

## PARTIE III : LES IMPACTS DE LA VARIABILITE DES PRECIPITATIONS

### Chapitre 5 : Milieux naturels modifiées

#### 5.1. La végétation mal répartie

D'après l'analyse de la variation pluviométrique sur la station d'Ambohimambola, il y a une tendance à la baisse des précipitations. Et la tendance négative entre les deux périodes « 1950 à 1973, 2000 à 2016 » constitue des facteurs de dégradation de la couverture végétale.

**Tableau 15** : Interrelation entre les milieux naturels et la variabilité pluviométrique.

Variabilité pluviométrique	Tapis végétale	Dégradation du sol
Année humide	Végétation renaît (formation herbeuse)	Sol fragile : infiltration faible, ruissellement élevé.
Année sèche	Végétation dégradé (formation secondaire)	Sol compact : infiltration nul, ruissellement faible.

Quant au **tableau n°15**, on a vu alors qu'il y a une interrelation entre la variation de la pluviométrie et le développement de la couverture végétale, la dégradation du sol. Donc, on constate que la vie dépend des conditions écologiques du milieu.

##### 5.1.1. Dégradation de la couverture végétale

Ambohimambola est marqué par un climat tropical d'altitude à deux saisons contrastées : saison humide et chaude d'Octobre à Avril, saison sèche et fraîche de Mai à Septembre. La végétation est adaptée aux milieux naturels et au climat. Les précipitations moyennes interannuelles de la station Ambohimambola tendent à diminuer ce qui traduit l'allongement de la saison sèche. Alors, le mécanisme de dégradation s'accroît.

En général, le sous-espace d'Ambohimambola est constitué par des couvertures végétales à formation très dégradée (cf **photo n°6**).



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

**Photo 6** : La dégradation de la végétation à Ambohimambola centre.

Trois localités ont été prises comme exemple : Ambohimanambola Centre, Ankatsaka, Fisikinana, Ambohibato.

Au premier plan (**cf photo n°6**): Il est constitué de savane herbeuse à Aristida, il s'agit d'un faciès ultime de dégradation qui s'établit sur des sols régulièrement parcourus par des feux.

Au second plan (**cf photo n°6**) : L'alvéole cuvette d'Ambohimanambola centre est occupé par des cultures maraîchères et céréalières.

A l'arrière-plan (**cf photo n°6**): Le plateau d'Ambohimanambola surplombe l'alvéole avec des formations secondaires d'Eucalyptus et de Pinus.

La principale cause de dégradation de la végétation dans la zone d'Ambohimanambola est la variation pluviométrique.

D'une part, l'alternance de l'année humide et l'année sèche marque le milieu. Pendant l'année sèche, il fait très chaud et la végétation s'adapte au milieu et au climat, les pluies sont rares. Alors la végétation est mal nourrit. Pendant l'année humide, il fait très humide avec des pluies abondantes qui s'étalent pendant plusieurs semaines. Le sol est gorgé d'eau et la végétation renaît. Mais, dans les zones inondables et les zones victimes de l'érosion, les sols ne peuvent pas retenir la racine des plantes à cause d'une forte altération.

D'autre part, la tendance à la diminution pluviométrique interannuelle entraîne la diminution de la couverture végétale. La succession de la période humide et la période sèche entraîne la dégradation de la végétation du milieu. La partie orientale de la zone d'Ambohimanambola réjouit beaucoup plus en eau par rapport à la partie occidentale. A Ankatsaka, c'est la formation secondaire qui domine dans cette région (**cf photo n°7**).



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

**Photo 7** : La domination des formations secondaires à Ambohimanambola (Ankatsaka).

Le climat est un facteur limitant la croissance des plantes. Autre facteurs secondaires qui expliquent cette dégradation est l'activité anthropique comme les feux de brousse, la fabrication du charbon, des formations secondaires apparaissent (**cf photo n°8 et n°9**).



**Photo 8:** La fabrication de charbon à Fisikinana.



**Photo 9 :** Les feux de brousse à Ambohibato.

Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

La saison sèche dans cette zone est accentuée « 8 mois secs et 4 mois humides (CPM de Ravet et Peguy, CPR d'Angot) ce qui explique que le sol n'a pas été regagné par la végétation. Alors, il y a discontinuité de la couverture végétale comme celle d'Ambohimandry (**cf photo n°10**).

### 5.1.2. La répartition de la végétation

La formation végétale à Ambohimambola est bien répartie. Sur les hautes altitudes (les collines), la surface est recouverte des formations herbeuses comme *hypparhenia rufa* et des formations arbustives comme le pinus et l'eucalyptus. Sur les versants (**cf photo n°10**), on trouve des buissons et des graminées.



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

**Photo 10:** La répartition de la végétation à Ambohimandry.

Les bas-fonds ont été mis en valeur, des cultures du riz, de manioc, du maïs et des brèdes, occupent l'ensemble (**cf photo n°11**).



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

**Photo 11:** Les cultures maraîchères et céréalières à Tsarataona.

Parfois il est soumis à l'érosion. Car il n'existe pas d'arbre pour retenir l'eau et pas assez d'herbe pour assurer l'infiltration (**cf photo n°12**).



Source : Cliché de l'Auteur (Decembre 2017).

**Photo 12:** Les formations superficielles à Antanetibe Ambohimahatsinjo.

La végétation diminue d'Est (**cf photo n°13 et 14**) en Ouest (**cf photo n°15**) et mal répartie à cause des conditions climatiques moyennes et saisonnières (<sup>15</sup>spectre biologique).

---

<sup>15</sup> Spectre biologique : C'est le pourcentage de type biologique selon la classification de RANKIER pour les différentes régions. Les spectres biologiques reflètent l'ensemble des facteurs écologiques de la région donnée. Par exemple : un fort pourcentage de phanérophyste.

A l'Est



**Photo 13 :** La végétation à Ankelimanga.



**Photo 14 :** La végétation à Iharamy.

Source : Cliché de l'Auteur (Decembre 2017).

A l'Ouest



**Photo 15 :** Les formations végétales à PAPMAD.

Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

En général, les anciens niveaux d'aplanissement rajeunis portent des sols à structure dégradé et fortement désaturés. Les conditions écologiques paraissent, beaucoup moins favorables aux espèces forestières qui ne sont pas compétitives. Après le brûlis, on note le passage très rapide et sans intermédiaire de la forêt à des formations très dégradés. Dans le sous-espace d'Ambohimambola, les formations végétales sur les collines sont dégradées à cause des feux répétés. Mais il persiste encore sur les hautes altitudes quelques vestiges des anciennes forêts secondaires. Mais une grande partie est partie en fumée à cause des feux de brousse. Sur les versants, la dégradation de la savane herbeuse est due également aux feux répétés, d'où l'invasion de graminées plus diversifiées. Elles assurent une bonne couverture au sol et elles retiennent bien les terres.

Sur les bas-fonds, les buissons sont alimentés par les eaux sur la pente. D'Est en Ouest, le microclimat apporte l'humidification pour les espèces végétales.

Pourvu que la végétation est dégradée et mal répartie dans la zone d'Ambohimambola. Alors que le taux de recouvrement est faible. Lors de la pluviosité, le sol ne retient pas beaucoup d'eau à cause de l'amincissement du tapis végétal. Donc, l'eau ruisselle et ce ruissellement déclenche l'érosion et la crue en aval.

## 5.2. Le dynamisme fluvial.

### 5.2.1. La domination des crues annuelles et l'allongement de la saison sèche

Madagascar fait partie de la zone tropicale, elle est caractérisée par des précipitations abondantes au cours de la saison pluvieuse. Parfois, elle est victime des cyclones tropicaux de Décembre et Janvier avec des vents et des pluies extrêmement violents qui provoquent souvent des inondations. Dans l'ensemble, la zone d'Ambohimambola est bien drainée par le canal d'Ivovoka. Le relief dans cette zone sous forme de bassin versant favorise la formation d'un cours d'eau, avec un débit qui change selon la saison. A partir des données pluviométriques interannuelles d'Ambohimambola, des périodes (1961, 2007) sont marquées par des fortes pluies qui provoquent des dégâts sur les milieux naturels. Le dynamisme fluvial favorise le rôle des crues annuelles dans cette zone.

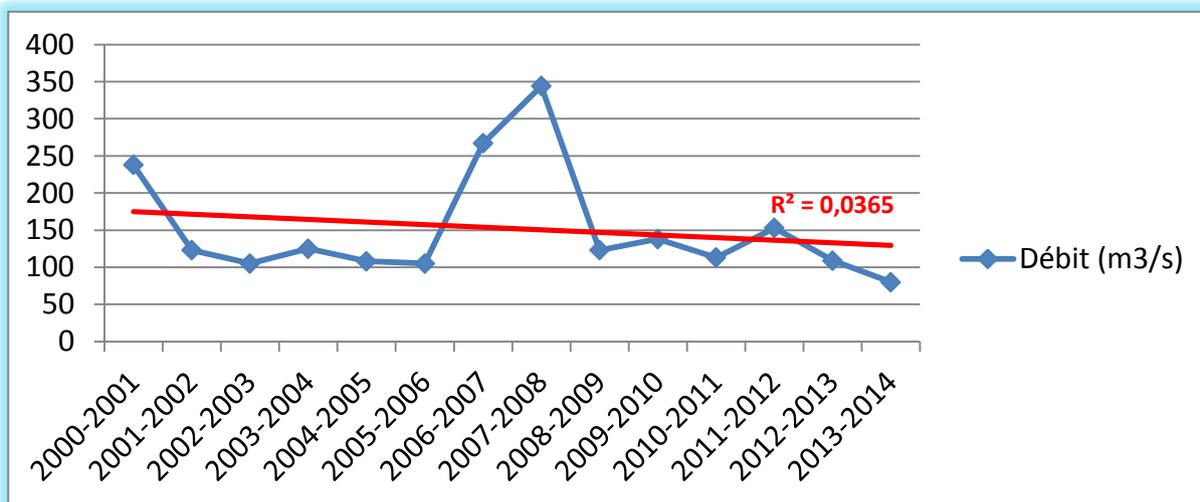
**Tableau 16 : Le débit maximal annuel par ordre décroissant.**

Saison	<sup>16</sup> Débit (m <sup>3</sup> /s)	Rang	<sup>17</sup> Fi	Hauteur (m)
2007-2008	344	1	0,0423	5,07
2006-2007	267	2	0,1127	4,53
2000-2001	238	3	0,1831	4,42
2011-2012	153	4	0,2535	3,39
2009-2010	138	5	0,3239	3,34
2002-2003	137	6	0,3944	3,21
2003-2004	125	7	0,4648	3,18
2008-2009	123	8	0,5352	3,16
2001-2002	123	9	0,6056	3,01
2010-2011	113	10	0,6761	2,87
2012-2013	109	11	0,7465	2,81
2004-2005	108	12	0,8169	2,77
2005-2006	105	13	0,8873	2,76
2013-2014	80	14	0,9577	2,38

Source : DGM (Direction Générale de la Météorologie).

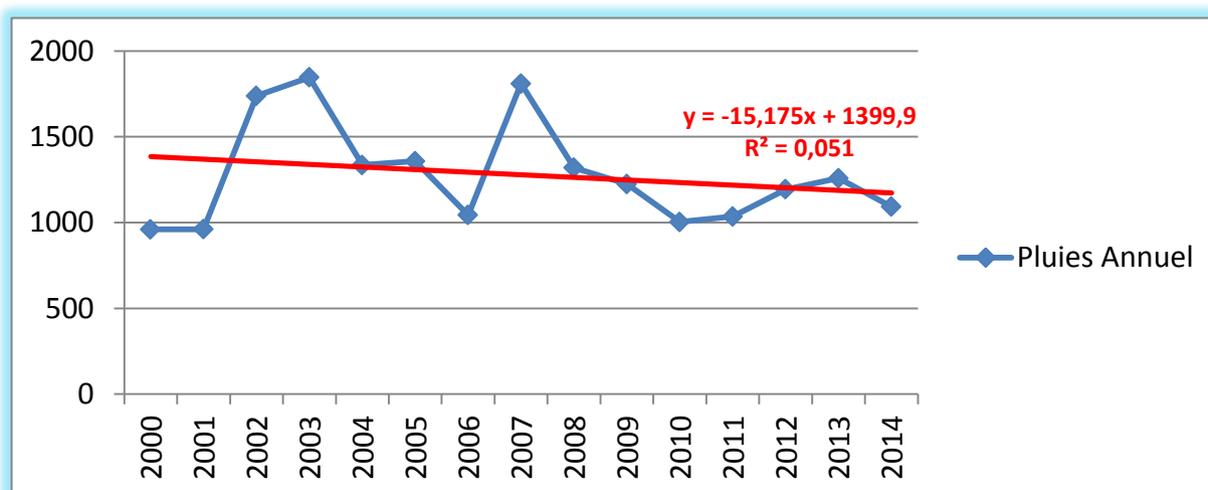
<sup>16</sup> Débit : C'est la quantité d'eau qui passe à la station dans l'unité de temps (m<sup>3</sup>/s).

<sup>17</sup> Fi : Fréquence



Source : DGM (Direction Générale de la Météorologie).

**Graphique 21 :** Le débit interannuel de la station d'Ambohimambola de 2000 à 2014.



Source : DGM (Direction Générale de la Météorologie).

**Graphique 22 :** Les pluies interannuelles de la station d'Ambohimambola de 2000 à 2014.

Les **graphiques n°21 et 22** montrent la tendance pluviométrique et le débit interannuel sur la station d'Ambohimambola. On constate que ces deux graphiques sont proportionnelles. Lors des pluies abondantes, le débit est élevé. Lors des sécheresses, le débit est faible (**cf tableau n°16**). Ici, les précipitations sont abondantes en année 2007 avec 150.79 mm les précipitations moyenne annuelle ce qui explique la crue (débit= 344m³/s, hauteur=5.07m).

Lors des saisons cycloniques, Ivovoka sort souvent de son lit et vient inonder la plaine. Au fait, le passage du cyclone chaque année provoque d'énormes dégâts (la destruction de certaines cultures, la destruction des digues, la coupure des routes, chemin de fer...). Chaque année, ce canal (9km de long) est chargé par des matières transportés (terres arables, déchets,...) provenant des hautes altitudes. Les matières arrachées sont déposées sur la plaine d'Ivovoka, alors, le niveau des crues augmente chaque année et le débit est élevé provoque des catastrophes inimaginables. 70% des

terres cultivées à Ambohimambola sont irrigués par ce canal. La zone d'Ambohimambola reste sous l'eau (cf photo n°16).



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

**Photo 16:** Les cultures drainées par le canal Iovoka.

Ambohimambola est l'un des producteurs du riz, du maïs, des brèdes,... à Antananarivo. Il ravitaille le marché d'Andravoahangy, Petite vitesse et la localité de Toamasina. Pendant la période sèche, les paysans utilisent les eaux du canal GR pendant les mois secs et les eaux de pluie durant les mois humides. Mais le ravitaillement en eau ne répond pas au besoin des cultivateurs. Alors, le rendement est faible à cause de la pénurie d'eau par exemple en 2017. L'espace agricole a une superficie totale de 77.2 hectares qui peut produire (du riz) au moins près de 2000 tonnes par an et plusieurs milliers de tonnes de produits maraichères. Pour le riz « vary aloha », le rendement est de 2.5 t/ha (2014). Pour le riz « vakiambiaty », les agriculteurs peuvent récolter jusqu'à 5 tonnes à l'hectare (2014). Pendant la période humide, l'inondation touche la zone. Par exemple : en 2007, c'est le débit le plus élevé (344m<sup>3</sup>/s) de 2000 à 2014 avec une hauteur d'eau atteinte jusqu'à 5.07m. Cela entraîne la rupture de la digue, rive gauche de l'Ikopa à Anosimahavelona (après-midi du 14 Janvier 2007). Le projet de dragage est la seule solution qu'ils ont proposé et ceci coûte cher, or les bailleurs (<sup>18</sup>ONG Helvetas) ne veulent pas prendre en charge ce projet. Donc, l'association donne des appuis pour la construction des digues. Autrement dit, la population locale recherche des solutions pour améliorer le rendement.

En général, les paysans n'ont pas encore maîtrisé les techniques culturales, la gestion en eau. Alors, l'évolution de la production reste toujours constante.

---

<sup>18</sup> ONG Helvetas (Organisation Non Gouvernementale) : C'est le nom de l'association ONG qui entre en collaboration avec la Commune Rurale d'Ambohimambola.

Le dynamisme fluvial crée des morphologies spécifiques comme la bande alluviale, la bande active et la plaine alluviale. Mais à Ambohimambola, on trouve le lit moyen sur la partie Ouest de la zone (rivière Ikopa) et le lit majeur sur la partie Sud (plaine d'Ivovoka).

### 5.2.2. La bande active de l'Ikopa et la plaine d'Ivovoka (cf photo n°16,17)

Dans la zone d'Ambohimambola, la bande active se trouve sur la partie occidentale (Ampahimanga,...) de la zone (cf photo n°17). Ikopa est en digue et il est difficile de voir les actions anthropiques. La bande active est peu végétalisée, remanié et rajeuni par des événements hydrologiques de fréquence moyenne. La crue dans cette zone est annuelle ou biennale. Cette <sup>19</sup> bande active est la zone de stockage temporaire de la charge alluviale en transit. Ikopa est parfois occupé par des hautes eaux.

La compétence est faible ( $C=1.79$ ) par rapport au lit mineur. La végétation ralentit l'écoulement des eaux. <sup>20</sup> La plaine alluviale d'Ivovoka située sur la partie méridionale de la zone (cf photo n°18) fait partie du lit majeur. Les dépôts sédimentaires d'origine alluviale se forment en surface. Il s'agit d'argile et de limon c'est à dire les éléments les plus fins, zone favorable à la culture. A cause des matériaux transportés de l'amont, la plaine en aval continue d'être remblayée chaque année. Elle présente une surface horizontale et subhorizontale, séparé du lit moyen par un talus.



**Photo 17 :** Le lit moyen au Sud-Ouest d'Ambohimambola.



**Photo 18 :** Le lit majeur au Sud d'Ambohimambola.

Source : Cliché de l'Auteur (Decembre 2017).

Le climat, l'humidité, le gel sont les premiers facteurs essentiels de l'intervention directe de la pédogenèse et la végétation car l'érosion n'agit pas directement sur la roche mais sur le sol. Face à la variabilité pluviométrique, l'inondation et la sécheresse dominant dans cette zone. Alors, le sol devient altéré et instable ce qui favorise la pédogenèse et la morphogenèse. L'évolution se fait par

<sup>19</sup> Bande active : C'est la morphologie du lit moyen, elle a une forme d'un sillon ou dépôt d'alluvion mais ses formes mettent en évidence la structure des écoulements et ses formes sont effacées.

<sup>20</sup> Plaine alluviale (alluvion : limon, sable, argile, gravier, autre matières meubles déposés par une cour d'eau) : C'est la morphologie du lit majeur, elle a une discontinuité granulométrique (un levé alluvial) c'est-à-dire un bourrelet de berge qui sépare L1 et L2.

altération, par transport en solution. Le phénomène d'humectation en saison humide et dessiccation en saison sèche, la gélifraction donnent des débris qui sont évacués par ruissellement. Cela favorise les mouvements des terrains.

### 5.3. L'altération du sol.

#### 5.3.1. La pédogenèse.

Le coefficient annuel de ruissellement est élevé sous végétation dégradée, celle-ci peut atteindre 2 à 5 tonnes. Les pertes en terre sont pratiquement nulles sous couvert graminéen (Selon Goujon et al., 1968). Mais, même sous couvert graminéen dense, le coefficient s'abaisse rarement au-dessous de 10% (**BOURGEAT F., SOURDAT M., TRICART**, Juillet-Décembre 1979, in revue de Madagascar n°35, pédogenèse et morphogenèse d'après des exemples malgaches). L'horizon B est en effet, peu poreux, non pénétré par les racines et faiblement perméable. La saturation rapide du mince horizon A, au moment des averses, déclenche le ruissellement. Ce régime hydrique devrait rendre le bilan <sup>21</sup>pédogenèse et <sup>22</sup>morphogenèse négatif. En fait, s'il n'en est pas ainsi c'est que la dispersion d'énergie due à la rugosité de la végétation empêche toute ablation. L'eau ruisselée reste claire. Dans les reliefs de collines, les pentes portent des sols argileux bien structurés formés sur des altérites plus récentes. Ces sols bien explorés par les racines ont des réserves en eau plus élevées. Une telle couverture pédologique, qui favorise le développement végétatif et l'infiltration des eaux en profondeur, devrait limiter les risques de dégradation. Cependant, le ruissellement concentré incise des ravines qui passent à des ravins. De nombreuses entailles évoluent en lavaka et l'ablation des sols apparaît très hétérogène ; il y a association de sols ferralitiques argileux et de sols ferralitiques limoneux et peu profonds (**F.BOURGEAT, M.SOURDAT, J.TRICART** ; pédogenèse et morphogenèse d'après des exemples malgaches). Des exemples plus précis à l'aide des photos, comme à Ambohitsimeloka (**cf photo n°19**), Antanetibe Ambohimahatsinjo (**cf photo n°20**).



**Photo 19** : Le lavaka à Ambohitsimeloka.



*Source* : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

**Photo 20** : Le lavaka à Antanetibe  
Ambohimahatsinjo.

<sup>21</sup> Pédogenèse : C'est la liaison entre le sol, l'eau et les plantes.

<sup>22</sup> Morphogenèse : C'est l'héritage du climat ancien, témoins du paléosol.

Les pédogenèses successives apparaissent, ils sont étroitement associés à l'évolution géomorphologique. L'étude des sols devait être faite en fonction des caractéristiques morphodynamiques, nous distinguerons : Les sols à sites d'ablation où les matériaux sont renouvelés par décapage ; les sols des sites d'accumulation, où les matériaux peu évolués au moment de leur dépôt, sont recouverts par des accumulations successives ; Les sols des sites de remaniement où des matériaux plus ou moins épuisés sont successivement déposés à nouveau.

#### 5.3.1.1. Les sols des sites d'ablation

Les sols observés sur les trois terrasses alluviales (Lit mineur, lit moyen, lit majeur) des Hautes Terres et du domaine oriental, sont tous allitiques. Trois grands types de sols peuvent être observés sur les versants soumis à l'ablation (**cf photo n°21**): les sols profonds et anciens, les sols moyennement profonds et rajeunis, les sols peu profonds et fortement rajeunis ou pénévulés. Les sols allitiques rajeunis sont constatés sur les reliefs issus d'une dissection lente des niveaux d'aplanissement : sur des témoins dégradés d'aplanissement comme les reliefs de croupes et de collines d'Ambohimambola. Les sommets des interfluves portent des sols qui présentent, comme ceux des dépôts sambaniens ; c'est-à-dire, un horizon BC argilo-limoneux relativement bien structuré et situé à profondeur moyenne (0.60 à 2m). Il est logique d'admettre que la genèse des sols allitiques rajeunis a débuté à partir du pluvial sambanien (300 000-100 000 BP) (**cf tableau n°17**). Au cours du displuvial sambanien (100 000-35 000 BP) le matériau originel de ces sols a été mis à nu : il s'agit soit de la roche, soit d'une altérite ancienne. Cela explique que les potentialités, les propriétés physiques et minéralogiques de ces sols soient des plus variables (**BOURGEAT F., C.Zebrowski, Huynh Van Nhan, F.Vicariot, 1973**). Aux différents types de reliefs précédemment définis correspondent des types de sols bien déterminés. Les témoins d'aplanissement faiblement dégradés portent des sols appauvris très fortement allitiques ( $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$  inférieure à 0.6), très désaturés, à horizon A mal structuré à horizon B1 compact et B2 tacheté. Sur les croupes d'interfluves s'observent des sols enrichis en quartz fortement allitiques ( $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$  compris entre 0.6 et 0.9) très désaturés, à horizon A peu structuré et horizon B1 plus ou moins compact. Les collines, par contre, ont des sols rajeunis typiques moyennement allitiques ( $\frac{SiO_3}{Al_2O_3}$  compris entre 1 et 1.3) bien structurés. Bien que sur les pentes relativement fortes, ces derniers ont des potentialités agricoles élevées. Selon l'hypothèse avancée par **BOURGEAT F.** (1972), les sols allitiques rajeunis typiques seraient individualisés après le décapage de la roche sous-jacente au <sup>23</sup>displuvial sambanien. Les sols appauvris et enrichis en quartz, formés à partir d'une altérite ancienne partiellement déblayée par troncature. Ce rajeunissement, qui ramène en

<sup>23</sup> Displuviale et pluviale Sambanien : Fait partie du tableau synoptique des variations du climat et de pédogenèse à M/car (300 000-100 000 BP « pluviale sambanien », 100 000-35 000 « displuviale sambanien »).

surface des matériaux non homogénéisés par <sup>24</sup>pédoplasation, favoriserait, dans certains cas, la formation de la gibbsite (MAYANZA E., 1977).



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

**Photo 21:** Forme de site d'ablation à Ambohitsimeloka.

Tous les débris transportés par le ruissellement se déposent à la base et s'accumulent pour former des éluvions.

**Tableau 17 :** Chronologie des phases climatiques du Quaternaire.

R. BATTISTINI	F. BOURGEAT
Phase humide pluviale PRE-TATSIMIEN	Phase humide pluviale PRE-MORAMANGIEN
Phase sèche displuviale TATSIMIEN	Phase sèche displuviale MORAMANGIEN (700 000-300 000 BP)
Phase humide pluviale AMBOVOMBIEN	Phase humide pluviale PRE-SAMBANIEN
Phase sèche displuviale KARIMBOLIEN	Phase sèche displuviale SAMBANIEN (100 000-35000 BP)
Phase humide pluviale LAVANONIEN	Phase humide pluviale POST-SAMBANIEN
	Période anthropique sub-actuelle Début d'un displuvial avec La formation d'une nouvelle génération De LAVAKA

Source : BOURGEAT (1972)

La phase humide « pluviale » PRE-SAMBANIEN (300 000-100 000 BP) a de nouveau reconstitué la forêt. La phase sèche « displuvial » SAMBANIEN (100 000-35 000 BP) a accentué l'étirement de la saison sèche et la dégradation de la forêt.

<sup>24</sup> Pédoplasation : C'est un mécanisme nombreux et complexe d'un sol ferrallitique rouge de savane, elle prend des aspects spécifiques différents.