation. Toutefois, les pertes en azotes n'y sont pas appréciables que sous *savomaitso* (10,1%). Sous *savomody* et sous *trematrema*, des excédents existent, respectivement 2,5% et 10,1%.

III.3. Pertes des qualités de sols

III.3.1. Diminution de teneur en sables

Selon le type de végétation, les taux de sables et d'argiles changent. Le tableau n°3 révèle ce changement.

Le tableau n°3 : Granulométrie des sols (en %) sous différents types de végétation.

Végétation	Forêt tropicale		Savomaitso		Trematrema	
Profondeur (p)	A	B	A	B	A	B
Argiles (en %)	23,6	24,4	28,1	30,8	34,8	37,5
Sables (en %)	76,4	75,6	71,9	69,2	65,2	62,5
Porosité (en %)	71,4		65,1		59,5	
Infiltration (cm/h)	9		6		4	

(p)A pris à 20cm et B à 60cm

Les portées de l'analyse granulométrique suivant ce tableau n°3 présente que :

- à 20cm de profondeur, de la forêt tropicale à *trematrema*, la proportion des sables diminue. De ce fait, si elle est 76,4% sous forêt, elle devient 65,2% sous *trematrema*, soit une diminution de 11,2%.
- à 60cm, cette proportion de sables trouve également une diminution. Si elle est 75,6% sous forêt, elle diminue à 62,5% sous *trematrema* (soit une différence de 12,9%).

Toutefois, la diminution de proportions de sables signifie l'augmentation systématique des argiles, qui commence de 23,6% sous forêt et devient 34,8% sous *trematrema* dans des profondeurs de 20cm (soit une augmentation de 11,2%), et dans des profondeurs de 60cm, l'augmentation atteint jusqu'à 13,1%.

Et dans chaque type de végétation, on constate aussi la diminution de proportion de sable au fur et à mesure qu'on descend, contrairement à celle des argiles qui monte.

La diminution du taux de sables et l'augmentation de celui des agiles signifient la réduction de la porosité (de 71,4% à 59,5%) et de l'infiltration qui va de 9 à 4cm/h. Ce phénomène démontre dans cette zone, la tendance à la compaction.

III.3.2. Importance de ruissellement

Ici, la diminution du taux d'infiltration conditionne l'augmentation du taux de ruissellement. Selon le type de couverture végétale, ce taux varie. Le tableau 4 nous indique ces variations.

Tableau 4 : Régressions entre pluies(P) et ruissellement (R) selon la végétation.

Type de formation végétale	Coefficient de ruissellement (R)	Ruissellement pour 200mm pluies
Forêt tropicale	0,02	3mm
Savoka	0,22	29,9mm
Riz pluvial	0,76	103,4mm
Sol sans protection	0,89	130,1mm

Pour 200mm de pluies, il est révélé dans ce tableau que :

- sous forêt tropicale, avec un coefficient de 0,02, le ruissellement est de 3mm (soit 1,5%) : une valeur qui est négligeable. Cette négligence est favorisée par le rôle important de la litière qui ingurgite les pluies.
- sous savoka, le ruissellement est encore minime, avec 29,9mm (coefficient 0,22),
- sous culture pluviale, avec un coefficient de 0,76, on a un ruissellement de 103,4mm (soit 51,7%),
- et dans le sol sans protection, avec un coefficient de 0,89, le ruissellement est 130,1mm (soit 65,05%).

IV. Discussion

Le facteur qui conditionne l'érosion est l'absence ou la présence de matières organiques. On connaît son rôle primordial dans le maintien de la fertilité d'un sol; il n'est pas moindre dans la conservation de l'eau. Un sol riche en humus retient des quantités d'eau considérables et l'excès s'écoule limpide; tandis que sur le sol sans matières organiques, le ruissellement est intense et les eaux sont chargées de particules en suspension. Nous pouvons dire que l'érosion ne commence que lorsque la surface du sol est devenue non-absorbante par perte de la matière organique qui, elle, a une capacité d'absorption très élevée (Brand (J) et Rakotovao (W. L), 1997). Mais cette précieuse matière humique ne peut se maintenir si l'on vient à détruire la couverture

végétale forestière qui lui a donné naissance. Par la suite, des propriétés physiques défavorables font que les sols sont une proie facile pour l'érosion.

Dans le cadre de la dégradation de sol à l'échelle mondiale, Madagascar subit avec intensité assez forte de ces dégradations aussi bien sur le versant oriental que sur le versant occidental.

Selon les recherches effectuées, la dégradation de sol à Ampasimbe Manantsatrana par pertes en terre inférieures à 2tonnes/ha est infime par rapport à celles de la partie centrale et occidentale de Madagascar, supérieures à 2tonnes/ha/an, et pouvant atteindre plus de 10t/ha. Cette dégradation est favorisée par la diminution des couverts végétaux qui protègent le sol : une diminution qui est accentuée par les phénomènes naturels comme le cyclone, renforcés par les actions anthropiques, notamment la déforestation à des fins agricoles (A.J. R.Botozandry, 2022).

Par rapport à l'étude de la dégradation de sol constatée dans la Région de Vavatenina par J. Brand et W.L. Rakotovao (1997) qui est 0,02-0,71-0,50-14,6t/ha (selon la végétation : forêt primaire, savane, savoka et zone sous culture pluviale), la nôtre subit des pertes comparables, avec 0,12-0,65-0,87-13,6t/ha.

De plus, nous avons constaté que :

- les sols sans intervention humaine (forêt tropicale) et sous culture sans érosion sont riches, mais sous culture pluviale avec érosion sont pauvres. Cela signifie que les pertes sous culture pluviale sont plus importantes que celles sous autres formations végétales (culture pluviale 0,64%, savoka 0,31%, savane 0,22%, contre forêt tropicale 0,05%).
- l'intervention destructive de l'homme sur la végétation favorise l'augmentation de la proportion argileuse et de la diminution de sables, signifiant la modification dégradante de sol (compaction et ruissellement remarqués).

Nous avons pu tirer également que cette dégradation trouble la gestion du milieu agricole par l'évolution morphologique de la topographie à cause de l'érosion. Elle entraîne aussi de problèmes qualitatifs nutritionnels des animaux d'élevage puisant leurs besoins issus des couverts végétaux, déstabilisant également l'agriculture et conduit à la modification des qualités physiques de sol comme la diminution incessante de proportions de sables et l'augmentation des argiles en fonction de la régression de formation végétale, causant la compaction de sol (Jaoriziky, 2002). Nos constatations nous ont permis de connaître que même si la dégradation de sol est minime dans notre zone, on ne devra pas la prendre comme un simple problème. Elle pourrait toucher la vie socioéconomique de la population sur le plan agricole (A.J.R.Botozandry, 2022).

L'augmentation de la surface des terres agricoles au cours du siècle dernier a été l'un des principaux moteurs de déforestation dans les zones intertropicales, accentuant le phénomène de la dégradation du sol. Ainsi, dans les années 1980 et 1990, 55% de l'expansion des terres agricoles en région tropicale ont eu lieu au préjudice de zones de forêt primaire, et 28 % a eu lieu au détriment de forêts déjà partiellement dégradées. Au total, 85 % de la déforestation dans le monde aujourd'hui a lieu en zone intertropicale. L'agriculture apparaît donc comme un facteur majeur de la déforestation actuelle dans le monde, et plus encore en région intertropicale. Elle cause la dégradation du sol et à son tour, cette dégradation affaiblit l'agriculture.

V. Conclusion

Cette étude sur le milieu physique basée sur la dégradation de sols de zones collinaires d'Ampasimbe Manantsatrana démontre l'existence des pertes en terre et en nutriments. La diminution de la qualité physique du sol est une variable difficile à évaluer, compte tenu de la diversité des roches-mères aux altérites. Cette recherche permet d'appréhender l'instabilité topographique, par érosion suite aux effets de phénomènes naturels accentués par l'Homme. On peut conclure que la destruction alarmante des couverts végétaux actuelle accentue l'efficacité de l'érosion et toutes sortes de modifications des caractéristiques pédologiques. Cette recherche permet de mieux saisir l'évolution pédologique liée à des conditions climatiques et anthropiques à venir dans le versant oriental de Madagascar.

VI. Bibliographie

1. Jaoriziky, 2002, Contribution à l'étude du milieu de la façade orientale de Madagascar (Cas de la région de Vavatenina (province de Tamatave), Thèse, *Université d'Antananarivo*.
2. Botozandry (A.J.R), 2022, Contribution à l'étude géomorphologique de la façade littorale orientale comprise entre les fleuves Manantsatrana et Anove (Centre-est de Madagascar), *Thèse, université de Toamasina*.
3. Brand (J) et Rakotovao (W. L), 1997, La dégradation des sols. Cahiers Terre – Tany, N°6 pp.49-67. Tananarive.