



# Projet LESELAM (Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du Lagon à Mayotte)

Rapport Avancement n°2 – Décembre 2016

BRGM/RP-66321-FR

Décembre 2016



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



Document public

# Projet LESELAM (Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du Lagon à Mayotte)

Rapport Avancement n°2 – Décembre 2016

**BRGM/RP -66321-FR**  
Décembre 2016

J.F. Desprats, JM. Lopez, C. Dejean, K. Said, B. Lidon, B. Benard, H. Lousteau, JD  
Rinaudo, B. Colas, V. Landemaine

**Vérificateur :**

Nom : CERDAN Olivier

Date : 26 novembre 2016

Signature :



**Approbateur :**

Nom : S. Bes de Berc (DAT-REU)

Date : 28  
novembre  
2016

Signature :

Séverine BES DE BERG  
Directrice  
BRGM Réunion  


Le système de management de la qualité et de l'environnement  
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.



Géosciences pour une Terre durable  
**brgm**

**Mots-clés** : Erosion des sols, cartographie, agriculture de conservation, Mayotte, Dzoumogné, Mtsamboro

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**J.F. Desprats, JM. Lopez, C. Dejean, K. Said, B. Lidon, B. Benard, H. Lousteau, JD Rinaudo, B. Colas, V. Landemaine** (2016) -Projet LESELAM (Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du LAgon à Mayotte). Rapport Avancement n°2 – Décembre 2016 BRGM/RP-66321-FR, 79 pages, 59 illustrations

## Synthèse

Le projet LESELAM s'inscrit dans le cadre de la Feuille de Route Erosion, initiée par la DEAL en 2012.

Les objectifs de la Feuille de Route sont :

- La compréhension des phénomènes, leur quantification
- La prévention des problèmes, l'évolution des habitudes pour ne pas aggraver la situation, la mobilisation de leviers incitatifs et réglementaires
- L'identification des zones à risque prioritaires pour la mise en place de techniques protectrices (talus enherbés, agriculture de conservation, ..)

La première phase du projet LESELAM (août 2015 – décembre 2015) a permis d'instrumenter les bassins versants de Dzoumogné et Mtsamboro pour un suivi en continu du ruissellement et de l'érosion.

Ce rapport d'avancement présente les réalisations de l'année 2016, et reprend en partie celles de l'année 2015 sur le volet des aménagements :

- Présentation de l'observatoire Erosion : choix des bassins versants, caractérisations des seuils, spécifications des aménagements
- Analyse des données collectées sur les bassins versants de Mtsamboro et Dzoumogné
- Présentation de la Structuration de l'Action collective, basée cette année sur l'atelier de concertation avec les agriculteurs, préalable à l'instrumentation (ruissellomètres) et la mise en place de techniques agricoles conservatoires (lutte contre l'érosion)
- Poursuite du volet Communication (mise en place du Site Web)



# Sommaire

<b>1. Pilotage du projet .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Observatoire de l'érosion sur les bassins de Mtsamboro, Dzoumogné et Salim Bé (Tâche 2).....</b>	<b>10</b>
2.1. CARACTERISATION DES BASSINS VERSANTS DE L'OBSERVATOIRE .....	11
2.1.1. Le Bassin de Mtsamboro .....	13
2.1.2. Le Bassin de Dzoumogné (Mro Oua Bandrani).....	15
2.1.3. Le Bassin de Salim Bé .....	16
2.1.4. Conclusion .....	17
2.2. DISPOSITIF MULTI-EHELLES DE MESURES HYDRO-METEO- SEDIMENTOLOGIQUE .....	18
2.2.1. Principales caractéristiques des stations hydro-météo-sédimentologiques	20
2.2.2. Principales caractéristiques des ruissellomètres (suivi en milieu naturel et agricole)	25
2.2.3. Protocole de suivi des infrastructures (talus – ravines) sur Mtsamboro ...	29
2.2.4. Caractéristiques des équipements d'analyse des sédiments et des matières en suspension (Laboratoire d'analyse Sol-Plante, Station agronomique de Dembéni)	47
2.3. ANALYSES DES RESULTATS DE LA 1ERE CAMPAGNE DE SUIVI : DECEMBRE 2015 – AVRIL 2016.....	48
2.3.1. Protocole de récupération des données.....	48
2.3.2. Rappel sur la méthodologie d'analyse des écoulements d'eau et de flux de terrigenes à l'échelle du bassin versant .....	48
2.3.3. Pluies et autres facteurs climatiques .....	49
2.3.4. Ecoulements en eau mesurés aux exutoires des bassins versants.....	51
2.3.5. Quantités de terrigenes mesurées aux exutoires des bassins versants ..	54
2.3.6. Ruissellement et érosion mesurés sur ruissellomètre sous forêt .....	54
2.3.7. Evaluation des volumes mobilisables en zone urbaine (ravine, talus, talus-déblais)	55
2.4. CONCLUSION – BILAN A MI-PARCOURS .....	58
<b>3. Structuration de l'action collective et transfert de compétence (Tâche 5).....</b>	<b>61</b>
3.1. ATELIER SUR LES PRATIQUES D'AGRICULTURE DE CONSERVATION...	61
3.1.1. Préparation .....	61
3.1.2. Déroulement .....	65
3.1.3. Principaux résultats.....	66
3.1.4. Suites à donner.....	68

3.2. ATELIER DE SENSIBILISATION AUPRES DES ELEVES DU LYCEE AGRICOLE DE COCONI .....	69
3.2.1. Préparation.....	69
3.2.2. Déroulement.....	70
3.2.3. Principaux résultats .....	71
3.2.4. Suites à donner .....	72
3.3. COMMUNICATION - ATELIERS .....	73
3.3.1. Accord pour la mise en place des aménagements .....	73
3.3.2. Echange avec les populations et/ou agriculteurs .....	73
<b>4. Communication externe .....</b>	<b>75</b>
4.1. SITE INTERNET.....	75
4.1.1. Informations techniques .....	75
4.1.2. Architecture et contenu du site internet.....	75
4.2. REVUE DE PRESSE 2016.....	76
<b>5. Indicateurs 2016 vs Réalisations effectives .....</b>	<b>77</b>
5.1. OBJECTIFS 2016.....	77
<b>6. Conclusion .....</b>	<b>79</b>

## Liste des illustrations

<i>Illustration 1 : Localisation des bassins versants instrumentés dans le cadre du projet LESELAM</i>	11
<i>Illustration 2 : Caractéristiques hydro-morphologiques des bassins versants au droit des exutoires (stations de mesures) .....</i>	12
<i>Illustration 3 : Occupation du sol au niveau des bassins versants instrumentés .....</i>	12
<i>Illustration 4 : MTS amont - Seuil de jaugeage (à gauche, schéma vue de face, depuis l'aval, à droite Photo : Vue aval).....</i>	13
<i>Illustration 5 : MTS aval - Seuil de jaugeage (en haut, schéma vue de face, depuis l'aval, en bas Photo : Vue aval, rive gauche).....</i>	14
<i>Illustration 6 : Dzoumogné - Seuil de jaugeage (à gauche, schéma vue de face, depuis l'aval, à droite Photo : Vue aval, rive gauche).....</i>	15
<i>Illustration 7 : Salim Bé - Seuil de jaugeage (à gauche, schéma vue de face, depuis l'aval, à droite Photo : Vue aval, rive droite).....</i>	16
<i>Illustration 8 : Localisation des stations hydro-sédimentologique et météorologiques .....</i>	19
<i>Illustration 9 : Coordonnées géographiques des stations hydro-sédimentologiques, pluviométriques, météorologiques et des ruissellomètres installés dans le cadre du projet LESELAM .....</i>	20
<i>Illustration 10 : Type de station, localisation, données mesurées et pas de temps d'enregistrement des données pour les stations automatiques installées dans le cadre du projet LESELAM.....</i>	21

<i>Illustration 11 : Principales caractéristiques des sondes utilisées dans les stations de mesure.</i>	22
<i>Illustration 12 : Photos des aménagements</i>	24
<i>Illustration 13 : Caractéristiques générales des équations insérées dans les programmes des stations de mesure pour la détermination du débit et de la turbidité des écoulements.</i>	24
<i>Illustration 14 : Ruissellomètre – schéma (gauche) et citerne de mesure des eaux de ruissellement et des transports solides (droite)</i>	26
<i>Illustration 15 : Lignes d'observation des états de surface du sol sur le ruissellomètre placé sous forêt sur le bassin versant amont de Mrou Oua Bandrani</i>	27
<i>Illustration 16 : Localisation des ruissellomètres</i>	28
<i>Illustration 17 : Ruissellomètres Agricole et Padza</i>	28
<i>Illustration 18 : – Inventaire des zones de désordres marqués en zone d'habitat rural</i>	29
<i>Illustration 19 : Glissement superficiel de talus de déblai ou de remblai anthropique</i>	31
<i>Illustration 20 : Glissement de berges</i>	33
<i>Illustration 21 : Remobilisation de masses glissées en talus ou en ravine</i>	34
<i>Illustration 22 : Ravinement localisé avec concentration des écoulements</i>	35
<i>Illustration 23 : Sous-cavage</i>	36
<i>Illustration 24 : Ruissellomètre de « talus », schéma de principe</i>	38
<i>Illustration 25 : Localisation, conditions de pente et d'occupation du sol des ruissellomètres en zone d'habitat rural</i>	39
<i>Illustration 26 : Ruissellomètre de talus Mtsamboro amont</i>	39
<i>Illustration 27 : Recul de parement de talus (« mesuré » en m) dans le cadre du programme ARAI</i>	40
<i>Illustration 28 : Hamjago talus de plate-forme de terrassement en déblai de 8 m de hauteur.</i>	41
<i>Illustration 29 : Traitement des données photos (talus piste forestière)</i>	42
<i>Illustration 30 : Suivi « visuel » des talus de déblai de la RN2</i>	43
<i>Illustration 31 : Chenalisation dans la ravine et stock de sédiments mobilisables</i>	43
<i>Illustration 32 : Proposition de suivi de profils en travers</i>	46
<i>Illustration 33 : Pluies mensuelles sur les bassins versants de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro et comparaison des cumuls saisonniers sur les bassins versants avec les moyennes interannuelles (1934-1997)</i>	50
<i>Illustration 34 : Facteurs climatiques enregistrés au cours de la campagne de suivi (déc. 2015 - avril 2016)</i>	51
<i>Illustration 35 : Principales caractéristiques des écoulements en eau observées au cours de la 1ère campagne de suivi (décembre 2015 - avril 2016) sur les bassins versants instrumentés.</i>	51
<i>Illustration 36 : Crue du 01 février 2016 enregistrée à l'exutoire du bassin versant de Mro Oua Bandrani.</i>	52
<i>Illustration 37 : Crue du 1er février 2016 enregistrée en zone aval urbaine du bassin versant de Mtsamboro - (Remarque : Sonde de turbidité défectueuse)</i>	53
<i>Illustration 38 : Crue du 1er février 2016 enregistrée en zone amont agroforestière du bassin versant de Mtsamboro (Remarque : Sonde de turbidité défectueuse)</i>	53

<i>Illustration 39 : Quantités de terrigènes (sédiments et m.e.s) mesurées aux exutoires des bassins versants.....</i>	<i>54</i>
<i>Illustration 40 : Evolution des états de surface du sol sur ruissellomètre sous forêt au cours de la campagne de suivi. ....</i>	<i>55</i>
<i>Illustration 41 – Estimation des volumes liés aux phénomènes gravitaires sur le bassin versant Mtsamboro (du seuil MTS aval au seuil MTS amont).....</i>	<i>56</i>
<i>Illustration 42 – Synthèse des valeurs géomécaniques issues de la bibliographie .....</i>	<i>56</i>
<i>Illustration 43 – Caractéristiques géomécaniques proposées pour l’analyse .....</i>	<i>57</i>
<i>Illustration 44 – Carte de probabilité de glissement superficiel et report des désordres.....</i>	<i>58</i>
<i>Illustration 45 : Photos de pratique agricole anti-érosive : paillage .....</i>	<i>63</i>
<i>Illustration 46 : Photos de pratique agricole anti-érosive : fascines .....</i>	<i>64</i>
<i>Illustration 47 : Photos de pratique agricole anti-érosive : associations de cultures.....</i>	<i>64</i>
<i>Illustration 48 : Photos de pratique agricole anti-érosive : plantations haies .....</i>	<i>64</i>
<i>Illustration 49 : Visite exploitation Attoumani.....</i>	<i>65</i>
<i>Illustration 50 : Groupes de travail.....</i>	<i>65</i>
<i>Illustration 51 : Posiotionnement des agriculteurs sur des pratiques .....</i>	<i>66</i>
<i>Illustration 52 : Atelier de sensibilisation au Lycée de Coconi (supports) .....</i>	<i>70</i>
<i>Illustration 53 : Atelier de sensibilisation au Lycée de Coconi (classe).....</i>	<i>70</i>
<i>Illustration 54 : Atelier de sensibilisation au Lycée de Coconi (maquette Erosion).....</i>	<i>71</i>
<i>Illustration 55 : Atelier de sensibilisation au Lycée de Coconi (ruissellomètre Agricole) .....</i>	<i>71</i>
<i>Illustration 56 : Site Web LESELAM.....</i>	<i>75</i>
<i>Illustration 57 : Flash Info – Mardi 29 novembre 2016 .....</i>	<i>76</i>
<i>Illustration 58 : Indicateurs de réalisation .....</i>	<i>77</i>
<i>Illustration 59 : Diagramme de Gantt (mise à jour 2016).....</i>	<i>78</i>

# 1. Pilotage du projet

La conduite du projet est assurée par le BRGM, en relation :

- avec le Service Instructeur de la DAAF (financement FEADER complété par le CPER Bop123 Top-Up)
- avec la Préfecture de Mayotte (financement CPER)

Deux comités de pilotage ont été organisés en 2016 (Partenaires Projet, DAAF, DEAL, Conseil Départemental (CD/DEDD, CD/DAFP, CD/CGE, CD/DARTM), ONF, ARS) :

- 14 mars 2016 : COPIL n°3
- 22 novembre 2016 : COPIL n°4

Des réunions de travail régulières ont été mises en place en visio-conférence entre les intervenants à Mayotte, à Montpellier et à Orléans.

Afin de prendre en compte les différents besoins (mise en place anticipée d'un an des aménagements sur le Salim Be) et contraintes inhérentes à la situation à Mayotte (sécurité, voisinage, couts de gestion), il a été proposé :

- Un avenant au Contrat d'Objectif entre la DAAF-SI et les partenaires du projet.
- Un avenant au Contrat CPER signé entre le BRGM et le SGAR (novembre 2016)

## 2. Observatoire de l'érosion sur les bassins de Mtsamboro, Dzoumogné et Salim Bé (Tâche 2)

Ce chapitre reprend le rapport d'avancement CIRAD (Lopez JM, Lidon B., Estimation quantitative des écoulements et transports solides sur le site de Mtsamboro (ville) entre mi-Décembre 2015 et fin Avril 2016. Rapport CIRAD2016).

Suite à la mise en place des seuils sur les bassins de Mtsamboro et Dzoumogné (saison 1), les travaux se sont portés sur :

- l'instrumentation du bassin de Salim Be
- la finalisation du dispositif multi-échelle sur les bassins de Dzoumogné et Mtsamboro
- la maintenance (gabionnage sur Dzoumogné, réparations suite à dégradations sur Mtsamboro)

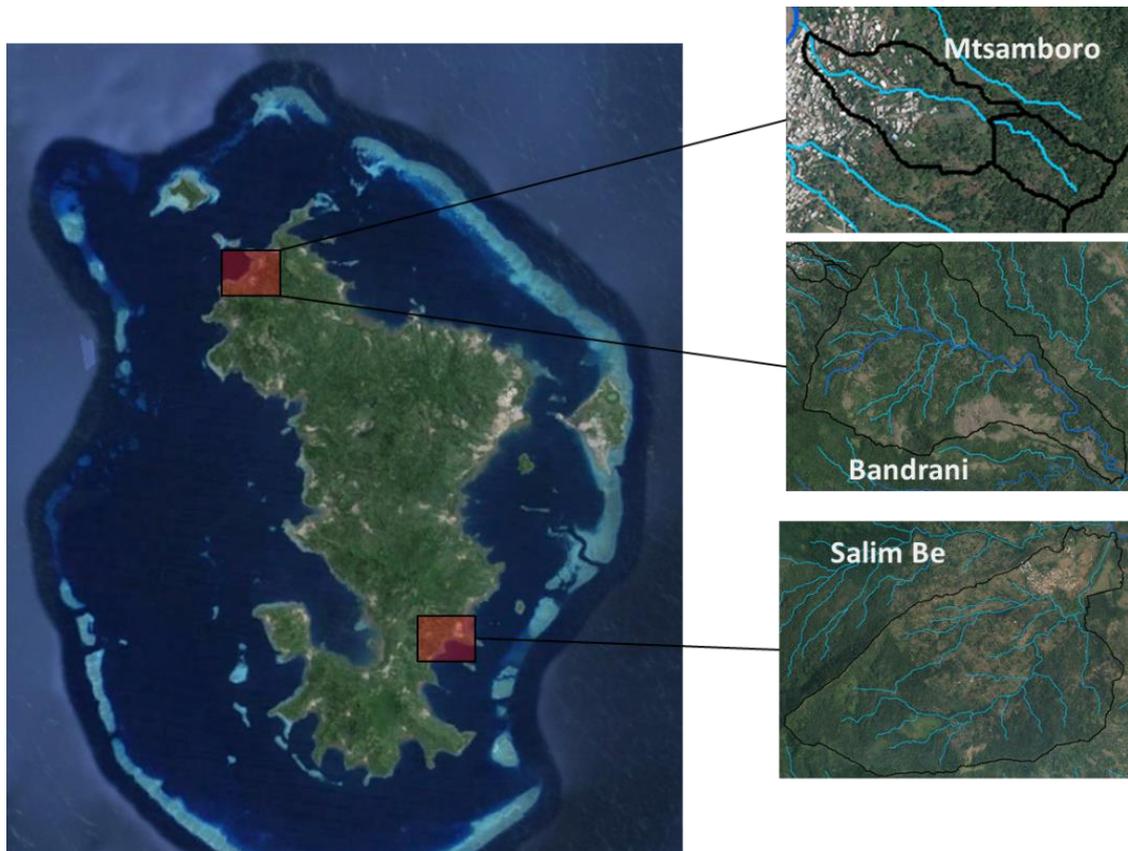
Novembre 2015	Mise en place des seuils de Mtsamboro et Dzoumogné
Mai 2016	Réception devis pour seuil de Dembeni (BV Salim Be)
Mai 2016	Dépôt Dossier Police Eau
Mars à Août 2016	Identification des propriétaires des parcelles pour mise en place des ruissellomètres.
Octobre 2016	Délibération de la Commission Permanente du SD6976 pour autorisation de mise en place des ruissellomètres.
Novembre 2016	Mise en place seuil de Salim Be
Novembre 2016	Mise en place des pluviomètres aval et amont Salim Be
Novembre 2016	Mise en place suivi talus
Novembre 2016	Mise en place ruissellomètre zone urbaine, agricole et padzas
Décembre 2016 à mars 2017	Mise en place parcelles avec techniques agro-conservatoires

Ce chapitre vise donc à :

- rappeler les caractéristiques des trois bassins de l'observatoire
- présenter les aménagements faits en 2016 (seuil sur Salim Be, ruissellomètres sur Dzoumogné – Mtsamboro)
- présenter les résultats de la première campagne de suivi sur Dzoumogné et Mtsamboro

## 2.1. CARACTERISATION DES BASSINS VERSANTS DE L'OBSERVATOIRE

Le choix des deux premiers bassins a été validé par les membres du COPIL en juin 2014. Il a également été convenu avec le Parc Marin que le choix du 3<sup>ème</sup> bassin versant prendrait en compte la composante lagunaire, avec en particulier la présence d'une mangrove à l'exutoire, afin d'en évaluer son impact sur la rétention et la filtration des sédiments et des matières en suspension (m.e.s.). La proposition du bassin versant de Mro Oua Salim Bé au sud de Dembeni a été faite par le Parc Marin et retenue en COPIL de mars 2016. (*Illustration 1*)



*Illustration 1 : Localisation des bassins versants instrumentés dans le cadre du projet LESELAM*

Les principales caractéristiques hydro-morphologiques des 3 bassins versants instrumentés sont récapitulées dans l'*Illustration 2* ci-dessous.

Principales caractéristiques du bassin versant	Mtsamboro	Mro Oua Bandrani	Mro Oua Salim Bé
- Rectangle équivalent :			
* Surface (ha)	17,3	343,6	534
* Périmètre (km)	2,78	11,8	12,85
* Longueur (km)	1,25	5,24	6,69
* Largeur (km)	0,14	0,65	0,88
- Indice de compacité Gravelius (-)	1,86	1,78	1,56
- Altitude max (m)	280	450	643
- Altitude moyenne (m)	112	192	213
- Altitude min (m)	3	62	8
- Pente moyenne (°)	21,6	15,7	15,1
- Indice de pente global (%)	17,2	4,7	27,0
- Longueur du cours d'eau principal (km)	0,99	5,18	4,77
- Pente moyenne du cours d'eau principal (%)	22,7	5,38	4,50

*Illustration 2 : Caractéristiques hydro-morphologiques des bassins versants au droit des exutoires (stations de mesures)*

Le tableau suivant (*Illustration 3*) présente les principales occupations du sol au sein des 3 bassins versants.

Principaux espaces	Mtsamboro	Mro Oua Bandrani	Mro Oua Salim Bé
- Espace artificiel (habitat, piste, route, etc.)	5,2 ha (30,1%)	0,0 ha	7,4 ha (1,4%)
- Espace naturel (padza)	0,0 ha	48,9 ha (14,2%)	3,7 ha (0,7%)
- Espace naturel (forêt) et agricole	12,1 ha (69,9%)	294,6 ha (85,8%)	523,1 ha (97,1%)
Total surface	17,3 ha (100%)	343,5 ha (100%)	534,2 ha (100%)

*Illustration 3 : Occupation du sol au niveau des bassins versants instrumentés*

### 2.1.1. Le Bassin de Mtsamboro

Le bassin versant de Mtsamboro est représentatif des bassins côtiers de petite taille (17.5 ha), très pentus et soumis à une urbanisation qui remonte toujours plus haut sur les versants. En zone amont, les terrains sont défrichés puis mis en culture (association banane-manioc ou pois d'Angole ou patate douce) sans qu'aucune mesure de conservation du sol soit appliquée. Une ravine constitue l'axe principal de drainage des eaux de ruissellement. En zone aval urbanisée, la ravine est connectée au réseau pluvial de la ville et a été entièrement bétonnée sur les derniers 100 mètres avant de déboucher sur la plage. La mise en eau de la ravine est temporaire et survient en saison des pluies.

#### Seuil de jaugeage de Mtsamboro amont (Illustration 4)

Le site de mesure est situé en aval de la zone agricole du bassin versant de Mtsamboro, à une centaine de mètres des premières habitations de la ville, plus précisément au niveau de l'ouvrage de franchissement (dalot) de la piste forestière aménagée qui traverse le bassin versant (Lat. : 12°41'46.04" S - Long. : 45°4'27.15" E). L'ouvrage est constitué de 2 murets ancrés dans le radier, en agglo à bancher (20 cm d'épaisseur) et d'une hauteur de 1,50 m, qui prolongent le dalot sur 2,0 m pour canaliser les écoulements à la sortie du dalot et, d'un déversoir métallique amovible, de forme rectangulaire à paroi mince, d'une hauteur de 0,30 m et d'une longueur de 1,50 m. L'aval du seuil a été bétonné puis empierré sur plusieurs mètres afin de limiter tout affouillement dans la ravine. Juste en amont du dalot, une fosse à sédiments en béton, de capacité de stockage de 1,15 m<sup>3</sup>, a été construite dans la ravine pour piéger les éléments solides charriés. La particularité du site de mesure tient au fait que les quantités d'eau et de terrigènes à mesurer seront charriées à la fois par la ravine naturelle, la piste forestière et par un chemin de desserte qui la rejoint au niveau du dalot.

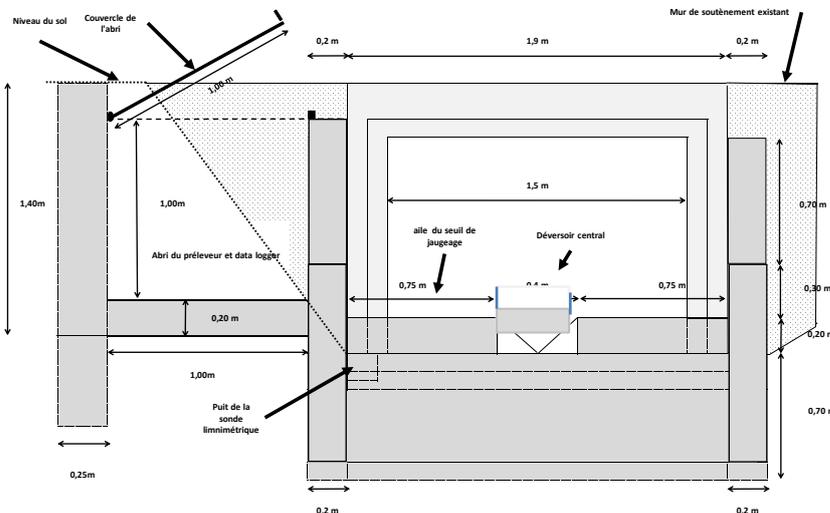


Illustration 4 : MTS amont - Seuil de jaugeage (à gauche, schéma vue de face, depuis l'aval, à droite Photo : Vue aval)

#### Seuil de jaugeage de Mtsamboro aval (Illustration 5)

Le site de suivi est situé à proximité de l'école maternelle de Mtsamboro, à 30 mètres du haut de la plage (Lat. : 12°41'48.14" S - Long. : 45°4'10.87"), le long du canal d'évacuation des eaux pluviales de la ville. Le canal revêtu de béton, est de forme rectangulaire d'une profondeur de 1,0 m pour une largeur de 2,7 m avec une pente moyenne de 1,5%. Le seuil de jaugeage est constitué d'une tôle métallique, de forme rectangulaire à paroi mince, d'une hauteur de 0,35

m.et d'une longueur de 2,70 m. Le seuil est amovible grâce à une glissière métallique insérée dans le fond du canal et dans les parois verticales. En amont du seuil, une faible couche de ciment a été ajoutée sur le fond du canal sur 10 m de longueur pour améliorer le nivellement du fond et constituer une aire de charriage des sédiments.

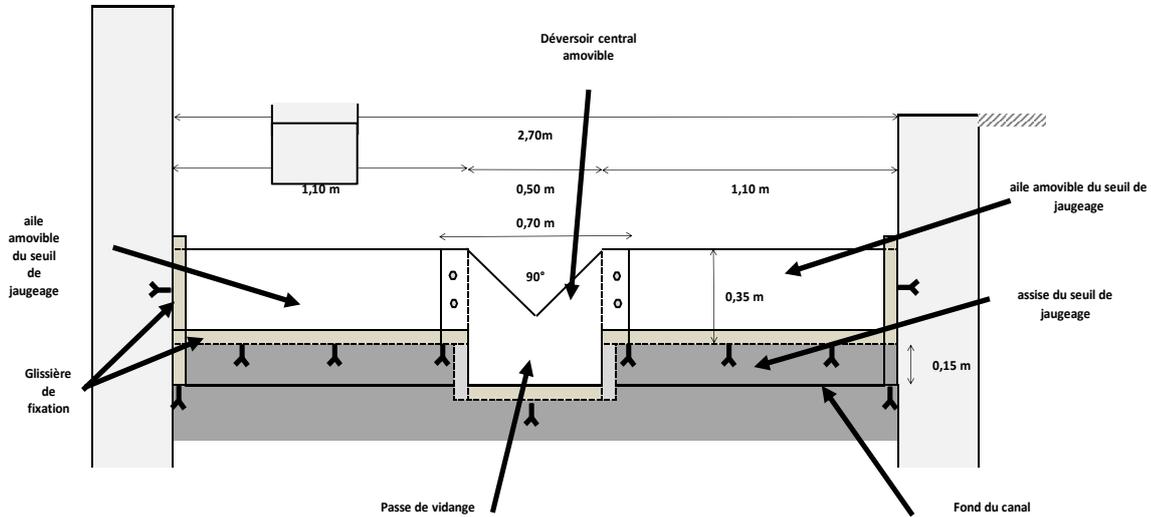


Illustration 5 : MTS aval - Seuil de jaugeage (en haut, schéma vue de face, depuis l'aval, en bas Photo : Vue aval, rive gauche

### 2.1.2. Le Bassin de Dzoumogné (Mro Oua Bandrani)

Le bassin versant de Mro Oua Bandrani situé au nord de Dzoumogné est de plus grande taille (343 ha) et beaucoup plus étendu que celui de Mtsamboro. Dans sa partie aval, il est borné par une retenue collinaire construite en 2001 pour l'approvisionnement en eau d'une grande partie de Mayotte. Le cours d'eau Mro Oua Bandrani est en eau toute l'année. En zone amont, les versants forestiers souffrent du déboisement non contrôlé pour la mise en culture des terrains. L'agriculture conventionnelle (association banane-manioc ou pois d'Angole ou patate douce) est pratiquée sur l'ensemble du bassin, très souvent sur de fortes pentes (supérieures à 20%) et sans aucune protection des sols. Le bassin comprend également quelques hectares de padza végétalisés (graminées, fougères), qui sont régulièrement mis à nu par des feux provoqués par l'homme pour chasser les nuisibles des cultures et les hérissons.

#### Seuil de jaugeage de Dzoumogné sur le Mro Oua Bandrani (Illustration 6)

Le seuil de jaugeage construit sur le bassin versant de Mro Oua Bandrani est situé près de 200 m en amont de la retenue collinaire de Dzoumogné (Lat. : 12°43'0.81" S - Long. : 45°6'0.85"). Il coupe le cours d'eau sur une longueur de 8,0 m pour une hauteur maximale de 1,60 m au niveau des berges. Il est constitué d'un déversoir métallique amovible à paroi mince situé à son centre, et de murets en agglos à bancher (20 cm d'épaisseur) montés en créneau de part et d'autre du seuil métallique. Sur la rive droite, la berge en terre a été renforcée par la pose de gabions. Une dalle en béton a été mise en place pour collecter et quantifier les sédiments retenus en amont de l'ouvrage et pour dissiper l'énergie de l'eau et éviter ainsi tout affouillement en aval du seuil. Une rampe à poissons a été installée juste en aval du seuil métallique pour permettre le franchissement de l'ouvrage.

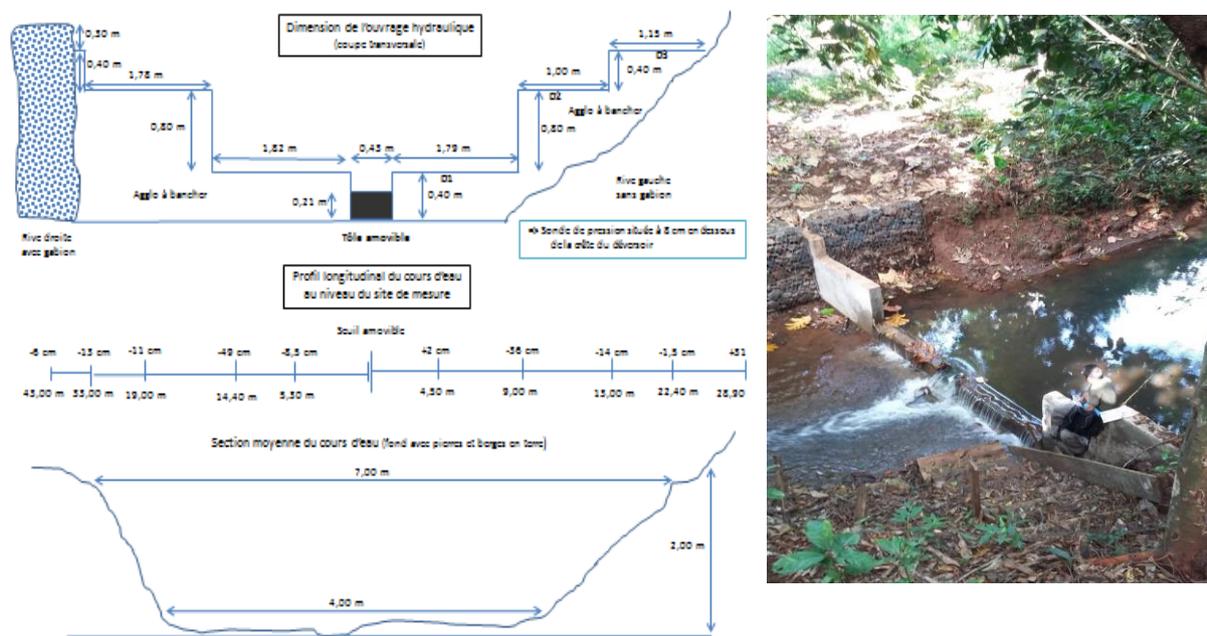


Illustration 6 : Dzoumogné - Seuil de jaugeage (à gauche, schéma vue de face, depuis l'aval, à droite Photo : Vue aval, rive gauche)

### 2.1.3. Le Bassin de Salim Bé

Le bassin versant de Salim Be, d'une surface de 534 ha, présente à la fois des milieux naturel (padza et forêt) et agricole qui, comme sur les 2 autres bassins, sont actuellement soumis à des processus d'érosion en raison de la déforestation et de la mise en culture. Le bassin de Mro Oua Salim Bé inclut une zone d'habitat rural (commune d'Ajangoua) située sur la côte. Le cours d'eau Mro Oua Salim bé est en eau toute l'année.

#### Seuil de jaugeage de Mro Oua Salim Bé (Illustration 7)

L'ouvrage hydraulique est localisé au sud de la commune d'Hajangoua au niveau d'un dalot existant qui permet au cours d'eau le franchissement de la RN 3 (Lat.: 12°52'9,16" S – Long.: 45°11'55,1" E). La configuration de l'ouvrage est plus ou moins identique à celui mis en place sur le bassin amont de Mtsamboro sauf que les dimensions du dalot existant sont beaucoup plus importantes. Le seuil de jaugeage est situé à 2,0 m en aval de la sortie du dalot sur la pente du radier bétonné. Il barre le cours d'eau sur une longueur de 5,50 m et sur une hauteur de 0,49 m. Il est constitué d'une partie centrale en tôle métallique amovible à paroi mince, d'une largeur de 0,50 m et d'une hauteur de 0,39 m, et de deux murets ancrés dans le radier situés de part et d'autre du seuil métallique (20 cm d'épaisseur) et construits en béton armé dosé à 350 kg de ciment . La hauteur du seuil en béton est supérieure de 10 cm à celle du seuil métallique central. Afin de contenir les écoulements vers le seuil de jaugeage, un muret d'une hauteur de 1,0 m, d'une longueur de 2,0 m et de 20 cm d'épaisseur a été construit en béton armé à la sortie du dalot, côté rive droite. Côté rive gauche, un petit poteau en béton a également été construit pour assurer la jonction entre le seuil et l'empierrement existant. Enfin, une rampe à poissons a été construite juste à l'aval du seuil afin de permettre le franchissement de l'ouvrage à la faune aquatique.

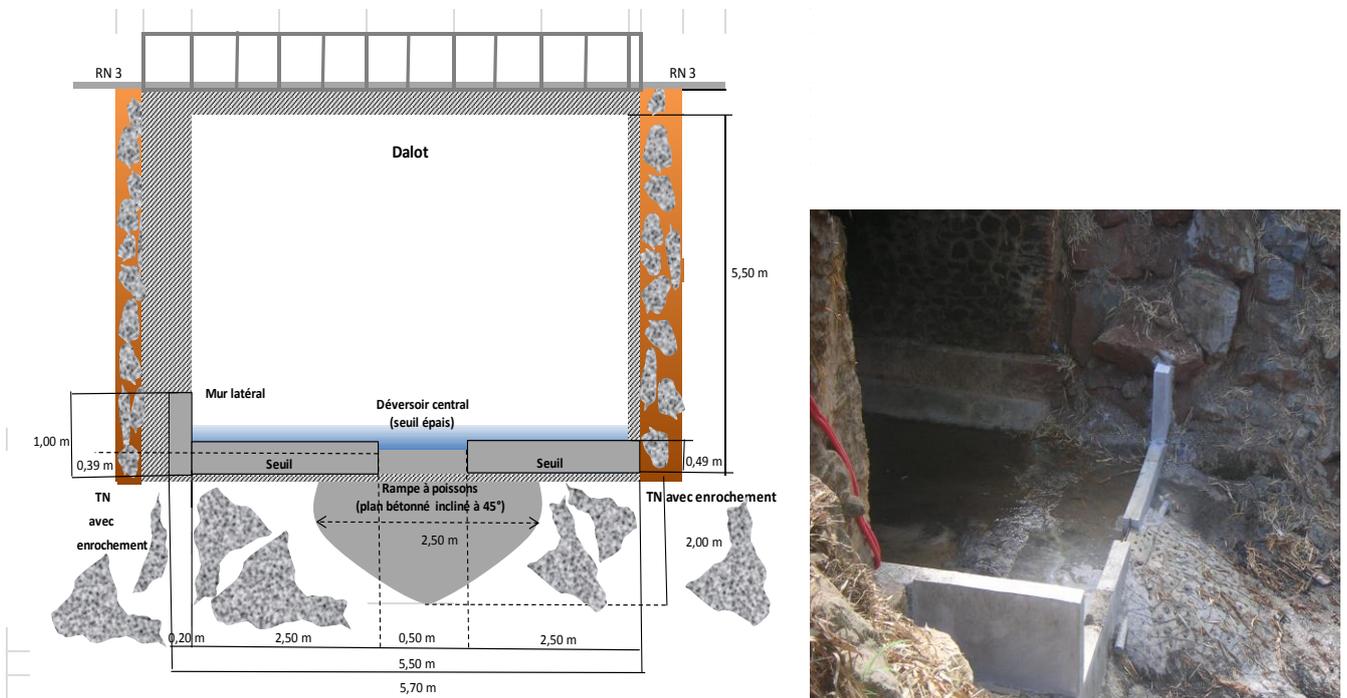


Illustration 7 : Salim Bé - Seuil de jaugeage (à gauche, schéma vue de face, depuis l'aval, à droite Photo : Vue aval, rive droite)

#### **2.1.4. Conclusion**

Compte tenu des caractéristiques morpho-hydrologiques des bassins instrumentés, on doit s'attendre à des fonctionnements hydrologiques très contrastés, à savoir :

- des vitesses d'écoulement élevées sur le bassin de Mtsamboro engendrant des temps de concentration plutôt faibles et des énergies d'écoulement plus importantes ;
- des vitesses d'écoulement faibles sur Mro Oua Salim Bé et Mro Oua Bandrani engendrant des temps de concentration plus importants et des énergies d'écoulement moins érosives. Ainsi, des zones de re-déposition de sédiments et de matières en suspension pourront apparaître, notamment si des embâcles naturels se sont formés (comme observés lors des missions de terrain de 2015-2016).

## 2.2. DISPOSITIF MULTI-ECHELLES DE MESURES HYDRO-METEO-SEDIMENTOLOGIQUE

Le dispositif multi-échelles de mesures hydro-météo-sédimentologiques mis en place au sein des 3 bassins versants inclut un ensemble de stations automatiques hydro-météo-sédimentologiques localisées en différents lieux. Pour les bassins de Mtsamboro et Mro Oua Bandrani, le réseau de stations automatiques est complété par un ensemble de parcelles d'érosion dénommées ruissellomètres, qui permettent de quantifier les transports liquides et solides à l'échelle de 100 m<sup>2</sup>. Les ruissellomètres ont été installés sur différents types de pente - de faible (inférieur à 3,0%) à très élevée (supérieur à 30%) - en milieux forestier, agricole, (péri)urbain et de padza de façon à couvrir les principaux espaces d'occupation du sol présentés dans l'*Illustration 3*. Plusieurs ruissellomètres mis en place en milieu agricole se réfèrent à des systèmes de cultures améliorées à partir de techniques d'agriculture de conservation (et de défense-restauration des sols) qui pourraient être initiés dans le cadre du projet avant la fin 2016 (*Composante 2- Démonstrateur de mesures antiérosives à base d'AC-DRS*). Des ateliers de co-conception de systèmes de culture seront réalisés pour identifier les espèces végétales et les itinéraires techniques à appliquer et définir les modalités de mise en œuvre.

Les quantités d'eau ruisselée et de terre érodée mesurées au niveau des ruissellomètres illustrent les mécanismes de production et de transfert du ruissellement et de l'érosion à l'échelle de 100 m<sup>2</sup>. Les quantités mesurées au niveau des stations hydro-sédimentologiques localisées aux exutoires des bassins illustrent les mêmes mécanismes à l'échelle du bassin versant. Le changement d'échelle - parcelle (100 m<sup>2</sup>) vs. bassin versant de plusieurs dizaines à centaines d'ha - sera effectué en utilisant le modèle *Watersed* (Landemaine, 2016). Pour Mtsamboro, 2 stations hydro-sédimentologiques ont été installées de façon à pouvoir identifier et quantifier la production de terrigènes provenant, de la zone urbanisée et de la zone agro-forestière située en amont du bassin.

Une campagne d'information auprès des autorités et des populations locales a précédé l'installation des équipements. Concernant la mise en place des ruissellomètres, une convention d'occupation de terrain a été signée entre le CD-976 et le BRGM. Pour les stations pluviométrique et météorologique, un accord tacite a été trouvé avec les propriétaires "coutumiers" des terrains. Les stations hydro-sédimentologiques de Mro Oua Bandrani et de Mro Oua Salim Bé ont nécessité la construction de seuils de jaugeage par des entreprises locales de maçonnerie après i) la réalisation d'études d'ouvrages et l'élaboration de dossiers de description des travaux, ii) l'élaboration des dossiers de déclaration à la Police de l'Eau (PE), iii) le lancement d'appels d'offre pour la construction des ouvrages, iv) la réalisation d'inventaires de poissons/crustacés et d'études d'impact sur la faune aquatique et, v) les autorisations de construction des ouvrages par la PE.

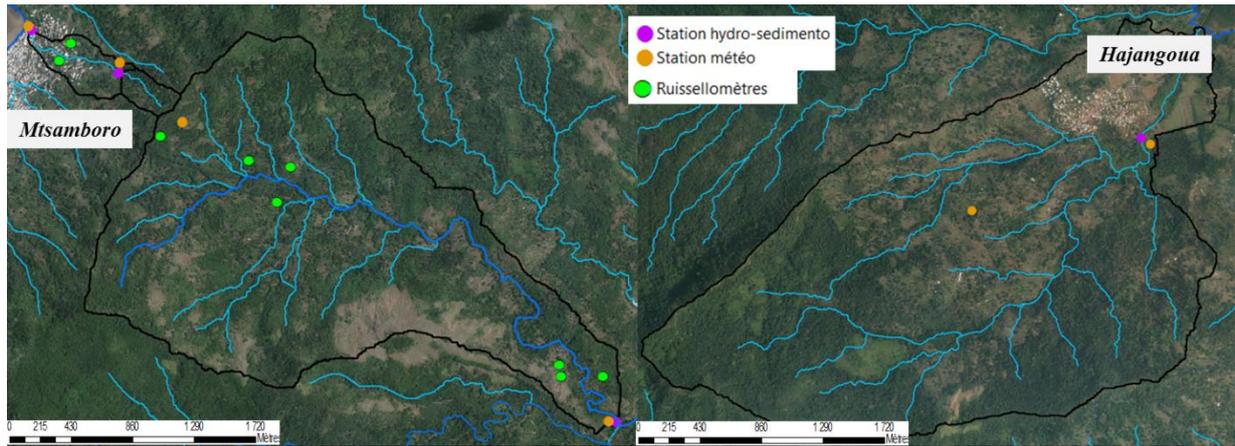


Illustration 8 : Localisation des stations hydro-sédimentologique et météorologiques

L'illustration 9 indique les coordonnées géographiques des différentes stations et des ruissellomètres mis en place au sein des bassins versants de Mtsamboro, Mro Oua Bandrani (Dzoumogné) et Mro Oua Salim Bé.

Dispositif de mesure	Bassin versant	Latitude	Longitude	Altitude
Seuil hydro-sédimento	Mtsamboro amont	12°41'56.03" S	45°4'27.16" E	108.8m
Seuil hydro-sédimento	Mtsamboro aval	12°41'48.12" S	45°4'10.89" E	4.3m
Seuil hydro-sédimento	Dzoumogné	12°43'0.81" S	45°6'0.85" E	63.5m
Seuil hydro-sédimento	Salim Be	12°52'9,16" S	45°11'55,1" E	6.4m
Pluviomètre Aval (Ecole)	Mtsamboro	12°41'47.50" S	45°4'10.23" E	3.0m
Pluviomètre Amont (Seuil)	Mtsamboro	12°41'54" S	45°4'27.06" E	112.7m
Pluviomètre Aval (seuil)	Dzoumogné	12°43'0.84" S	45°5'59.49" E	71.2m
Pluviomètre Amont	Dzoumogné	12°42'7.56" S	45°4'38.4" E	205.2m
Pluviomètre Aval (seuil)	Salim Be	12°52'8.12" S	45°11'58.44" E	11.1m
Pluviomètre Amont	Salim Be	12°52'39.12" S	45°11'15.42" E	151.3m
Ruissellomètres Padza et témoin	Dzoumogné	12°42'53.76" S	45°5'50.88" E	107.3m
Ruissellomètre péri-urbain	Mtsamboro	12°41'49.17" S	45°4'15.1" E	38.4m
Ruissellomètre Agricole 1 et 1 témoin	Dzoumogné	12°42'12.4" S	45°4'51.67" E	162.7m
Ruissellomètre Agricole 2 et 2 témoin	Dzoumogné	12°42'13.5" S	45°4'59.47" E	160.4m
Ruissellomètre Agricole 3 et 3 témoin	Dzoumogné	12°42'20.15" S	45°4'56.92" E	146.3m
Ruissellomètre Agricole 4 et 4 témoin	Dzoumogné	12°42'52.5" S	45°4'58.33" E	79.0m
Ruissellomètre Forêt	Dzoumogné	12°42'7.74" S	45°4'35.52" E	215.9m

Ruissellomètre Talus	Mtsamboro	12°41'54" S	45°4'27.48" E	111.5m
Ruissellomètre Talus	Dembeni	12°50'8.04" S	45°9'16.62" E	129.5m

*Illustration 9 : Coordonnées géographiques des stations hydro-sédimentologiques, pluviométriques, météorologiques et des ruissellomètres installés dans le cadre du projet LESELAM*

Les seuils de jaugeage ont permis de caler les lois d'écoulement pour des régimes laminaires dénoyés ainsi que de piéger et quantifier en amont des seuils la totalité ou une partie des sédiments. Le dimensionnement des ouvrages s'est appuyé à la fois sur les résultats de relevés topographiques des sites de construction (sections transversale et longitudinale des cours d'eau) et sur les résultats de simulations de débits de crue via l'utilisation du modèle SICC<sup>1</sup> d'IRSTEA. Le modèle a été appliqué pour évaluer en particulier l'impact des seuils sur la remontée du plan d'eau en amont des ouvrages pour des débits élevés à exceptionnels (crues décennales) et s'assurer ainsi que les écoulements au droit des seuils étaient de type laminaire et dénoyé permettant ainsi l'utilisation de lois d'ouvrage pour le calcul du débit en fonction de la hauteur d'eau amont.

### 2.2.1. Principales caractéristiques des stations hydro-météo-sédimentologiques

Les stations hydro-météo-sédimentologiques installées dans le cadre du Projet LESELAM sont constituées d'un ensemble d'équipements électroniques (capteurs) qui permettent de mesurer les grandeurs physiques qui sont stockées automatiquement dans une centrale d'acquisition. Les centrales des stations sont alimentées par de petites batteries de 12 volts - 12 Ah pour leur autonomie. Le tout est mis à l'abri dans des coffrets électriques en plastique. Conformément à la réglementation française et européenne, l'achat des équipements a préalablement fait l'objet d'appels d'offres auprès d'un minimum de 3 fournisseurs. Les équipements hydrologiques et météorologiques ont été fournis par la société Campbell Scientific et les préleveurs de matières en suspension (prélèvement en mode volume) sont de marque Hach (modèle AS950 à 24 flacons de 1,0 litre). Des enclos de protection ont été construits pour protéger les stations météorologiques et pluviométriques. Compte tenu des conditions d'intervention et d'utilisation des équipements météorologiques ainsi que des objectifs de valorisation des données, le réseau de stations s'inscrit en classe 2 aux normes de l'OMM. Les préleveurs automatiques, leur batterie d'alimentation (12 Volts/72 Ah) et les centrales d'enregistrement des stations hydrologiques ont été mis à l'abri dans un coffre métallique dont les pieds ont été coulés dans du béton. Enfin, une échelle limnimétrique a été mise en place au niveau de chaque seuil de jaugeage.

Pour chaque type de station installée au sein des 3 bassins versants instrumentés, les tableaux des *Illustration 10* et *Illustration 11* récapitulent, respectivement, les types de variables enregistrées (et la fréquence des mesures) et les principales caractéristiques des équipements électroniques de mesure.

<sup>1</sup> Simulation Intégrée des Canaux et de leur Contrôle :

© IDDN FR.001.240002.00.S.P.1993.000.00000

Type de station Automatique	Bassin versant.	Données mesurées	Pas de temps des mesures
- Météorologique (CR1000)	- Mtsamboro amont - Mro Oua Bandrani	- Températures air et sol - Humidité air et sol - Humidité sol - Rayonnement, Vent et Pluie	- Minute - Horaire - Journalier
- Hydro sédimentologique (CR1000)	- Mtsamboro amont  - Mtsamboro aval  - Mro Oua Bandrani  - Mro Oua Salim Bé	- Hauteur d'eau en amont du seuil - Turbidité de l'eau - Heure / minute de prélèvement m.e.s  - Hauteur d'eau en amont du seuil - Hauteur d'eau en aval du seuil - Turbidité de l'eau - Heure / minute de prélèvement m.e.s - Pluie  - Hauteur d'eau en amont du seuil - Turbidité de l'eau - Heure / minute de prélèvement m.e.s.  - Hauteur d'eau en amont du seuil - Turbidité de l'eau - Heure / minute de prélèvement m.e.s - Pluie	- Minute - Minute - Incrémentation  - Minute - Minute - Minute - Incrémentation - Minute  - Minute - Minute - Incrémentation  - Minute - Minute - Incrémentation - Minute
- Pluviométrique (CR200)	- Mro Oua Bandrani (zone amont) - Mro Oua Salim Bé (zone amont)	- Pluie	- Minute

*Illustration 10 : Type de station, localisation, données mesurées et pas de temps d'enregistrement des données pour les stations automatiques installées dans le cadre du projet LESELAM*

Type de station Donnée mesurée	Equipement (électronique) de mesure	Etendue / Précision de la mesure
- Météorologique		
* Hauteur/intensité de pluie	* Pluviomètre à augets basculeur Arg100	[1 - 500 mm/h] 0,2 mm/basculement
* Température de l'air	* Thermistance CS215	[- 40 - + 70 °C] ± 0,5°C
* Température du sol	* Thermistance CS650	[-10 - +70 °C] ± 0,5°C
* Humidité de l'air	* Hygromètre CS215	[0 – 100%] ± 4%
* Humidité du sol	* Humidimètre CS650	[5 – 50%] ± 3%
* Vitesse // Direction du vent	* Anémomètre sonique WindSonic1	[0 – 60 m/s] ± 2% // [0-360°] ± 3°
* Rayonnement	* Pyranomètre CS300	[0 – 1750 W/m²] ± 5%
- Hydro-sédimentologique		
* Hauteur d'eau	* Piézoélectrique Keller PR36X	[0 – 1 bar relatif] ± 0,2%
* Turbidité de l'eau	* Turbidimètre OBS 3+	[0 – 4000 NTU] ± 2%
* Echantillon de m.e..s.	* Préleveur AS950	± 5% (volume flacon 200 ml)
- Pluviométrique		
* Hauteur/intensité	* Pluviomètre à augets basculeurs	[1 - 500 mm/h] 0,2 mm/basculement

*Illustration 11 : Principales caractéristiques des sondes utilisées dans les stations de mesure.*

L'*Illustration 12* (photos) montre les équipements hydro-météo-sédimentologiques installés au sein des bassins versants de Mtsamboro (amont et aval), Dzoumogné et Mro Oua Salim Bé.



*Station météo de Mtsamboro amont*



*Station météo de Mro Oua Bandrani*



*Poste pluviométrique de Mtsamboro aval*



*Poste pluviométrique de Mro Oua Bandrani*



*Seuil de jaugeage de Mtsamboro aval (a)*



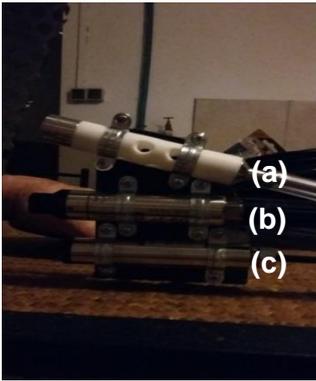
*Seuil de jaugeage de Mtsamboro amont (b)*



*(a) Seuil de Mro Oua Bandrani (vue aval)*



*(b) Seuil de de Mro Oua Salim Bé (vue amont)*



Montage sur leur support métallique des sondes de pression (a), de turbidité (b) crépine d'aspiration du préleveur. (c)

Centrale d'acquisition des données (a) et préleveur de m.e.s (b) d'une station hydro-sédimentologique

Illustration 12 : Photos des aménagements

Les centrales de mesure et d'enregistrement des données hydro-météo-sédimentologiques ont fait l'objet de programmation pour récupérer les grandeurs mesurées, créer les tables de stockage des données et, concernant les écoulements d'eau au droit des seuils de jaugeage, calculer les débits selon la loi d'hydraulique (Hauteur d'eau vs Débit) pour déversoirs en régimes dénoyés. A partir d'un seuil de niveau d'eau établi, les centrales permettent aussi de commander le préleveur d'échantillons qui, en période de crue, déclenche les prélèvements sur la base d'un volume d'eau fixé. L'illustration 13 récapitule les équations utilisées pour la détermination de la turbidité et du débit des écoulements. Concernant le débit, les équations ont été calées sur la base des caractéristiques des ouvrages présentées précédemment et de la côte (z) des sondes de pression installées en amont des seuils. Concernant la turbidité, les sondes utilisées opèrent dans 2 gammes différentes de mesure (0 - 2000 NTU et 0 - 4000 NTU) pour une meilleure résolution des données. La calibration des turbidimètres a été opérée en usine avec des solutions étalons.

Station hydro-sédimentologique	Détermination du débit (l/s)	Détermination de la turbidité (NTU)
Mtsamboro amont	$Q_{total} = m_1 L_1 H_1^{1,5} (2 g)^{1/2} + m_2 L_2 H_2^{1,5} (2 g)^{1/2}$	NTU = a T <sup>2</sup> +b T- c
Mtsamboro aval	$Q_{total} = m_1 L_1 H_1^{1,5} (2 g)^{1/2} + m_2 L_2 H_2^{1,5} (2 g)^{1/2}$	
Mro Oua Bandrani	$Q_{total} = m_1 L_1 H_1^{1,5} (2 g)^{1/2} + m_2 L_2 H_2^{1,5} (2 g)^{1/2} + m_3 L_3 H_3^{1,5} (2 g)^{1/2} + m_4 L_4 H_4^{1,5} (2 g)^{1/2}$	
Mro Oua Salim Bé	$Q_{total} = m_1 L_1 H_1^{1,5} (2 g)^{1/2} + m_2 L_2 H_2^{1,5} (2 g)^{1/2}$	

m: Coefficient hydraulique // L : largeur du seuil (m) // H : Lamme d'eau déversante (m)

T : Tension signal (volt) // NTU : Nephelometric Turbidity Unit // a, b et c: coefficients de régression.

Illustration 13 : Caractéristiques générales des équations insérées dans les programmes des stations de mesure pour la détermination du débit et de la turbidité des écoulements.

Par la suite, les équations d'écoulement ont été ajustées sur la base des résultats de jaugeages opérés en cours de la saison des pluies et des caractéristiques physiques des différents seuils (Rapport CIRAD - Annexe 1). Concernant les quantités de m.e.s des écoulements, des relations entre turbidité et concentration en m.e.s ( $\text{g l}^{-1}$ ) ont été établies sur la base des résultats de m.e.s. prélevées et quantifiées en laboratoire (Rapport CIRAD - Annexe 1). Les quantités de terre en suspension ont pu être ainsi estimées en fonction des débits d'écoulement enregistrés au droit des seuils et des turbidités mesurées (Rapport CIRAD - Annexe 1).

Pour la quantification des flux de m.e.s et la programmation des prélèvements, un choix de fonctionnement à l'évènement de crue a été effectué :

- une première consigne de réveil du préleveur a lieu en fonction d'une hauteur d'eau donnée pour laquelle il est considéré être en phase de crue.
- lorsque cette hauteur d'eau (de crue) est dépassée, une deuxième règle fixe un volume de prélèvement (200 ml) pour un volume d'eau écoulé au droit du seuil (par exemple  $300 \text{ m}^3$  pour le seuil de Mro Oua Bandrani).

Un choix a dû également être opéré sur le type de crue à échantillonner dans son intégralité :

- un évènement de retour décennal à savoir une pluie de 100 mm avec une intensité de 60 mm/h ( $I_{30}$ ) a été retenue.
- un coefficient de ruissellement a été considéré (40%) sur la base des travaux de Lapègue (1999) ce qui a permis d'estimer les volumes d'eau ruisselés à l'échelle des bassins versants (prise en compte des superficies).

Les préleveurs automatiques contiennent 24 flacons de 1,0 litre (120 prélèvements potentiels pour former 24 échantillons composites). Connaissant le volume d'eau ruisselé ( $V_r$ ) et souhaitant prélever 120 échantillons de ce volume, on détermine ainsi le volume de consigne ( $V_r/120$ ) de déclenchement du prélèvement d'un échantillon.

## **2.2.2. Principales caractéristiques des ruissellomètres (suivi en milieu naturel et agricole)**

Les parcelles de ruissellement et d'érosion ont une superficie standardisée de  $100 \text{ m}^2$  (20 m de long dans le sens de la pente x 5 m de large). Trois grandes parties constituent le dispositif de mesure :

1. La parcelle d'érosion, totalement fermée en amont et sur les côtés de façon à éviter toute entrée d'eau provenant de l'extérieur. Pour cela, des tôles métalliques pré-laquées ont été enfoncées dans le sol et raccordées entre elles. Des fers à béton ont été positionnés de part et d'autre des tôles pour renforcer leur stabilité quand nécessaire.
2. Un collecteur cimenté situé à l'aval de la parcelle, de 5,0 m de long par 0,30 m de large et 0,20 m de profondeur, a été construit en forme de gouttière afin d'acheminer les eaux de ruissellement vers une citerne de 1 000 litres. La jonction du collecteur cimenté avec la citerne est assurée par un tuyau en PVC de diamètre 100 mm. Pour éviter que les eaux de ruissellement issues de la parcelle ne s'infiltrent sous le collecteur cimenté, de la bentonite a été appliquée sur toute la longueur de la jonction sol-collecteur.
3. Une citerne en plastique d'une capacité de 1 000 litres a été posée à l'horizontale sur une dalle bétonnée afin de collecter les eaux de ruissellement et les matières en suspension acheminées par le collecteur cimenté via le tuyau en PVC. A l'intérieur de la citerne, une sonde capacitive de marque Odyssey (0 à 1 m de colonne d'eau) a été installée afin de mesurer au pas de temps de 5 minutes la hauteur d'eau dans la citerne. En cas de trop

plein de celle-ci, un déversoir métallique triangulaire (angle à 90°) à paroi mince<sup>2</sup>, a été positionné afin de déterminer grâce à une sonde capacitive les débits déversant.

Les différents éléments du dispositif de mesure du ruissellement et de l'érosion à l'échelle des 100 m<sup>2</sup> sont illustrés sur l'illustration 14.

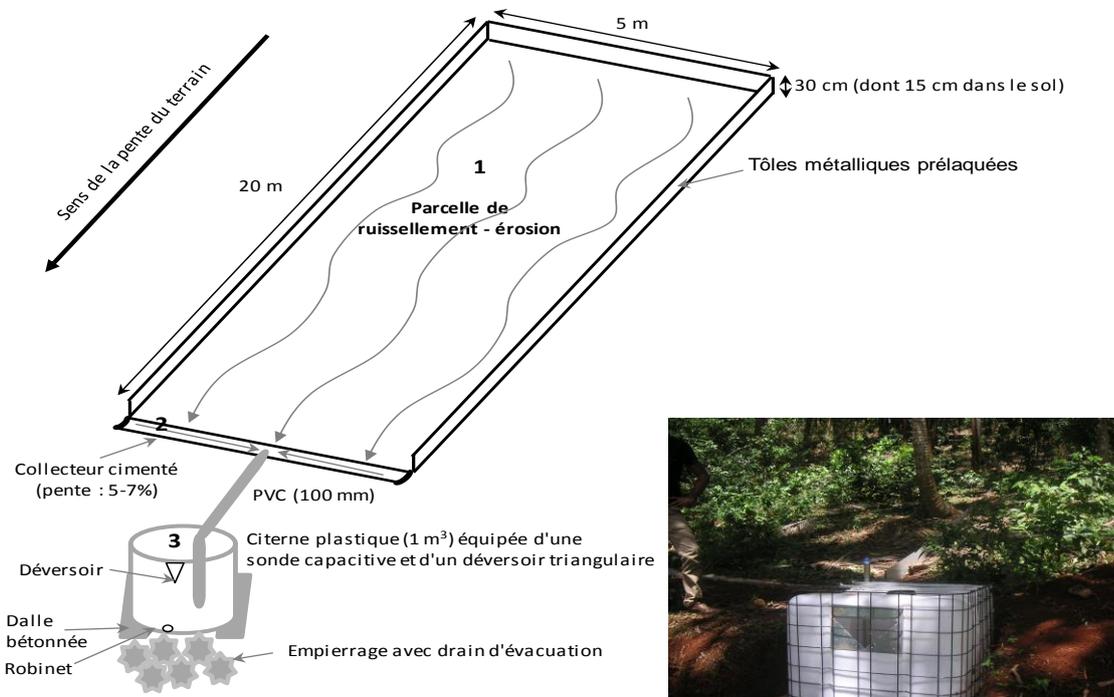


Illustration 14 : Ruissellomètre – schéma (gauche) et citerne de mesure des eaux de ruissellement et des transports solides (droite)

L'estimation du ruissellement de surface provenant de la parcelle est effectuée à partir du suivi des hauteurs d'eau dans la citerne et l'estimation de l'érosion à partir d'échantillons de matières en suspension prélevés dans la citerne après agitation et échantillonnage (3 flacons). L'opération est effectuée si possible après chaque épisode pluviométrique ayant provoqué de l'érosion. En parallèle, un suivi des principaux facteurs explicatifs du ruissellement et de l'érosion à l'échelle des 100 m<sup>2</sup> est effectué. Ces facteurs concernent tout particulièrement la pluie (et son intensité), l'humidité des couches superficielles (0-10 et 10-30 cm) et les états de surface du sol. La pluie et l'humidité des couches superficielles sont mesurées, respectivement, par les pluviomètres et les sondes d'humidité volumique au niveau des stations météorologiques ou pluviométriques installées au voisinage des ruissellomètres. L'état de surface du sol (et son évolution dans le temps) est caractérisé par des observations effectuées en début, milieu et fin de saison des pluies et en se référant à la présence de 5 classes de sensibilité du sol à l'érosion (Roose, 1984) à savoir, la présence de terre fine (grumeleuse), de litière et/ou de paillis, de couverture végétale vivante, de terre tassée et/ou compactée et, enfin, de croûtes et/ou de rigoles. Les observations sont effectuées sur 5 lignes espacées entre elles de 4,0 m et perpendiculaires à la pente et, sur chaque ligne, tous les 25 cm (Illustration 15).

<sup>2</sup>  $Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,53 * H^{5/2} \text{ (m)} * (2g)^{1/2}$

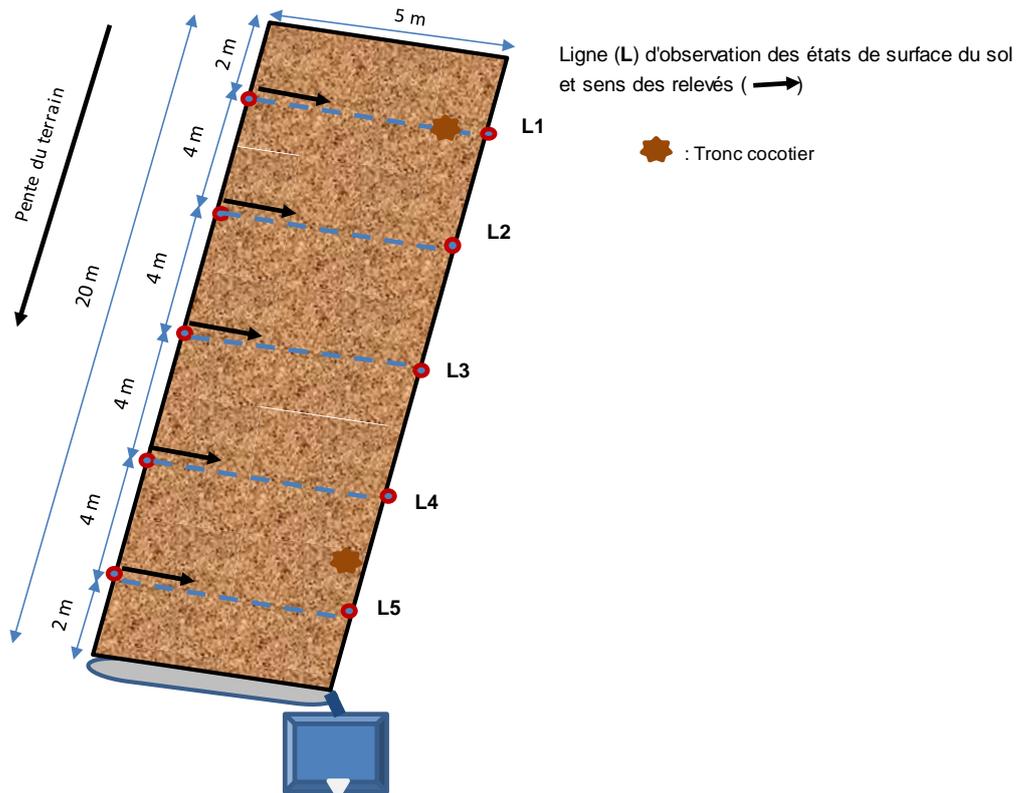


Illustration 15 : Lignes d’observation des états de surface du sol sur le ruissellomètre placé sous forêt sur le bassin versant amont de Mrou Oua Bandrani

De plus, la présence de rigoles qui coupent la ligne d’observation est systématiquement annotée. La sensibilisation du sol superficiel au ruissellement et à l’érosion est globalement appréciée - i.e. très bon état, bon état, mauvais état et très mauvais état de surface - sur la base des fréquences d’apparition des 5 classes présentées ci-dessus. Enfin, la quantité de biomasse sèche relative à la couverture morte recouvrant la surface du sol, est estimée à partir de prélèvements d’échantillons de biomasse faits à l’extérieur de la parcelle sur 4 placettes de 4,0 m<sup>2</sup>

L'illustration 16 indique la localisation des ruissellomètres au sein des bassins versants de Mtsamboro et de Mro Oua Bandrani.

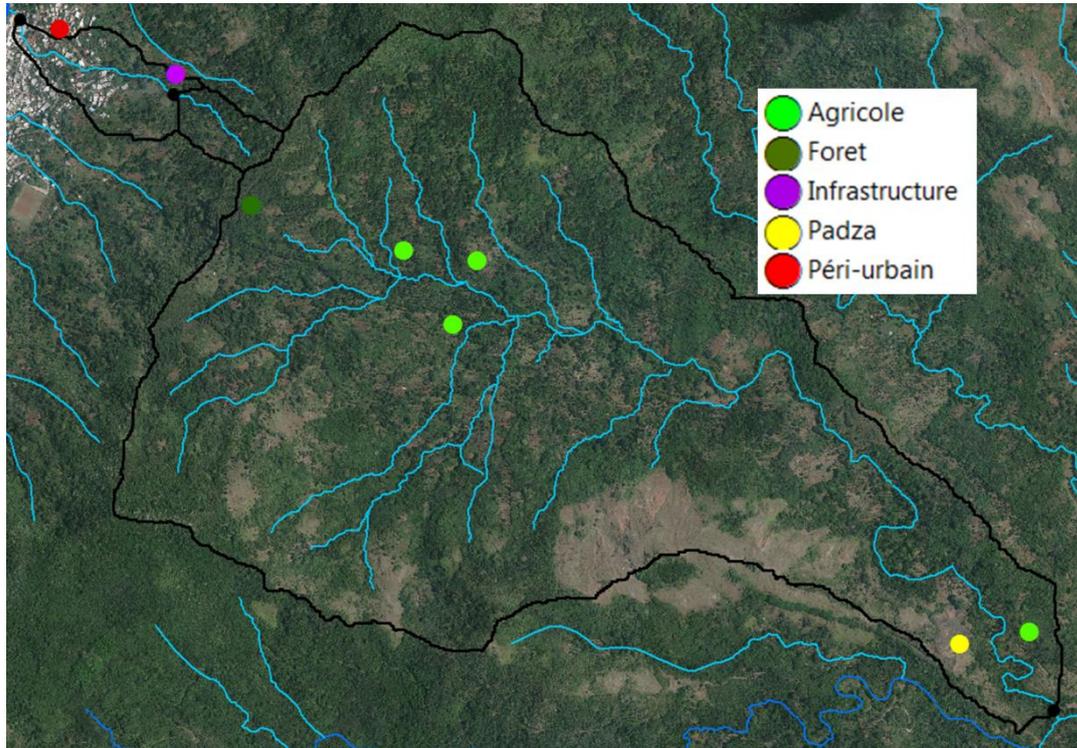


Illustration 16 : Localisation des ruissellomètres



Ruissellomètre sur parcelle agricole

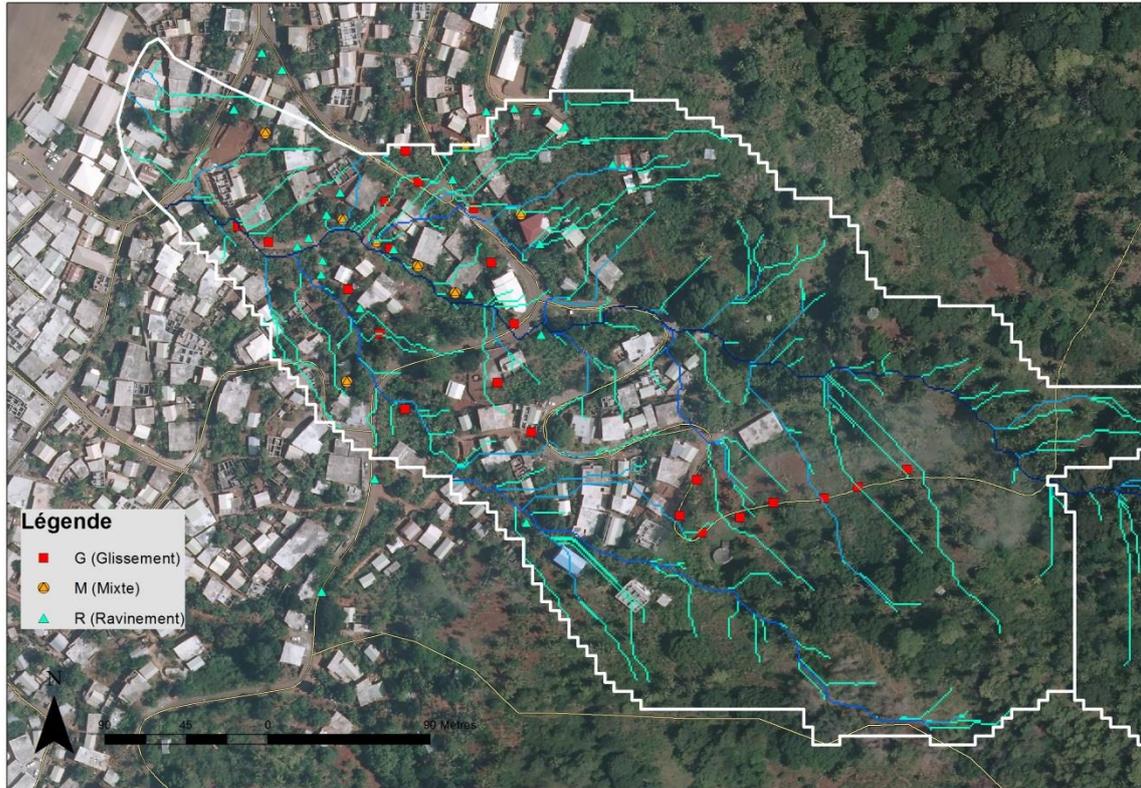


Ruissellomètre sur padza

Illustration 17 : Ruissellomètres Agricole et Padza

### 2.2.3. Protocole de suivi des infrastructures (talus – ravines) sur Mtsamboro

Le suivi de l'érosion au niveau des infrastructures type « talus routier » en contexte d'habitat rural a été identifié dès la mise en place de LESELAM.



*Illustration 18 : – Inventaire des zones de désordres marqués en zone d'habitat rural*

La typologie des mouvements de sol figurant de l'érosion sur le bassin versant urbanisé de Mtsamboro se décline en plusieurs catégories qui nécessitent une approche spécifique pour leur prise en compte au niveau des zones dites de « départ » :

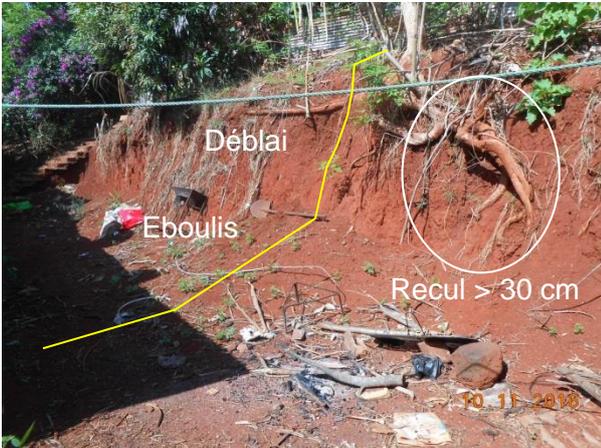
- ravinement : liée au ruissellement, diffus ou concentré, affectant des terrains naturels ou anthropiques ;
- glissement de terrain : en l'occurrence superficiel, à la faveur de facteurs essentiellement anthropiques (création de talus de déblai, stockage de remblai) mais également naturels (glissement de berge).

L'ensemble des terrains potentiellement affectés par ces mouvements constitue un stock de terre mobilisable, préférentiellement lors d'épisodes pluvieux intenses, facteur de déclenchement des mouvements de terrains.

On trouve sur la partie urbanisée du bassin de Mtsamboro les conditions favorables à l'occurrence de départ de mouvement de terres. La typologie de mouvements généraux est établie comme suit :

- **A. Mouvement de terrains :**

- o A1 - Glissement superficiel de talus de déblai ou de remblai anthropique ;





*Illustration 19 : Glissement superficiel de talus de déblai ou de remblai anthropique*

o A2 - Glissement de berge





*Illustration 20 : Glissement de berges*

- **B - Ravinement / Erosion**

- B1 - Remobilisation de masses glissées en talus ou en ravine



*Illustration 21 : Remobilisation de masses glissées en talus ou en ravine*

o B2 - Ravinement localisé avec concentration des écoulements



Illustration 22 : Ravinement localisé avec concentration des écoulements

o B3 - Sous-cavage



Illustration 23 : Sous-cavage

Trois solutions émergent :

1. Ruissellomètre de Talus, en tant qu'adaptation du ruissellomètre défini par IRSTEA.
2. Un suivi d'évolution des talus par relevés photogrammétriques réguliers, afin d'estimer les volumes érodés
3. Un suivi d'évolution de berge de ravine par photogrammétrie

### **2.2.3.1. Ruissellomètre pour suivi de talus**

Les parcelles de ruissellement et d'érosion ont une superficie variable de quelques m<sup>2</sup> (entre 3 et 6 m<sup>2</sup>) caractérisés par une bande de talus de 1 m de largeur et de hauteurs variable selon la géométrie du parement. Trois grandes parties constituent le dispositif de mesure :

- La parcelle d'érosion, dans des zones choisies comme peu soumises au ruissellement en amont (secteurs de dorsale topographique). L'isolement de la parcelle de part et d'autre de la zone de mesure n'est pas réalisé dans un premier temps afin de ne pas perturber l'environnement immédiat de la zone équipée. Selon les premiers résultats, des tôles métalliques pré-laquées sont prévues pour être enfoncées dans le sol de part et d'autre du dispositif.
- Un collecteur matérialisé par une gouttière en tôle de 1 m de longueur de 60 cm<sup>2</sup> (10 cm x 6 cm) de section est situé en pied de talus. Ce collecteur est raccordé au terrain naturel par une réglette en aluminium ancrée dans le parement et liée à la gouttière par une toile imperméable de faible largeur (# 20 cm). Des fers à béton sont fichés de part et d'autre du dispositif pour garantir l'écoulement vers le collecteur et assurent la stabilité de l'ensemble en cas de chargement du dispositif. La pente du collecteur est de l'ordre de 15°.
- Une citerne en tôle d'une capacité de 200 litres a été posée à l'horizontale sur une fosse afin de collecter les eaux de ruissellement et les matières en suspension acheminées par le collecteur directement vers la cuve (réserve dans la paroi ménagée à cet effet). En fonction des résultats, la mise en œuvre d'une sonde capacitive de même type que celle utilisée pour les ruissellomètres en zone agro-forestière pourra être mise en œuvre. En théorie, compte tenu des faibles surfaces de ruissellement, la capacité de la cuve doit permettre d'absorber les précipitations entre les recueils de sédiments.

Les différents éléments du dispositif de mesure du ruissellement et de l'érosion en talus sont illustrés sur l'*Illustration 24*.

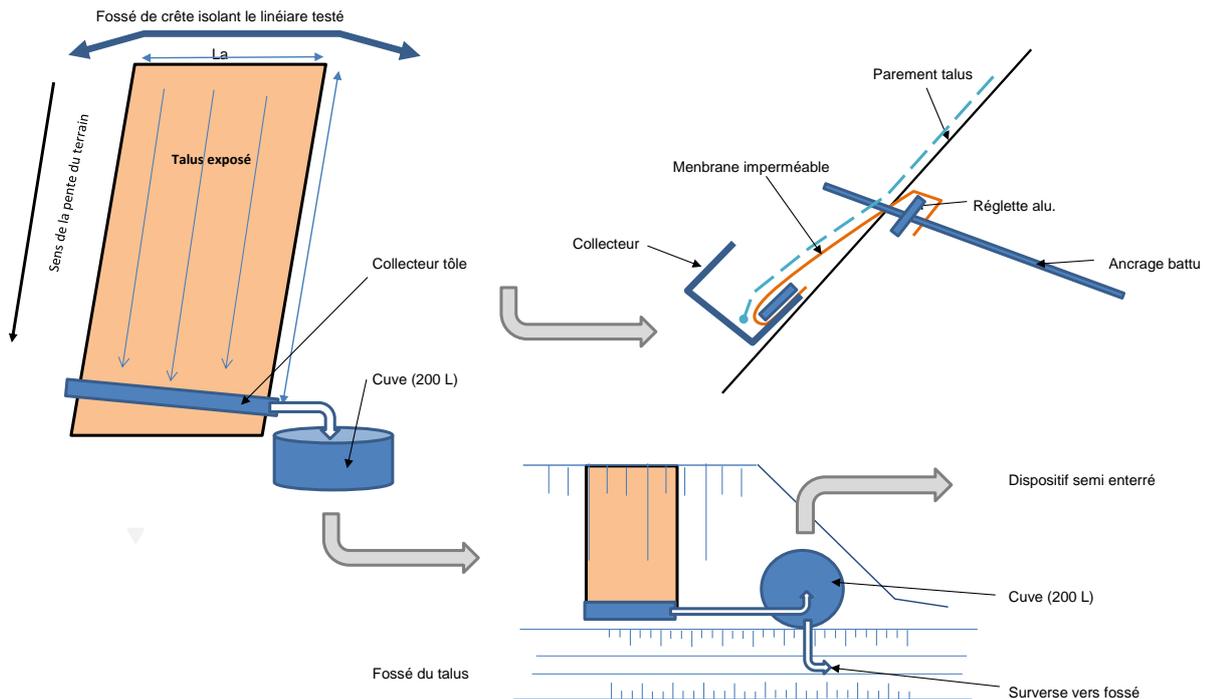


Illustration 24 : Ruissellomètre de « talus », schéma de principe

L'estimation du ruissellement de surface provenant de la parcelle est effectuée à partir du relevé des hauteurs d'eau dans la citerne et l'estimation de l'érosion à partir d'échantillons de matières en suspension prélevés dans la citerne après agitation et échantillonnage (3 flacons). L'opération est effectuée si possible après chaque épisode pluviométrique ayant provoqué de l'érosion. En parallèle, un suivi des principaux facteurs explicatifs du ruissellement et de l'érosion à l'échelle des 100 m<sup>2</sup> est effectué. Ces facteurs concernent tout particulièrement la pluie (et son intensité) et localement l'humidité des couches superficielles (0-10 et 10-30 cm) et les états de surface du sol. La pluie et l'humidité des couches superficielles sont mesurées, respectivement, par les pluviomètres et les sondes d'humidité volumique au niveau des stations météorologiques ou pluviométriques installées au voisinage des ruissellomètres.

L'état de surface du sol (et son évolution dans le temps) est caractérisé par des observations effectuées en début, milieu et fin de saison des pluies et en se référant à la présence de 5 classes de sensibilité du sol à l'érosion à savoir :

- la présence de terre fine (grumeleuse),
- de litière et/ou de paillis,
- de couverture végétale vivante,
- de terre tassée et/ou compactée
- de croûtes et/ou de rigoles.

Les observations sont effectuées à l'échelle du parement. La présence de rigoles parallèle à la ligne de plus grande pente du parement est particulièrement relevée (facteur aggravant notable). La sensibilisation du sol superficiel au ruissellement et à l'érosion est globalement appréciée - i.e. très bon état, bon état, mauvais état et très mauvais état de surface - sur la base des fréquences d'apparition des 5 classes présentées ci-dessus.

L'illustration 25 indique les conditions de milieu, de pente et d'occupation du sol des ruissellomètres installés sur talus.

N°	Bassin versant / Site	Talus	Pente (°)	Occupation du sol (canopée/culture)	Techniques protection
1	Mtsamboro	Déblai 3,2 m		Sol nu Allotérite / Eboulis	-
2	RN2 Coconi	Remblai 6 m	32°	Sol nu Allotérites remaniées	-
3	RN2 Coconi	Remblai 6 m	32°	Sol nu Allotérites remaniées	Végétalisation (vétiver) (travaux DEAL)

Illustration 25 : Localisation, conditions de pente et d'occupation du sol des ruissellomètres en zone d'habitat rural



Illustration 26 : Ruissellomètre de talus Mtsamboro amont

### 2.2.3.2. Suivi d'évolution de talus par photogrammétrie

La quantification de l'érosion des talus repose ici sur l'utilisation de techniques photogrammétriques. Il s'agit d'utiliser des photos des talus prises depuis plusieurs positions distinctes de manière à en reconstruire numériquement le relief en 3D. La photogrammétrie est une technique de mesure qui ne demande pas de contact avec l'objet mesuré. Elle est facile à mettre en œuvre sur le terrain puisqu'il suffit de disposer d'un appareil photo calibré et de prendre des photos sous des angles différents.

La photogrammétrie a l'avantage de capturer un état exhaustif d'un objet à un instant donné, contrairement à un levé de géomètre classique. Ceci permet de remesurer l'objet ou certaines de ses caractéristiques dans le temps à la faveur de prises de vues ultérieures.

La condition minimale et suffisante pour reconstruire un objet en trois dimensions est de le photographier depuis deux points de vue convergents et distincts. Lors de la prise de vue, il se produit un phénomène que l'on appelle la parallaxe qui est uniquement liée au relief de l'objet. Pour pouvoir mesurer cette parallaxe et en déduire son relief, il faut passer par une opération dite d'*orientation* des photos, c'est-à-dire qu'il faut retrouver la position relative des points de

vue par rapport à l'objet. Une fois que l'orientation relative des clichés est résolue, l'identification de points homologues supplémentaires, identifiant le même point objet dans les différentes images, permet de reconstruire progressivement le relief de l'objet photographié.

Une telle approche a été déployée à titre expérimentale en Polynésie dans le cadre du programme ARAI en 2009. Les résultats, couplés à d'autres méthodes ont mis en évidence des taux de recul de talus de l'ordre de 0,022 m<sup>2</sup>/an avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre 0,007 m<sup>2</sup>/an et 0,038 m<sup>2</sup>/an. Cette grandeur se rapproche des coefficients de diffusivité appliqués aux escarpements géologiques pour en évaluer l'érosion à long terme (plusieurs centaines ou milliers d'année). Localement, au sein d'un même talus, les observations expérimentales permettent d'avancer que le taux d'érosion annuel a une plage de variation probable entre 5,3 et 56,4 mm/an, selon la lithologie et la géométrie et un taux d'érosion médian de 21,8 mm/an.

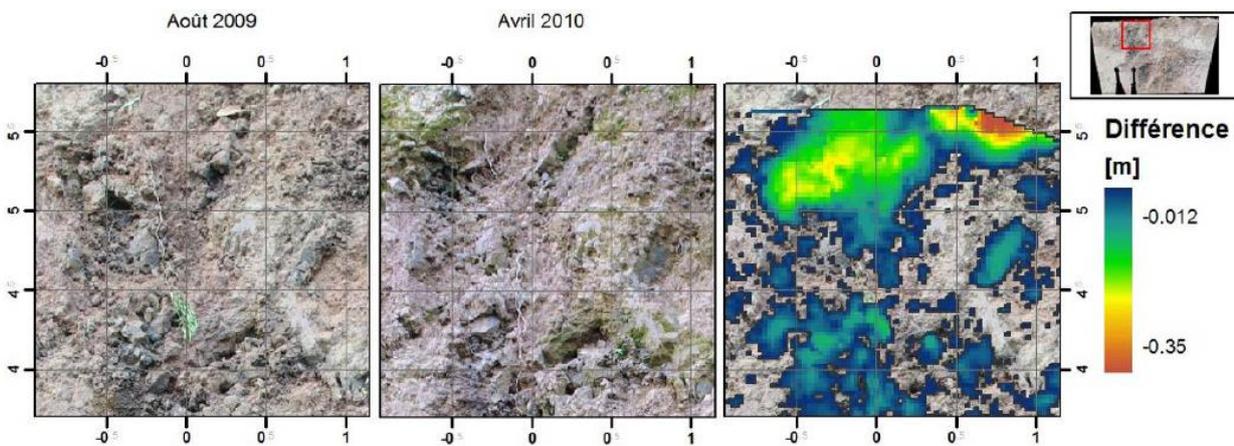


Illustration 27 : Recul de parement de talus (« mesuré » en m) dans le cadre du programme ARAI

Dans le cadre de LESELAM, 2 talus ont été instrumentés sur cette technique :

- Mtsamboro : talus de déblai de la piste forestière à proximité du seuil et de la station climatologique Mtsamboro amont ;



*Illustration 28 : Hamjago talus de plate-forme de terrassement en déblai de 8 m de hauteur.*



Un état « zéro » a été réalisé en novembre 2016 qui permet de reconstituer une vue en 3 dimensions du talus. Le référencement et l'amélioration de la précision des données est en cours.

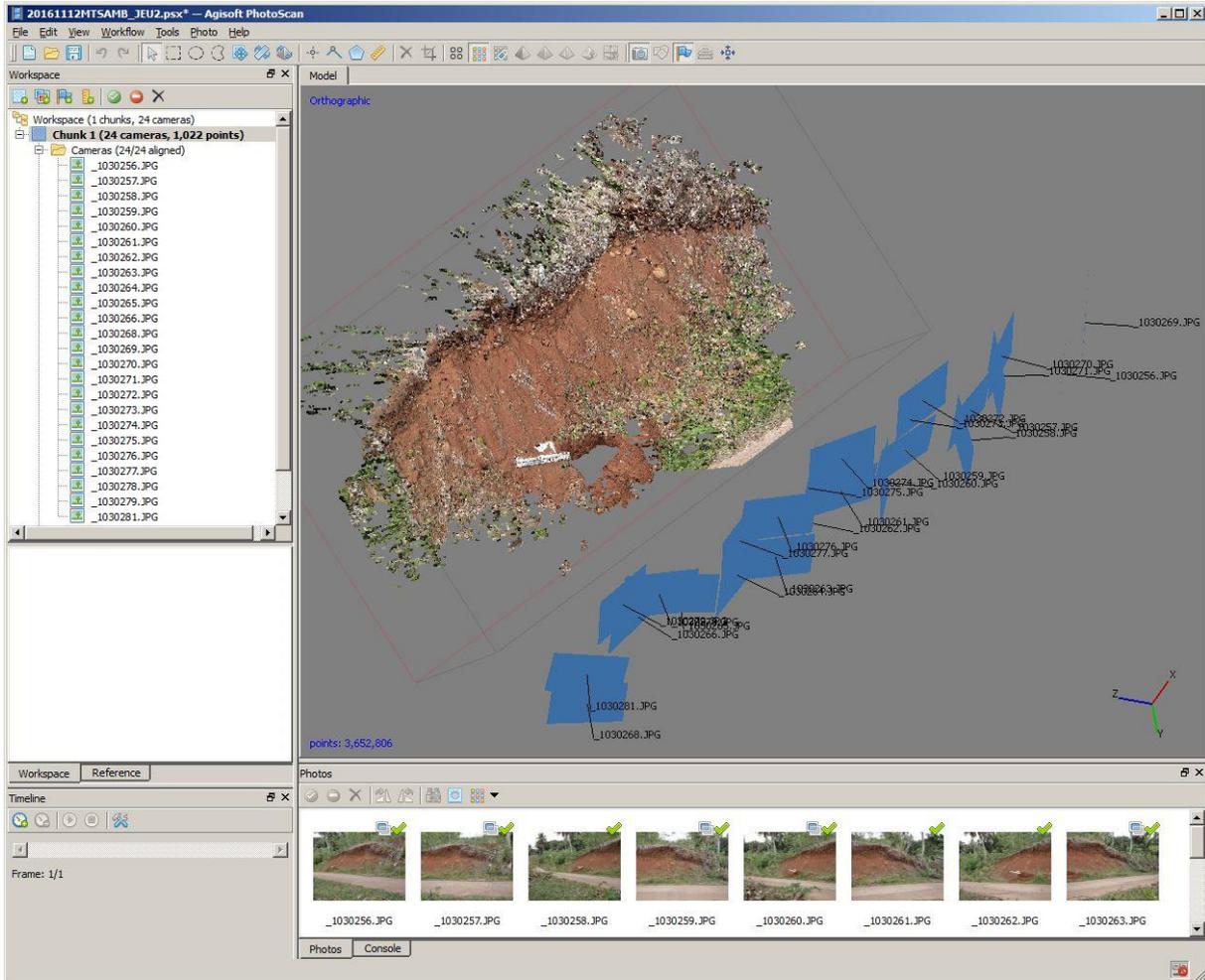


Illustration 29 : Traitement des données photos (talus piste forestière)

En complément, un suivi visuel est réalisé sur divers points identifiés sur le bassin versant et en dehors. Notamment le talus de déblai de la RN2 à Ongoujou a fait l'objet de clichés réguliers qui seront à comparer.





Illustration 30 : Suivi « visuel » des talus de déblai de la RN2

### 2.2.3.3. Suivi d'évolution des berges de ravine

Au regard des observations formulées, et en particulier du surcreusement du lit des ravines depuis 2009 (date de réalisation des travaux de confortement des berges par gabions localement) et des glissements de berges actifs repérés, un suivi spécifique sur ravines a été engagé sur le bassin versant de Mtsamboro.



Illustration 31 : Chenalisation dans la ravine et stock de sédiments mobilisables

Outre l'évaluation de la régression des instabilités constatées, l'objectif est d'évaluer les variations des déplacements éventuels des stocks solides dans la ravine. Le suivi sera visuel, complété par des levés spécifiques. Dans un premier temps, 5 profils (les numéros d'identification sont les numéros des points GPS) identifiés :

- 244 : glissement actif et fond de ravine (lignes de rupture en jaune)



- 250 : surcreusement du lit et dépôts de matériaux en extrados (lignes de rupture en jaune)



- 251 : surcreusement du lit et dépôts de matériaux (chenalisation)



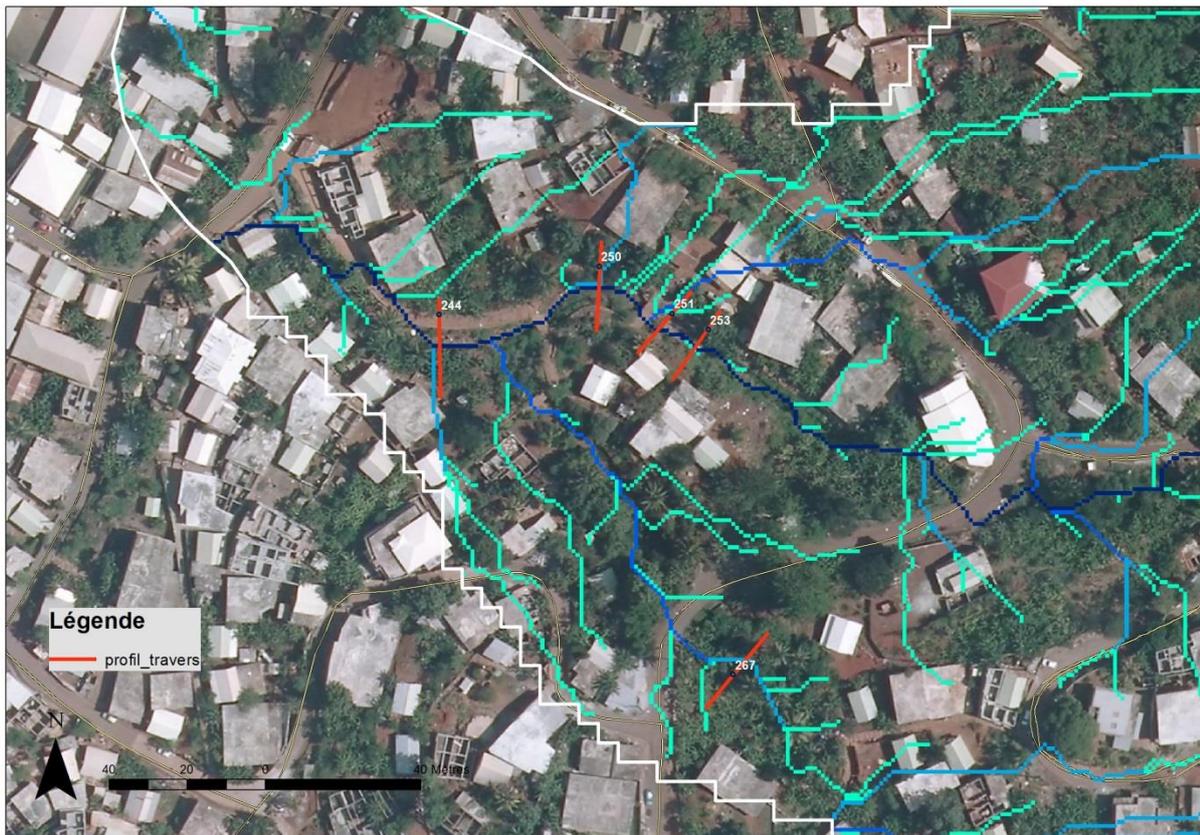
- 253 : chenalisation et remblais amont ravine



- 267 : glissement chronique de berges, érosion régressive



Le report en plan des zones cibles est figuré sur l' *Illustration 32*.



*Illustration 32 : Proposition de suivi de profils en travers*

#### **2.2.4. Caractéristiques des équipements d'analyse des sédiments et des matières en suspension (Laboratoire d'analyse Sol-Plante, Station agronomique de Dombéni)**

La quantification et la caractérisation des matières en suspension prélevées lors des crues sont réalisées au laboratoire d'analyses Sol-Plante de la station agronomique de Dombéni grâce à un dispositif d'analyses des sédiments et des m.e.s mis en place dans le cadre du projet LESELAM. Le dispositif inclut les équipements suivants :

- Un dispositif de filtration sous vide à membrane filtrante de 47 mm de diamètre.
- Une allonge à sédimentation avec pipette de Robinson pour extraire les fractions argileuses et limoneuses et pour déterminer selon la loi de *Stokes*, basée sur la vitesse de sédimentation des particules sphériques dans l'eau en fonction de leur diamètre, les quantités d'argile et de limon.
- Une balance de précision (1/1000 de gramme jusqu'à 150 g) et des tamis (50 µm) pour la séparation des sables (grossier et fin) et des fractions fines (limon-argile).
- Un ensemble de petits ustensiles de laboratoire pour réaliser en toute en toute sécurité les analyses d'échantillons de sol.

Les équipements mis à disposition par la station de Dombéni sont 2 étuves et une balance standard (0 - 2000 g / 0,5 g de précision).

## **2.3. ANALYSES DES RESULTATS DE LA 1ERE CAMPAGNE DE SUIVI : DECEMBRE 2015 – AVRIL 2016**

### **2.3.1. Protocole de récupération des données**

Les données acquises sur les aménagements de suivi de l'érosion à l'échelle du bassin versant (stations hydrosédimentologiques et stations climatologiques) sont enregistrées sur centrales d'acquisition. Les stations fonctionnent grâce à des batteries. Des passages réguliers (toutes les 3 semaines) sont nécessaires pour répondre aux contraintes de stockage et d'autonomie sur tous les dispositifs. Cette tâche est assurée par un agent du BRGM.

A chaque passage :

- Les données brutes sont collectées sur PC (programmation IRSTEA) ;
- Les batteries sont remplacées si besoin ;
- Les capteurs, les instruments et les installations sont entretenus ;
- Les échantillons récoltés par les préleveurs sont récupérés et conditionnés.

Les données brutes sont transmises dans la semaine qui suit leur récupération au CIRAD et à l'IRSTEA.

Sur les stations de Mtsamboro, un agent intérimaire passe quotidiennement pour des raisons de salubrité et de sécurité en période d'étiage. En saison humide, après chaque événement pluvieux, il fait une quantification précise – évaluation du volume en nombre de seaux et du poids humide par le pesage de deux échantillon sur dix – des dépôts de terre en amont des seuils, réalise des prélèvements et évacue les dépôts (un seul événement peut entraîner l'accumulation de plus d'une tonne de terre en amont immédiat du seuil). L'évacuation des dépôts permet de distinguer les apports de chaque événement pluvieux.

Les volumes de terre accumulés au niveau de la station hydro-sédimentologique de Dzoumogné sont très faibles ne nécessitent pas d'intervention régulière pour la quantification et l'évacuation.

En ce qui concerne le suivi de l'érosion à l'échelle de la parcelle, un seul ruissellomètre était opérationnel sur la période. Une sonde de niveau est installée dans la cuve. Les données sont stockées sur une carte mémoire. L'agent BRGM effectue un passage toutes les 3 semaines et lorsque la cuve contient de l'eau, il récupère les données des sondes, réalise trois prélèvements puis la vidange et évacue les dépôts.

Tous les échantillons d'eau (préleveurs et ruissellomètre) et de terre (seuils) sont transmis à la CAPAM, qui est en charge de la réalisation des analyses en laboratoire (MES, poids sec). Après analyse, la CAPAM transmet les résultats au CIRAD, à l'IRSTEA et au BRGM.

### **2.3.2. Rappel sur la méthodologie d'analyse des écoulements d'eau et de flux de terrigènes à l'échelle du bassin versant**

Les quantités d'eau ruisselée et de terre érodée observées au niveau des stations hydro-sédimentologiques localisées aux exutoires des bassins versants (seuils de jaugeage), illustrent les mécanismes de production et de transfert du ruissellement et de l'érosion à l'échelle spatiale du bassin versant et temporelle de l'évènement pluviométrique.

L'estimation des quantités d'eau ruisselée repose sur les caractéristiques suivantes:

- les hauteurs d'eau mesurées en continue (pas de temps de la minute) en amont des seuils par les sondes de pression ;
- les hauteurs d'eau mesurées ponctuellement en amont des seuils au niveau des échelles limnimétriques afin d'anticiper les éventuelles dérives des sondes de pression et d'étalonner celles-ci ;
- l'établissement des courbes de tarage à partir des mesures issues des sondes de pression, des échelles limnimétriques et des débits mesurés par jaugeage au courantomètre électromagnétique ; et,
- l'établissement des lois d'écoulements hydrauliques basées sur les caractéristiques géométriques des ouvrages (épaisseur, hauteur et longueur des seuils) et selon le type de régime d'écoulement observé (laminaire et dénoyé).
- des tests statistiques ont été appliqués sur les données observées et simulées pour vérifier la robustesse des lois d'écoulements.

L'estimation des flux de terrigènes (matières en suspension) est basée sur:

- les valeurs de turbidité (NTU) mesurées en continue (pas de temps de la minute) en amont des seuils par des sondes de turbidité (turbidimètre) ;
- les masses de terrigènes (concentration g/l) déterminées en laboratoire et issues des prélèvements d'échantillons effectués par les préleveurs automatiques préprogrammés de façon à suivre au plus près la montée et la descente des crues (pilotage par les volumes d'eau) ;
- l'établissement de relations entre la concentration en matières en suspension (g/l) et les valeurs de turbidité (NTU) ; et,
- les quantités d'eau ruisselées déterminées comme présenté au paragraphe précédent.
- des tests statistiques ont également été appliqués sur les données de concentration en matières en suspension observées et simulées pour tester et vérifier la robustesse des lois de production de terrigènes.

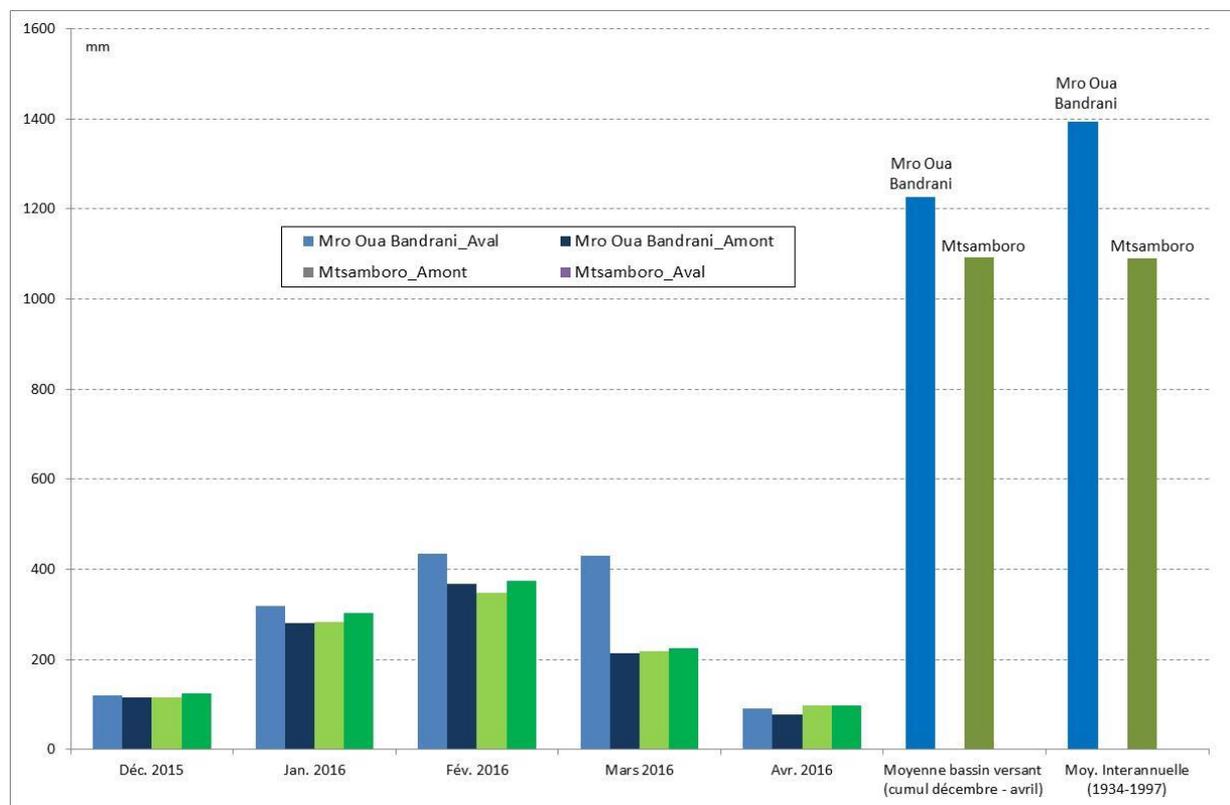
Les principaux résultats de la campagne de suivi (décembre 2015 - avril 2016) sont présentés ci-après. Ils portent sur les caractéristiques des pluies et des écoulements en eau ainsi que sur les productions de terrigènes qui ont transités aux exutoires des bassins versants instrumentés. Les annexes 1 et 2 du rapport CIRAD exposent la méthodologie détaillée d'analyse des données et la validation statistique des lois d'écoulement pour l'estimation des quantités d'eau et de terrigènes à l'échelle des bassins versants étudiés.

### **2.3.3. Pluies et autres facteurs climatiques**

La saison des pluies qui a fait l'objet du suivi hydro-sédimentologique sur les bassins versants instrumentés, couvre les mois de décembre 2015, janvier, février, mars et avril 2016, soit un total de 5 mois. L'*Illustration 33* présente les pluies mensuelles enregistrées par les 4 stations automatiques installées en amont et aval des bassins versants de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro sur la période de décembre 2015 à avril 2016. A titre indicatif, les cumuls saisonniers sur les bassins versants (moyenne amont-aval) sont comparés aux moyennes interannuelles (1934-1997, Lapègue 1999).

La saison pluvieuse 2015-2016 au nord de l'île s'est caractérisée par une installation tardive des précipitations. En année pluviométrique classique (moyenne pluviométrique), les pluies débutent habituellement à partir de fin novembre - début décembre contre fin décembre - début janvier pour la campagne de suivi actuelle, soit près d'un mois de retard. En cumul saisonnier pour la campagne de suivi (décembre 2015 - avril 2016), la pluviométrie enregistrée sur le bassin versant de Mtsamboro (moyenne des stations situées en amont et aval du bassin) a été

de 1092 mm soit un total pluviométrique identique à la moyenne interannuelle (1091 mm) si l'on se réfère à l'étude de Lapègue (1999) effectuée sur la très longue série de 1934-1997.



*Illustration 33 : Pluies mensuelles sur les bassins versants de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro et comparaison des cumuls saisonniers sur les bassins versants avec les moyennes interannuelles (1934-1997)*

La pluviométrie observée sur le bassin de Mro Oua Bandrani (moyenne des stations situées en amont et aval du bassin) a été de 1226 mm contre 1393 en moyenne interannuelle, soit un déficit pluviométrique de l'ordre des 12%. Concernant la variabilité spatiale de la pluviométrie au sein de chaque bassin versant (amont vs. aval), les pluies ont été plus importantes en aval de Mro Oua Bandrani (1397 mm) qu'en amont (1054 mm) et le contraire sur le bassin de Mtsamboro, soit 1192 mm en amont contre 1062 en aval du bassin. Par ailleurs, les mois les plus pluvieux ont été février et mars dans la zone aval du bassin versant de Mro Oua Bandrani, et janvier et février pour la zone amont et le bassin de Mtsamboro. Pour illustrer l'agressivité des pluies et leur effet potentiel sur le ruissellement et l'érosion des sols, le 1<sup>er</sup> février soit en plein milieu de la saison pluvieuse, de très forts cumuls pluviométriques journaliers ont été enregistrés : 90 mm sur Mtsamboro aval, 102 mm sur Mtsamboro amont, 96 mm sur Mro Oua Bandrani amont et de plus de 120 mm sur Mro Oua Bandrani aval. Ce jour-là, des intensités maximales de l'ordre des 100 mm/h ont été enregistrées sur les 2 bassins versants.

Concernant les autres facteurs climatiques (température et humidité de l'air, vent, rayonnement et évapotranspiration potentielle), l'illustration 33 récapitule les principales informations enregistrées par les 2 stations météorologiques.

Facteurs climatiques	Mro Oua Bandrani	Mtsamboro
Tmin (°C)	22,0	23,5
Tmax (°C)	33,7	34,6
Tmoy (°C)	26,3	27,9
HRmin (%)	60,9	59,9
HRmax (%)	100,0	100,0
HRmoy (%)	93,9	88,6
Vtmin (m/s)	0,1	0,2
Vtmax (m/s)	1,0	1,7
Vtmoy (m/s)	0,3	0,6
RSmin (J/cm <sup>2</sup> /jour)	341,1	351,6
RSmax (J/cm <sup>2</sup> /jour)	2289,1	2440,0
RSmoy (J/cm <sup>2</sup> /jour)	1384,4	1565,3
Etomin (mm/jour)	0,7	0,8
Etomax (mm/jour)	4,9	5,2
Etomoy (mm/jour)	2,9	3,3

Illustration 34 : Facteurs climatiques enregistrés au cours de la campagne de suivi (déc. 2015 - avril 2016)

#### 2.3.4. Ecoulements en eau mesurés aux exutoires des bassins versants

L'illustration 35 rappelle les spécificités des bassins versants instrumentés et présente les principales caractéristiques des écoulements en eau mesurés aux exutoires des bassins versants au cours de la saison pluvieuse de décembre 2015 à avril 2016.

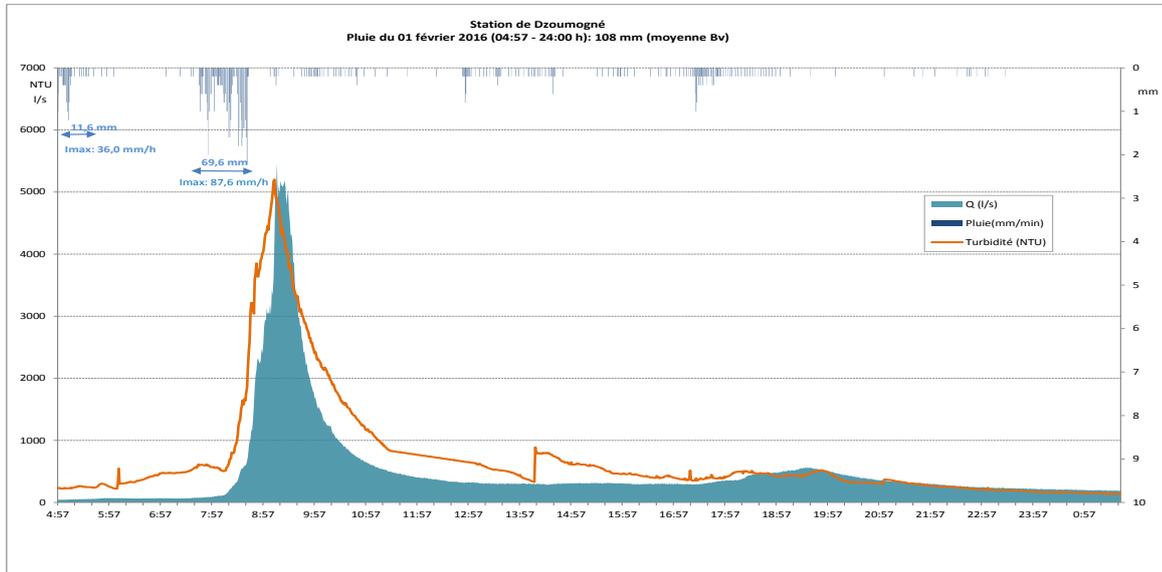
Bassin versant	Surface du bassin versant	Pente moyenne du réseau primaire	Milieu (et particularités)	Débit Min. – Max	Temps de concentration Moyenne.	m.e.s Min – Max
Mro Oua Bandrani	343 ha	5%	Agroforestier (nombreux embâcles)	120 – 5840 l/s	30-50 minutes	2 – 1822 mg/l
Mtsamboro amont	5.5 ha	23%	Agroforestier (piste + chemin)	0 – 640 l/s	5-10 minutes	266 – 3283 mg/l
Mtsamboro aval	12 ha	23%	Urbain (habitat + route)	0 – 976 l/s	5-10 minutes	564 – 4212 mg/l

Illustration 35 : Principales caractéristiques des écoulements en eau observées au cours de la 1<sup>ère</sup> campagne de suivi (décembre 2015 - avril 2016) sur les bassins versants instrumentés.

Les caractéristiques contrastées des écoulements en eau soulignent des comportements hydrologiques différenciés entre les bassins versants étudiés :

- **Bassin versant de Mro Oua Bandrani** : Au niveau de la station de mesure, le réseau primaire du bassin versant est resté en eau tout au long de la saison des pluies avec des

écoulements de base estimés à 120,0 l/s. La crue maximale a été atteinte le 1<sup>er</sup> février, soit en plein milieu de la saison pluvieuse, avec un débit qui est monté à 5180 l/s pour une pluie de 79 mm et une intensité max  $I_{10}$  de 87 mm/h (Figure 11). Les temps de concentration ont varié entre 30 et 40 minutes au cœur de la saison des pluies. Les concentrations en m.e.s ont fluctué entre 2 et 1822 mg/l, le pic ayant été atteint lors de la crue du 1<sup>er</sup> février (ntu > 5000, *Illustration 36*).



*Illustration 36 : Crue du 01 février 2016 enregistrée à l'exutoire du bassin versant de Mro Oua Bandrani*

Sur l'ensemble de la saison pluvieuse, la lame d'eau écoulee a été estimée à 270 mm soit 22% de la pluviométrie enregistrée sur l'ensemble du bassin versant (1226 mm). La lame d'eau issue des écoulements de base a été évaluée à 202 mm soit 75% des volumes d'eau écoulés au cours de la période ce qui démontre une forte contribution des écoulements de base au volume global sortant du bassin. Concernant les écoulements rapides et retardés considérés comme principaux supports des transports solides, ils ont été estimés à 68 mm soit 25% des volumes d'eau écoulés.

- **Bassin versant de Mtsamboro (amont et aval) :** Contrairement au bassin versant de Mro Oua Bandrani, le réseau primaire du bassin versant de Mtsamboro – ravine en zone amont agro-forestière et collecteur d'eau pluviale en zone aval urbaine – n'est pas restée continuellement en eau. Les écoulements en eau ont été éphémères et caractérisés par des crues (et décrues) de type "éclair" avec des temps de concentration inférieurs à 10 minutes. Comme pour le bassin de Mro Oua Bandrani, la crue maximale a été enregistrée le 01 février 2016 avec un débit qui est monté à 976 l/s à Mtsamboro aval (*Illustration 37*) et à 640 l/s à Mtsamboro amont (*Illustration 38*) pour une pluie de 96 mm sur l'ensemble du bassin versant de Mtsamboro et une intensité max  $I_{10}$  de 80 mm/h. Au cours de la saison pluvieuse, les concentrations en m.e.s ont varié entre 266 et 3284 mg/l sur Mtsamboro amont et entre 564 et 4212 mg/l sur Mtsamboro aval.

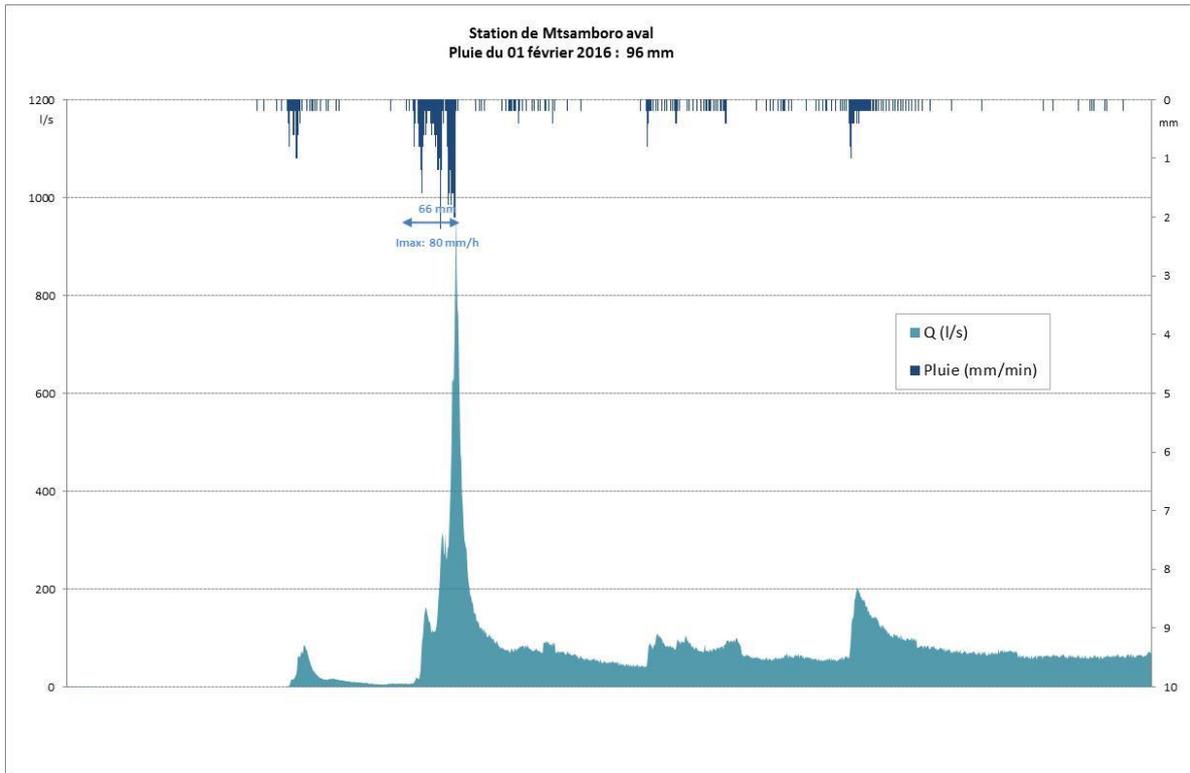


Illustration 37 : Crue du 1er février 2016 enregistrée en zone aval urbaine du bassin versant de Mtsamboro - (Remarque : Sonde de turbidité défectueuse)

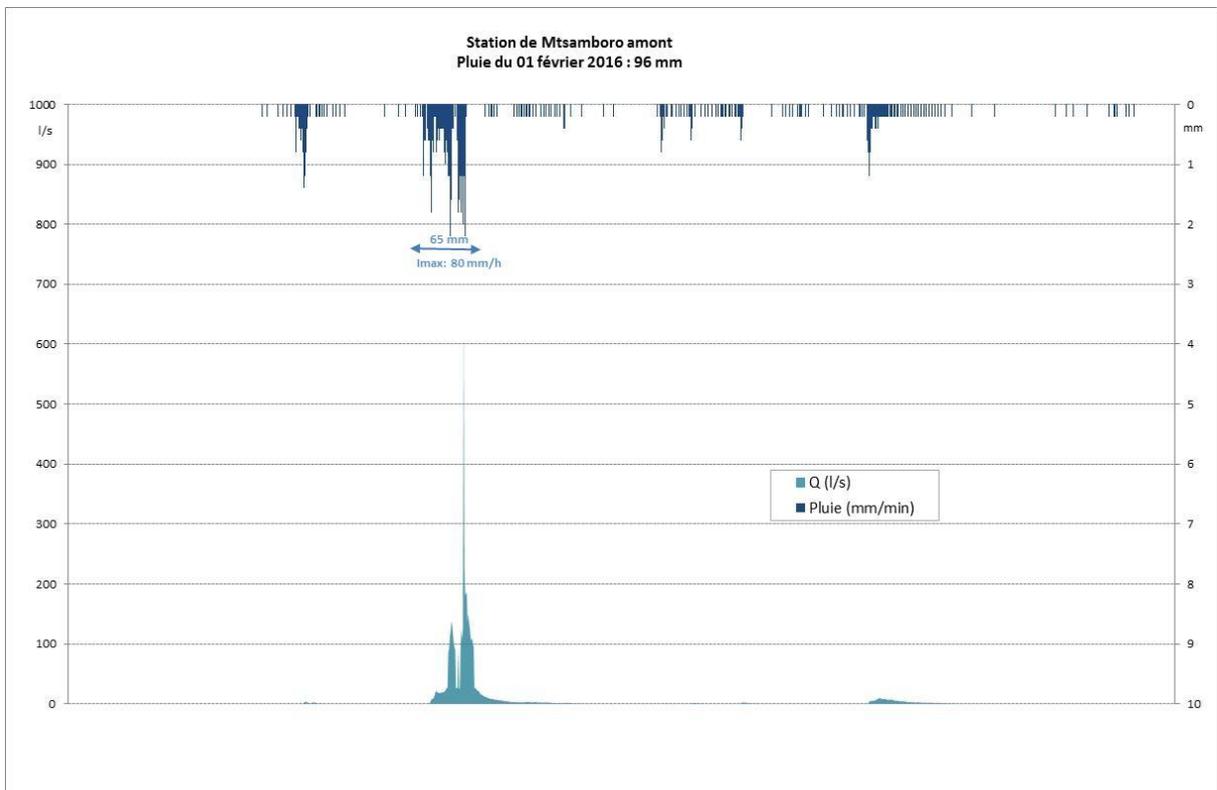


Illustration 38 : Crue du 1er février 2016 enregistrée en zone amont agroforestière du bassin versant de Mtsamboro (Remarque : Sonde de turbidité défectueuse)

### 2.3.5. Quantités de terrigènes mesurées aux exutoires des bassins versants

Les quantités globales de terrigènes (dépôts de sédiments et m.e.s) évaluées au niveau des stations hydro-sédimentologiques des bassins versants de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro (amont et aval) sont présentées dans le tableau 10 (page suivante). Les principaux commentaires qui peuvent être émis à ce stade de l'étude (1<sup>ère</sup> année d'observation) portent sur les points suivants :

- le bassin versant de Mtsamboro est celui qui a enregistré la plus forte quantité de terrigènes, soit 5.4 tonnes de terrigènes produits à l'hectare (Mtsamboto amont + aval). À l'échelle de la zone urbanisée considérée, près de 95 tonnes de terrigènes ont été observés à l'exutoire dont 91% sous forme de m.e.s et 7% (7,8 T) sous forme de sédiments déposés en amont du seuil de jaugeage ;
- la zone agro-forestière située en amont du bassin versant de Mtsamboro a enregistré une érosion de 1,1 tonnes à l'hectare. Ce chiffre devra être validé par l'acquisition d'évènements complémentaires. Si l'on retire les zones imperméabilisées (urbain construit en totalité, routes), soit 2.9 ha, le taux d'érosion est 6.5 t/ha.
- le bassin versant agroforestier de Mro Oua Bandrani a enregistré une très faible quantité de terrigènes soit 0,3 tonnes de terrigènes à l'hectare ce qui représente à l'échelle du bassin 114 tonnes de terrigènes mesurés à la station de jaugeage dont 94% (108,0 T) sous forme de m.e.s et 6% (6,0 T) sous forme de sédiments. La pente du réseau primaire du bassin versant et la présence de nombreux embâcles pourraient expliquer ce faible pourcentage de sédiments mesurés au niveau du seuil de jaugeage (nombreuses formations de zones de dépôts).

Bassin versant	Sédiment (tonnes) (1)	m.e.s (tonnes) (2)	Terrigène (tonnes) (3) = (1) + (2)	Surface (ha) (4)	Terrigène à l'ha (T/ha) (5) = (3) ÷ (4)	m.e.s ratio (%) (6) = (2) ÷ (3)
Mro Oua Bandrani	6,0	108,0	114,0	343	0,3	94%
Mtsamboro	7,1	86,5	94,6	17,5	5,4	91,5%

Illustration 39 : Quantités de terrigènes (sédiments et m.e.s) mesurées aux exutoires des bassins versants

### 2.3.6. Ruissellement et érosion mesurés sur ruissellomètre sous forêt

À l'échelle des 100 m<sup>2</sup>, le suivi des écoulements d'eau et de transfert de terrigènes sous forêt d'acacia mangium mangium et/ou auriculae formis avec la présence de cocotier, a révélé un très faible ruissellement de surface et une absence d'érosion. Sur la base des quantités d'eau et de m.e.s mesurées dans la citerne, le coefficient de ruissellement estimé est inférieur à 1% et la quantité de terrigènes ramenée à l'hectare est de l'ordre de 15 kg. Ces résultats s'expliquent par le taux de couverture morte (4-5 T/ha) et vivante qui a recouvert le sol tout au long de la campagne de suivi lui conférant un très bon état de surface (Illustration 40) favorable à la réduction du ruissellement et de l'érosion. Par ailleurs, l'absence totale de griffes et/ou de rigoles à la surface du sol démontre à la fois la très bonne stabilité structurale du sol et l'impossibilité pour l'eau d'acquies un écoulement concentré et érosif en raison des très nombreux obstacles végétaux présents sur la surface de la parcelle.

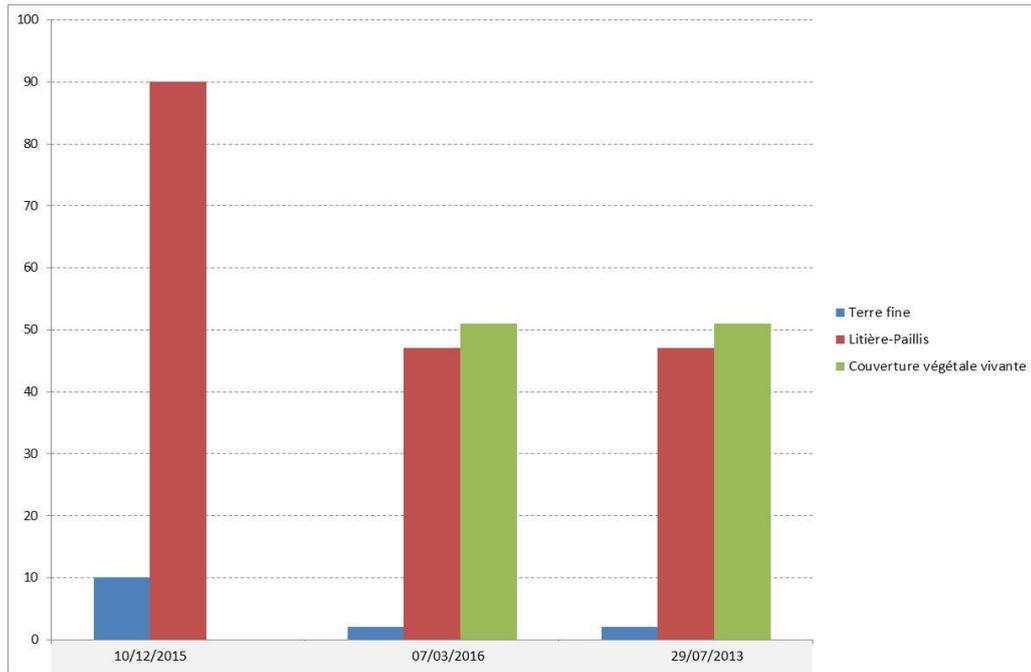


Illustration 40 : Evolution des états de surface du sol sur ruissellomètre sous forêt au cours de la campagne de suivi.

### 2.3.7. Evaluation des volumes mobilisables en zone urbaine (ravine, talus, talus-déblais)

Une analyse des volumes mobilisés a été menée suite aux observations en zone urbaine à Mtsamboro. Cette analyse n'intègre pas de période spécifique car la date des événements n'est pas connue. Néanmoins, les dommages relevés ont pour la majorité moins de 5 ans. Cette approche est indicative, car nécessairement non exhaustive (difficultés locales d'accès aux parcelles privées).

Cette approche sommaire évalue à plus de 55 m<sup>3</sup> (soit environ 85 T pour une densité moyenne de 1,5) la production localisée de terres mobilisables au cours de prochains épisodes pluvieux (zones de départ). Au-delà de cette approche sommaire qualitative, une pseudo-quantification des mouvements de terres est proposée.

Afin d'intégrer les phénomènes décrits précédemment dans les bilans globaux de mouvement des terres, une approche géomécanique a été développée sur le bassin afin d'identifier les zones sources des transports solides.

L'évaluation des caractéristiques géomécaniques des terrains est basée sur les données bibliographiques disponibles dans le contexte mahorais, pour les diverses formations présentes au niveau du bassin versant. Pour les allotrites en place et les colluvions associées, sont retenues les caractéristiques de pic et résiduelles.

Classe de volume mobilisé	Nb d'évènements passés (observés)	Nb d'évènement probables (risque résiduels)
< 0.01 m3		4
0.01-0.1 m3	8	9
0.1-1 m3	9	13
>1 m3	23	15
Volume total estimé :	145 m <sup>3</sup>	55 m <sup>3</sup>

Illustration 41 – Estimation des volumes liés aux phénomènes gravitaires sur le bassin versant Mtsamboro (du seuil MTS aval au seuil MTS amont)

$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	C (cohésion)		$\phi$ (angle de frottement)	
	Crête	Résiduelle	Crête	Résiduel
17.5	2 kPa	1 kPa	28°	23°

Illustration 42 – Synthèse des valeurs géomécaniques issues de la bibliographie

Les données cartographiques sont celles issues de la carte géologique de Mayotte à l'échelle 1/30 000.

Le principe d'identification des zones est mené à partir de l'outil ALICE® (Assessment of Landslides Induced by Climatic Events), logiciel d'aide à la cartographie de l'aléa glissement de terrain, développé par le BRGM, sous une expression qui permet une approche quantifiée du risque à partir d'un modèle d'évaluation basé sur une approche mécanique (modèle géotechnique), pour lequel les principales propriétés physiques du milieu sont quantifiées et utilisées par un modèle mathématique qui calcule un facteur de sécurité (Aleotti & Chowdhury, 1999 - Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives - Eng Geol Env.). ALICE® se caractérise par :

- la mise en œuvre d'un modèle de stabilité de pente fini, avec géométrie de rupture quelconque (cercle, plan ou autres) appliquée à distance régulière le long de profils topographique 2D de versant, couvrant l'ensemble de la zone d'étude ;
- la possibilité de prendre en compte un modèle hydrologique global pluie-débit ou la prise en compte possible d'une agression sismique régionalisée,
- une gestion de la variabilité et des incertitudes des paramètres géotechniques au moyen de distributions probabilistes (choix entre distributions normales, uniformes, triangulaires ou trapézoïdales) ;
- par un résultat qui s'exprime non pas par une valeur de facteur de sécurité (FS), mais par une probabilité de FS inférieur à 1 (i.e. instabilité).

Les jeux de données retenus intégrant une variabilité des paramètres de frottement et de cohésion suivant une loi de distribution triangulaire avec apex aux valeurs de référence définies ci-avant, est fournie ci-après *Illustration 43*:

		Gamma	C (cohésion)			Phi (angle de frottement)		
			Apex	Min	Max	Apex	Min	Max
1	Alluvions	17.5 kN/m <sup>3</sup>	1 kPa	0 kPa	5 kPa	23°	22°	28°
2	Colluvions	17.5 kN/m <sup>3</sup>	1 kPa	0 kPa	5 kPa	23°	20°	26°
3	Allotérites	18 kN/m <sup>3</sup>	2 kPa	1 kPa	9 kPa	28°	24°	32°
4	Isaltérites	18 kN/m <sup>3</sup>	25 kPa	-	-	25°	-	-

*Illustration 43 – Caractéristiques géomécaniques proposées pour l'analyse*

La recherche de glissements probables s'est centrée sur des glissements superficiels d'emprise inférieure à 5 m compte tenu de la maille du MNT disponible (1m). Les résultats sont proposés sur l'*Illustration 44*.

Cette carte montre une bonne adéquation des désordres relevés aux zones ciblées (certains points GPS sont localisés sur la berge opposée de ravine identifiant les mouvements). On note en particulier la forte sensibilité des abords des ravines, siège de glissement récurrent (affectant les gabions en particulier) et des zones de terrassement en contrebas de la RN2.

Le seuil de « coupure » de probabilité censée générer des mouvements dans l'année à venir (à la faveur d'épisodes pluvieux notamment) est délicat à proposer mais il pourrait être raisonnablement considéré comme supérieur à 95%.

Une approche quantitative peut consister à agréger les données spatialement en pondérant les surfaces potentiellement affectée de la probabilité de rupture. Sur cette base et en fonction des résultats, cette surface totale serait d'environ 1 ha sur le bassin. Il est à noter que :

- les surfaces de glissements sont supposées à faible profondeur (contrainte du modèle de stabilité), inférieure à 1 m ;
- les calculs réalisés sont menés en contraintes effectives (cohésion et angle de frottement dits « à long terme »).

Dans ces conditions, le « stock » mobilisable serait de l'ordre de 10 000 m<sup>3</sup> sur le long terme. Selon les hypothèses de durée de référence sur le long terme (20 à 100 ans admis), il viendrait un stock de matériau annuellement mobilisable compris entre 100 et 500 m<sup>3</sup> (soit 150 à 750 T). Cette valeur serait à rapprocher des quelques 85 tonnes estimées comme mobilisables dans un délai bref, à dire d'expert, sur la partie inférieure du bassin (*Illustration 41*). Cette analyse, bien que globalisante, permet une évaluation sommaire des apports terrigènes globaux à l'échelle du bassin versant. Cette approche pourrait mériter d'être étayée et affinée à la lumière des résultats des mesures engagées dans le cadre du projet LESELAM.

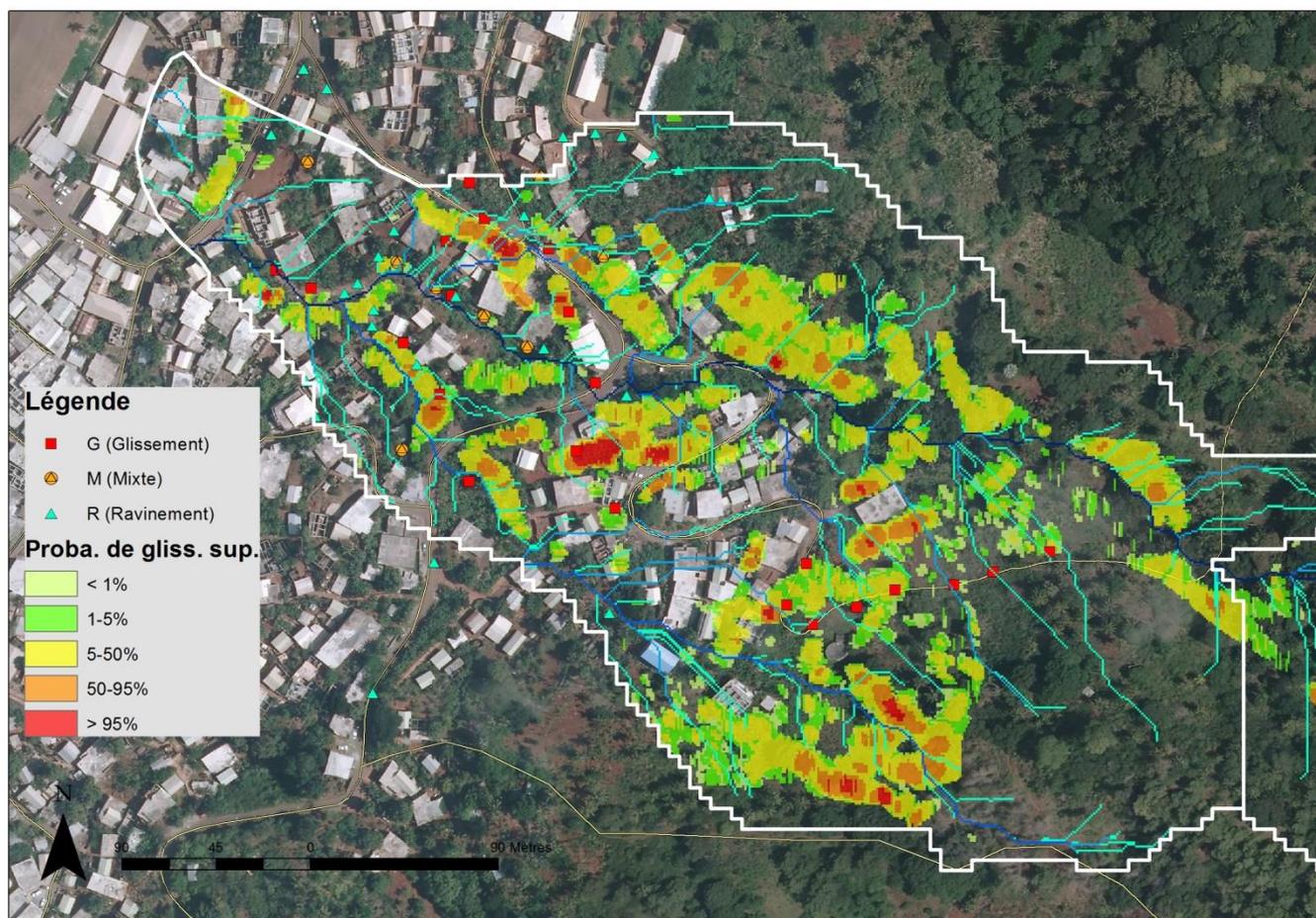


Illustration 44 – Carte de probabilité de glissement superficiel et report des désordres

## 2.4. CONCLUSION – BILAN A MI-PAROURS

Un an et demi après le démarrage du projet de Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du Lagon de Mayotte (LESELAM), un ensemble d'équipements de mesures multi-échelles hydro-météo-sédimentologiques a été mis en place sur les bassins versants de Mtsamboro, Mro Oua Bandrani (Dzoumogné) et Mro Oua Salim Bé dans le cadre de la Composante N°2 "Observatoire de l'érosion" du projet. Quatre seuils de jaugeage ont été construits aux exutoires des bassins versants dont deux sur Mtsamboro (un premier en zone amont agroforestière et un second en zone aval urbanisée), un sur le bassin agroforestier de Mro Oua Bandrani (Dzoumogné) et un dernier sur le bassin agroforestier de Mro Oua Salim Bé. Tous les seuils ont été équipés de stations automatiques de mesures d'écoulements d'eau (sonde de pression) et de transfert de matières en suspension (sonde de turbidité et préleveur d'échantillons d'eau). Afin de couvrir la variabilité spatiale des pluies, chaque bassin versant dispose d'un poste pluviométrique en zones amont et aval. Enfin, douze parcelles d'érosion de 100 m<sup>2</sup> (ruissellomètres), représentatives des conditions de pente et d'occupation du sol, et deux stations météorologiques incluant des sondes d'humidité du sol, ont été installées sur les bassins versants de Mtsamboro et Mro Oua Bandrani et complètent l'observatoire multi-échelles du projet. Le réseau de mesures multi-échelles est actuellement opérationnel.

La saison pluvieuse qui a couvert les mois de décembre 2015 à avril 2016 a permis d'effectuer le premier suivi des écoulements d'eau et de transfert de matières en suspension (m.e.s) sur les bassins versants de Mtsamboro et de Mro Oua Bandrani. Pour des raisons d'autorisation d'installation des ruissellomètres auprès de la DRTM, seul un ruissellomètre a pu être installé sous couvert forestier fin 2015 en tête du bassin versant de Mro Oua Bandrani. La saison pluvieuse s'est caractérisée par une arrivée tardive des pluies, soit fin décembre-début janvier contre fin novembre-début décembre en année pluviométrique normale. Les cumuls pluviométriques (décembre 2015 - avril 2016) ont été de 1092 mm pour Mtsamboro et 1226 mm pour Mro Oua Bandrani (moyenne amont-aval des bassins). Le mois le plus pluvieux a été le mois de février avec 392 mm tombés sur le bassin de Mro Oua Bandrani et 354 sur celui de Mtsamboro. La journée du 1<sup>er</sup> février comptabilise à elle seule 96 mm sur le bassin de Mtsamboro et 108 sur celui de Mro Oua Bandrani, soit 27% du cumul mensuel. Ce jour-là, des intensités de pluie ( $I_{10}$ , intensité max sur 10 minutes) ont dépassé les 80 mm/h.

Compte tenu des caractéristiques physiques contrastées entre les deux bassins versants – petit bassin côtier, très pentu et fortement urbanisé pour Mtsamboro / agroforestier, pente plus faible et beaucoup plus étalé pour Mro Oua Bandrani -, les résultats de la première campagne de suivi ont révélé des fonctionnements hydrologiques différents entre les deux bassins, à savoir :

- des crues *éclaircies* sur le bassin versant de Mtsamboro avec des temps de concentration de 5 à 10 minutes avec des pics de crue de 0,64 m<sup>3</sup>/s et des quantités de terrigènes à l'hectare très importantes de 5,4 T/ha sur l'ensemble du bassin.
- des crues beaucoup plus étalées dans le temps sur le bassin versant de Mro Oua Bandrani avec des temps de concentration de 30 à 50 minutes, des pics de crue de 5,18 m<sup>3</sup>/s et des quantités estimées de terrigènes à l'hectare très faibles de l'ordre de 0,3 T/ha.

Concernant le bassin versant de Mtsamboro, les quantités très importantes de terrigènes estimées à l'aval de la zone urbaine pourraient s'expliquer en grande partie par la présence de nombreux décaissements dus aux constructions actuelles et par celle de talus routiers devenus instables au fil du temps. En zone amont très pentue, les fortes quantités de terrigènes estimées à la station de jaugeage pourraient s'expliquer part, d'une part, la pratique de cultures vivrières sur de très fortes pentes sans qu'aucune mesure antiérosive soit appliquée et, d'autre part, la présence de la piste forestière en terre (et de ses talus), actuellement soumise à un processus d'érosion concentrée (présence de rigoles profondes), qui se déverse directement dans la ravine, juste en amont du dalot routier où a été installée la station de mesure. Concernant le bassin versant agroforestier de Mro Oua Bandrani, les très faibles quantités de terrigènes estimées à l'exutoire pourraient s'expliquer à la fois par les caractéristiques physiques du bassin (pentes plus faible, couverture végétale plus dense) et par la présence de nombreuses zones de dépôts situées tout au long du réseau primaire en raison de ruptures de pente et d'embâcles formés au fil des ans.

Sous couvert forestier (*acacia mangium* et/ou *auriculae formis* avec cocotier) et à l'échelle de la parcelle de 100 m<sup>2</sup>, le ruissellement et l'érosion sont restés à des niveaux très faibles - coefficient de ruissellement inférieur à 1% et érosion de l'ordre de 15 kg/ha - en raison de la très bonne couverture du sol par les végétaux morts et vivants tout au long de la saison des pluies.

Enfin, il faut signaler que ces premières estimations de quantités de terrigènes s'accordent tout à fait avec les résultats obtenus au Mexique par Duvert C. et *al*<sup>3</sup> sur trois petits bassins versants aux sols d'origine volcanique. Néanmoins, à ce stade de l'étude, il convient de rester très prudent sur les résultats (et leurs interprétations) enregistrés au cours de la première campagne de suivi. Ils doivent être en effet complétés par une deuxième, voire troisième campagne de données tout en améliorant l'entretien et le suivi des dispositifs ainsi que la qualité des mesures avec notamment le calage de courbes de tarage prenant en compte de forts débits et l'affinage des relations turbidité vs. concentration en m.e.s.

---

<sup>3</sup> Drivers of erosion and suspended sediment transport in three headwater catchments of the Mexican Central Highlands. Clément Duvert et *al*. © 2010 Elsevier BV, 14 p.

## 3. Structuration de l'action collective et transfert de compétence (Tâche 5)

### 3.1. ATELIER SUR LES PRATIQUES D'AGRICULTURE DE CONSERVATION

L'atelier du 21 mai fait suite aux deux réunions d'informations réalisées à M'Tsamboro et Dzoumogné les 26 et 27 Août 2015. Ces réunions, qui avaient eu pour principal objectif d'informer les agriculteurs des objectifs du projet, n'avaient pas permis de créer un dialogue entre l'équipe de projet et les agriculteurs autour des enjeux de l'érosion.

C'est donc pour initier un dialogue entre les agriculteurs et l'équipe de projet que ce 2<sup>ème</sup> atelier a été organisé. Son principal objectif était l'implication des agriculteurs dans le projet, en accompagnant une prise de conscience des problèmes engendrés par l'érosion et une analyse participative des solutions pouvant être mises en œuvre dans le secteur agricole.

Pour créer des conditions favorables au dialogue, l'équipe de projet a décidé :

- D'organiser l'atelier sur le site d'une exploitation agricole, et non dans une salle de réunion classique ; symboliquement, il s'agissait d'éviter de « convoquer » les agriculteurs mais d'aller vers eux ;
- D'initier le dialogue par un échange entre un agriculteur choisi pour ses pratiques innovantes et les participants invités.
- De faire porter la discussion sur des pratiques déjà mises en œuvre par les agriculteurs, et de ne pas suggérer d'innovations issues du monde des ingénieurs agronomes. Il s'agissait ici de reconnaître que les ingénieurs accordent du crédit aux pratiques des agriculteurs et à leur savoir profane.

#### 3.1.1. Préparation

##### ***Recrutement des agriculteurs***

L'objet du recrutement est de convier les agriculteurs potentiels pour la mise en œuvre des techniques d'AC/DRS et des ruissellomètres dans un atelier mono-acteur organisé au sein d'une exploitation (chez Attoumani) située à Soulou (Commune de Mtsangamouji).

Une phase d'identification des agriculteurs des bassins-versants de Dzoumogné et Mtsamboro selon les critères d'accessibilité de leurs exploitations et les critères de pentes a débuté en août 2015 pour s'achever en mars 2016. Au cours de l'identification, l'équipe projet exclu les cultivateurs en zones prohibées conformément aux recommandations du service des ressources forestières (SRF) du Département.

A l'issue de cette phase d'identification, 45 exploitations sont ciblées. Parallèlement au ciblage, des enquêtes sont menées sur les deux bassins-versants afin d'acquérir les coordonnées téléphoniques et postales des agriculteurs exploitant les parcelles identifiées.

Les 16 et 17 Mai 2016, la CAPAM et les Naturalistes de Mayotte ont adopté une démarche visant à convier les agriculteurs à l'atelier en faisant du porte à porte.

En effet, le faible niveau de formation des agriculteurs induit un faible intérêt pour les enjeux environnementaux. De fait, convier les agriculteurs directement par téléphone ou par voie de presse en expliquant que le sujet porte sur une problématique environnementale serait prendre le risque d'une faible mobilisation. Ce constat est d'ailleurs fait lors des ateliers de 2015 organisés dans le village de Mtsamboro où réside la quasi-totalité des exploitants des bassins-versants de Dzoumogné et de Mtsamboro. Ces ateliers ont reçu de faibles mobilisations bien qu'ils se soient déroulés dans leur village de résidence. Dans ce contexte, l'intérêt du porte à porte démontre à l'agriculteur l'attention qu'on lui porte et en retour il est ouvert à notre sollicitation.

Le 20 Mai, la veille de l'atelier des appels téléphoniques sont adressés aux 26 agriculteurs identifiés qui ont un numéro de téléphone afin de leur rappeler la tenue de l'atelier du 21 Mai 2015. Pour le reste des agriculteurs, un agent de la CAPAM (Bihaki Coumpouni) était en charge de leur passer le message de rappel par des visites à leurs lieux de résidences. Sur cette phase, l'agent de la CAPAM a bénéficié de l'appui de deux agriculteurs (Daoud Ousseni, Miscani Beni Yayah) fortement impliqués dans cette mobilisation.

### **Organisation logistique**

Le séminaire a nécessité une préparation en termes d'organisation logistique au niveau du :

- 1- **Transport** : réservation de deux minibus de 20 personnes, conduisant les agriculteurs de Mtsamboro vers l'exploitation agricole de Soulou (lieu du séminaire) le matin et les ramenant l'après-midi.
- 2- **Repas** : organisation d'un « voulué » (barbecue mahorais) à la fin du séminaire. Les ingrédients du repas (poisson, viande, fruits à pain, bananes, huiles, épices, etc.), le matériel de cuisine (marmites, grilles, couverts, assiettes, verres, etc.) ont du être apportés. Trois cuisiniers se sont occupés de cuisiner le matin. Des boissons, du thé et du café étaient aussi à la disposition des participants pendant le séminaire.
- 3- **Matériel** : apport de tapis et de bâches permettant aux participants de s'asseoir par terre (le séminaire a eu lieu à l'extérieur). Des panneaux et un « paper board » ont été apportés pour y accrocher les posters pendant l'atelier afin que ceux-ci soient visibles par tous.

### **Préparation de l'atelier**

L'atelier a été précédé par deux journées et demie de travail préparatoire :

- Mercredi 17 mai : l'équipe de projet impliquée dans la réalisation de l'atelier s'est réunie à Mamoudzou pour finaliser le programme de l'atelier et les aspects logistiques. La décision d'avancer l'atelier du dimanche au samedi a été prise, en raison de manifestations sociales prévues le dimanche à Mtsamboro.
- Jeudi 18 mai : la matinée du 18 mai a été consacrée à une séance de travail avec M. Attoumani sur son exploitation agricole pour préparer le déroulement de l'atelier sur le lieu de sa réalisation. La visite de l'exploitation a été préparée et le contenu de l'intervention de M Attoumani défini avec lui. Des photographies illustrant les pratiques antiérosives et destinées à être utilisées comme support de discussion lors de l'atelier ont été réalisées. L'après-midi du 18 a été consacrée à une réunion de travail pour finaliser l'organisation de l'équipe de projet (CAPAM, Naturalistes, BRGM).

- Vendredi 19 mai : la matinée du 19 mai a été dédiée à la visite de l'exploitation de Mme Hamada Zabibou, présidente de l'Association Tanafou Ya Hazi de Mtsahara. Elle a présenté ses pratiques antiérosives. Du fait de changement de la date de l'atelier, Mme Hamada Zabibou n'a malheureusement pas pu participer à l'atelier. L'après-midi a été consacrée à la préparation des posters prévus comme support de discussion pour le lendemain.

### ***Nature de l'information mise en débat lors de l'atelier***

L'information apportée lors de l'atelier a été présentée sous forme de 9 posters :

- **Poster 1** : Présentation des causes de l'érosion à Mayotte. Le poster mettait en évidence les différents lieux où le phénomène se produit : en milieu naturel (padza), sur les parcelles agricoles ; le long des routes et sur les pistes ; en zone urbaine.
- **Poster 2** : présentation des impacts de l'érosion. Le poster illustre à l'aide de photographie l'ensemble des conséquences de l'érosion : perte de fertilité dans les champs ; remplissage des caniveaux provoquant inondation et dépôt de boue sur les routes et dans certaines habitations ; déstabilisation des maisons ; turbidité dans les cours d'eau et impact sur l'alimentation en eau potable ; dépôt sur les plages et envasement du lagon.
- **Poster 3** : Présentation du projet et de ses objectifs ; des équipements de mesure installés dans les deux bassins versants étudiés ; du dispositif expérimental prévu sur un nombre limité de parcelles agricoles à Dzoumogné.
- **Poster 4** : présentation de la première pratique agricole antiérosive pratiquée par les agriculteurs de Mayotte, le paillage. (*Illustration 45*)



*Illustration 45 : Photos de pratique agricole anti-érosive : paillage*

- **Poster 5** : Présentation de la pratique consistant à créer des fascines dans les parcelles en pente et des rigoles permettant de réduire la vitesse de l'écoulement et d'augmenter l'infiltration d'eau dans le sol.



*Illustration 46 : Photos de pratique agricole anti-érosive : fascines*

- **Poster 6** : présentation de la pratique consistant à utiliser diverses plantes de couverture pour réduire l'érosion.



*Illustration 47 : Photos de pratique agricole anti-érosive : associations de cultures*

- **Poster 7** : présentation de diverses pratiques relatives à l'implantation des cultures (le long des courbes de niveau, en quinconce, avec alternance de diverses espèces, installations de haies d'arbustes)



*Illustration 48 : Photos de pratique agricole anti-érosive : plantations haies*

### 3.1.2. Déroulement

L'atelier s'est déroulé comme suit :

- Accueil à Mtsamboro et transport en bus jusqu'à l'exploitation de M. Attoumani
- Accueil et café de bienvenue
- Présentation des enjeux de l'érosion à Mayotte (causes et conséquences), des activités du projet et des sites instruments. Utilisation de posters illustrés.
- Visite de l'exploitation de M. Attoumani par groupe. Observation des pratiques mises en œuvre notamment : couverture du sol par paillage ; utilisation de plantes de couvertures ; implantation de cultures visant à réduire les écoulements ; implantations d'arbres et haies d'arbustes ; construction de terrasses et murs de soutènement en bois. Questions réponses entre les participants et M Attoumani.



*Illustration 49 : Visite exploitation Attoumani*

- Formation de 2 groupes de travail. Dans chaque groupe, un animateur de la Capam présente successivement 4 ensembles de pratiques, chaque présentation étant suivie d'une discussion. Trois questions sont posées aux participants : 1) est-ce qu'ils appliquent déjà cette pratique ? 2) Si non, la trouvent-ils pertinente et seraient-ils intéressés pour la mettre en œuvre sur leur exploitation ? 3) Sa mise en œuvre présente-t-elle des problèmes qui la rendent inapplicable dans leur propre exploitation ?



*Illustration 50 : Groupes de travail*

- A la fin de l'atelier, il est demandé aux agriculteurs de choisir une pratique qu'ils pensent mettre en œuvre dans leurs exploitations dans les 6-12 mois à venir. Pour cela, chaque agriculteur reçoit 4 images plastifiées représentant ces quatre pratiques et il dépose dans une urne celle qu'il a choisie.



Illustration 51 : Positionnement des agriculteurs sur des pratiques

- A l'issue des ateliers, les agriculteurs se regroupent et une discussion plus générale fait émerger des contraintes qui freinent le développement de l'agriculture à Mayotte, et qui préoccupent plus les agriculteurs que l'érosion.
- L'atelier est suivi d'un repas en plein air (voulé) qui permet de poursuivre les discussions dans la convivialité.

### 3.1.3. Principaux résultats

- **Participation**

Le premier résultat est le taux de participation à l'atelier. En dépit d'un changement de date réalisé au dernier moment en raison de l'actualité sociale, trente personnes ont participé à l'atelier sur une quarantaine invitées. Le public était composé pour moitié d'agricultrices, qui sont traditionnellement très impliquées dans la production agricole. La moyenne d'âge était relativement élevée, reflet d'une réalité où l'agriculture n'attire plus les jeunes. La plupart des participants exploitent de très petites surfaces, essentiellement dans un but de production pour l'autoconsommation (vente d'un petit surplus en complément).

- **Sensibilisation aux enjeux de l'érosion**

Le deuxième résultat est une réelle sensibilisation des participants aux enjeux de l'érosion. L'utilisation de supports photographiques a facilité la compréhension des causes et conséquences de l'érosion. L'observation des pratiques antiérosives mises en œuvre par M. Attoumani a facilité la prise de conscience de l'enjeu de fertilité des sols associé à l'érosion. Les participants ont également été intéressés par les enjeux de gestion de l'eau à l'échelle de la parcelle (canalisation du ruissellement, pratiques permettant l'infiltration et le stockage d'eau dans le sol).

- **Intérêt pour les pratiques présentées**

Globalement, les participants ont donné l'impression de repartir de l'atelier en ayant envie de mettre en œuvre ce qu'ils y ont découvert. D'autres ont insisté sur le fait qu'ils mettent déjà en œuvre les pratiques discutées. Ils souhaitent que d'autres visites soient organisées chez eux pour faire partager leur expérience avec d'autres agriculteurs. **L'équipe de projet a clairement senti un esprit d'émulation chez les agriculteurs et une volonté d'être reconnu pour ceux qui mettent en œuvre de bonnes pratiques. Il s'agit d'un levier qui devra être utilisé pour augmenter la participation des agriculteurs au projet.**

- **Avis technique sur les pratiques**

Concernant les pratiques agricoles mises en discussions, les agriculteurs confirment que toutes sont pertinentes dans le contexte de leur propre exploitation. Pour ceux qui ne les ont pas encore adoptées, ils justifient leurs pratiques actuelles par un manque de sensibilisation à l'enjeu érosion, l'existence de contraintes qui les empêchent de les adopter (main d'oeuvre ou autre, voir ci-dessous), la crainte d'effets négatifs (par exemple le paillage pourrait favoriser la présence de rongeurs qui mangent les tubercules) ou tout simplement la non remise en cause des habitudes.

Certaines pratiques sont déjà mises en œuvre par les participants. **Dans l'un des groupes, 8 agriculteurs sur 17 pratiquent déjà le paillage.** Ils sont 3 sur 17 à utiliser des **fascines** pour stabiliser les terrains en pente et 5 sur 17 utilisent les plantes de couverture.

Les discussions montrent donc qu'il existe un savoir-faire qui se manifeste sous forme de nombreuses variantes des pratiques décrites dans les posters. Par exemple, un agriculteur explique qu'il utilise les feuilles de coco pour créer des fascines ; un autre indique qu'il plante des lianes pour tenir le bois des fascines et servir de plante de couverture à la fois, celle-ci servant en outre de fourrage (*domoré*). La réalisation d'une enquête visant à caractériser en détail ces pratiques devra permettre de parfaire cette connaissance. Il s'agit d'une étape indispensable pour concevoir des pratiques innovantes compatibles avec les pratiques actuelles.

En ce qui concerne les pratiques relevant de l'aménagement des parcelles (fascines, rigoles pour canaliser l'eau), plusieurs agriculteurs font part de contraintes de main d'oeuvre pour réaliser ces aménagements. La contrainte est particulièrement marquée pour les femmes seules qui disent ne pas avoir la force physique nécessaire pour planter les pieux des fascines, ou transporter le bois nécessaire à leur construction. Les hommes âgés expriment la même contrainte. Soulignons que ce type de population assure apparemment une grande partie des travaux agricoles, peu de jeunes étant intéressés par ce type de travaux.

Les pratiques présentées sur le quatrième poster n'ont pas suscité beaucoup de discussion. Ceci est probablement dû au fait que le poster comportait trop d'idées différentes, relatives au mode de plantation (demi-lune, dans un trou), au mode d'implantation des cultures (en quinconce) et à la combinaison de différentes plantes.

Globalement, les agriculteurs sont demandeur d'un accompagnement technique personnalisé pour mettre en œuvre de bonnes pratiques sur leurs parcelles.

- **Qualité du dialogue**

Les échanges entre l'équipe de projet et les participants ont été particulièrement riches et instructifs. Les animateurs de la CAPAM, habitués aux réunions avec le monde agricole, estiment que les participants se sont très fortement impliqués dans la discussion. La plupart des participants se sont exprimés et la parole n'a pas été mobilisée par un nombre limité de personnes. Au cours des ateliers, on a assisté à l'émergence d'une dynamique de groupe, les participants interagissant entre eux.

Ce succès peut être attribué à plusieurs facteurs :

- Le premier est d'avoir organisé la réunion sur une exploitation agricole et pas une salle est symboliquement important : ce sont les ingénieurs qui se déplacent chez l'agriculteur pour observer ses pratiques.
- Le fait d'être sur une exploitation a également permis de rendre la discussion très concrète, en commençant par observer les pratiques d'un agriculteur référent. L'utilisation de supports photographiques n'est intervenue que dans un deuxième temps, une fois que l'intérêt des participants était acquis.
- Le troisième facteur de succès est d'avoir amorcé le dialogue par une discussion des pratiques actuelles des agriculteurs ; le savoir-faire des agriculteurs était ainsi mis en valeur, les ingénieurs agronomes évitant de donner des conseils sur des pratiques nouvelles à mettre en œuvre.
- 

- **Autres contraintes de développement de l'agriculture non liées à l'érosion**

A la fin de l'atelier, les participants ont tenu à exposer les autres contraintes auxquelles ils sont confrontés, et qui limitent considérablement leur développement. Ont été citées : (1) les difficultés d'accès (manque de piste) qui empêchent d'évaluer la production, dont une partie se perd ; (2) les difficultés de commercialisation des produits, en absence de lieux de vente et de circuits commerciaux ; (3) le vol des productions au champ qui se généralise et se professionnalise ; et (4) l'inquiétude par rapport au foncier notamment pour les agriculteurs qui cultivent des terres du Conseil Départemental.

### 3.1.4. Suites à donner

L'atelier a permis d'identifier plusieurs activités pouvant être mises en œuvre pour maintenir la dynamique au sein du groupe d'agriculteurs :

- **Proposition 1** : Réalisation d'interview avec d'autres agriculteurs (20 à 30) qui veulent montrer leurs pratiques agricoles. Il s'agirait d'entretiens semi-directifs, donnant lieu à des comptes rendus littéraires. L'objectif serait de faire un bilan des pratiques actuelles en matière d'agriculture de conservation de défense des sols. La méthode d'enquête devra faire l'objet de discussion entre la CAPAM, le CIRAD, les Naturalistes et le BRGM. Sa réalisation devrait être organisée entre la CAPAM et les Naturalistes.
- **Proposition 2** : Réalisation d'une exposition photo sur les pratiques agricoles, visant à valoriser les savoir-faire des agriculteurs. L'exposition photo pourrait être réalisée à la Mairie de M'Tsamoro et éventuellement tourner dans différents lieux de l'île. Elle contribuerait à valoriser les agriculteurs et les encourager à s'engager dans le projet. Un communiqué de presse serait préparé pour le vernissage de l'exposition.

### 3.2. ATELIER DE SENSIBILISATION AUPRES DES ELEVES DU LYCEE AGRICOLE DE COCONI

Lundi 5 décembre 2016, un atelier de sensibilisation aux problématiques de l'érosion a été mené auprès des élèves du lycée agricole de Coconi. Sensibiliser les jeunes de Mayotte, en particulier ceux qui se destinent à des professions agricoles, constitue une composante clé au niveau du transfert de connaissances dans le cadre du projet.

Pour cela, l'équipe de projet a décidé :

- D'organiser un atelier de sensibilisation en classe, afin de leur expliquer ce qu'est l'érosion, quelles en sont les causes et les conséquences à Mayotte. Le projet LESELAM leur a également été présenté.
- D'organiser un atelier de visite des parcelles et ruissellomètres sur le terrain à Mtsamboro

#### 3.2.1. Préparation

##### ***Ciblage des élèves***

28 élèves de 4<sup>ème</sup> du lycée agricole de Coconi ont été ciblés pour cet atelier. Cet atelier s'inscrivait dans le cadre de l'un de leur projet de classe (montrer aux élèves les impacts des activités humaines sur les écosystèmes de Mayotte : La Mangrove, Le Mont Choungui, Le Lagon, et la Retenue Collinaire). Il s'agit de leur faire découvrir des phénomènes tels que l'érosion, la pollution des eaux, le déboisement, la sécheresse..., de leur montrer les causes de ces phénomènes, (notamment les 'mauvaises' pratiques agricoles), et essayer de trouver des solutions pour éviter la dégradation des écosystèmes. L'objectif final est de faire un lien entre tous ces éléments afin de montrer l'impact sur le lagon.

##### ***Logistique***

L'atelier a nécessité une préparation en termes d'organisation logistique au niveau du :

- 1- **Transport** : réservation de deux minibus conduisant les élèves du lycée de Coconi jusqu'aux parcelles de Mtsamboro
- 2- **Repas** : la professeur a dû demander au lycée des collations à emporter pour les élèves
- 3- **Matériel** : apport de matériel pour l'atelier en classe (vidéo projecteur, ordinateur, enceintes, rallonge, maquette érosion, etc.) car les salles de classe ne sont pas équipées.

##### ***Préparation de l'atelier***

L'atelier a nécessité un travail de préparation de l'atelier de sensibilisation en classe qui a eu lieu le matin du lundi 5 décembre. Un support Powerpoint adapté a été réalisé spécialement pour l'atelier. Des activités ludiques ont été pensées (animation d'une maquette érosion, visionnage du film « regards croisés sur l'érosion). Un quizz a également été fait pour vérifier que ce qui a été vu en classe avait été assimilé.



Illustration 52 : Atelier de sensibilisation au Lycée de Coconi (supports)

### 3.2.2. Déroulement

L'atelier s'est déroulé comme suit :

- Début de l'atelier en classe à Coconi à 10h30. L'atelier en classe était animé par Hélène Loustau et Anrif Hamidou des Naturalistes de Mayotte.
- 10h30 à 11h : explication du phénomène de l'érosion, ses causes et conséquences en classe.



Illustration 53 : Atelier de sensibilisation au Lycée de Coconi (classe)

- 11h à 11h30 : présentation concrète de l'érosion à l'aide d'une maquette animée dans la cours du lycée puis visionnage du film « Regards Croisés sur l'érosion » (produit dans le cadre de la Feuille de Route Erosion) et quizz.



*Illustration 54 : Atelier de sensibilisation au Lycée de Coconi (maquette Erosion)*

- 11h30 à 12h10 : présentation du projet LESELAM et focus sur les bonnes pratiques AC-DRS
- 13h : départ des élèves de Coconi vers Mtsamboro (deux minibus)
- 14h à 15h : visite du ruissellomètre forêt en haut de Mtsamboro + visite du ruissellomètre sur parcelle agricole. Animation et explications réalisées par la CAPAM. Focus sur les bonnes pratiques agricoles.



*Illustration 55 : Atelier de sensibilisation au Lycée de Coconi (ruissellomètre Agricole)*

- 15h : départ de Mtsamboro pour retour au lycée de Coconi à 16h

### 3.2.3. Principaux résultats

#### **Participation**

28 élèves de 4<sup>ème</sup> ont été sensibilisés. Le ressenti des animateurs était que peu de questions émanait au cours de l'atelier en classe, malgré le fait que cette problématique leur était inconnue. Selon la professeure, cela peut s'expliquer par la maîtrise imparfaite de la langue française, ce qui bloque parfois les élèves à poser des questions. Plus de questions ont été posées lors de la visite terrain.

### ***Sensibilisation aux enjeux de l'érosion***

Le phénomène de l'érosion ainsi que les bonnes pratiques agricoles semblaient avoir été bien compris à la fin de la journée. D'où la confirmation de l'intérêt de lier sensibilisation théorique en classe et la sensibilisation pratique sur le terrain.

#### **3.2.4. Suites à donner**

Sensibiliser les jeunes doit être une priorité dans le cadre de ce projet. Poursuivre les animations et ateliers en classe, et sur le terrain, en 2017 est une suite à donner. Pour cela, il serait intéressant de développer des outils pédagogiques adaptés ainsi qu'une formule d'atelier qui pourrait être proposées dans les collèges et les lycées.

### **3.3. COMMUNICATION - ATELIERS**

La mise en place des différents types d'aménagements doit tenir compte de la complexité propre à Mayotte, en particulier du statut du foncier.

#### **3.3.1. Accord pour la mise en place des aménagements**

Trois types de Conventions et/ou accords ont été réalisés afin de pouvoir installer les différents équipements en toute légalité, et afin de les sécuriser au mieux.

##### ***Aménagements hydro-sédimentologiques.***

Situés sur les cours d'eau de l'Oua Bandrani (BV de Dzoumogné) et du Salim Bé, ils ont nécessité une validation de la part du Service Police de l'Eau de la DEAL. Ces dossiers étaient composés d'une description précise des aménagements, ainsi que des résultats d'une pêche électrique exigés afin de connaître l'état de la faune au droit de ces seuils.

Concernant les deux seuils situés sur Mtsamboro, sur une ravine en eau uniquement lors des événements pluviométriques, l'accord a été donné par la Mairie de Mtsamboro, partenaire du projet en tant que membre du COPIL élargi.

##### ***Aménagements des ruissellomètres***

Les sites des ruissellomètres ont été définis à partir de paramètres techniques (pente, occupation du sol, appartenance aux BV de l'observatoire). Afin de mettre en place les ruissellomètres différents types d'accords ont été mis en place.

Ruissellomètres en forêt et sur padza : les terrains appartiennent au Conseil Départemental 976 et sont gérés par le Service des Ressources Forestières. Une Convention d'Utilisation avec ce Service a été signée décembre 2015 entre le Président du CD976 et le BRGM.

Ruissellomètres en zone agricole : les terrains appartiennent au Conseil Départemental 976 mais sont cultivés de manière « coutumière » par des agriculteurs concernés par les ateliers visant à faire adopter des techniques agro-conservatrices. Les options étudiées de la régularisation foncière (CD976) ou du bail environnemental (DAAD976) ne permettaient pas d'aboutir à un accord dans le délai du projet LESELAM. Aussi le Service Foncier du CD976 a proposé la mise en place d'une Convention d'Utilisation dans le cadre du projet pour les parcelles identifiées, avec mise en place du dispositif de suivi et de techniques agro conservatrice. Cette Convention d'Utilisation a fait l'objet d'une délibération du CD 976 le 11 octobre 2016, et d'une autorisation d'occupation anticipée signée par le Directeur du Service Foncier le 3 novembre 2016.

#### **3.3.2. Echange avec les populations et/ou agriculteurs**

La CAPAM est en charge du relationnel avec les agriculteurs, afin de limiter au maximum tout acte malveillant.

En milieu urbain, à Mtsamboro, la réalisation du seuil a été source de nuisances reconnues par le projet. En effet, les seuils écoulements en période d'étiage correspondent à des rejets urbains, retenus au niveau du seuil, avant de s'écouler vers le lagon ....

L'acceptation par la population est donc passée par deux types d'actions :

- Février 2016 : recrutement d'un agent intérimaire, afin d'assurer un passage quotidien. Le seuil est soulevé, les eaux évacuées, et un balayage permet d'éliminer toutes les impuretés. Suite à ces passages, le voisinage a reconnu que les nuisances (odeurs, moustiques) avaient disparu. Ce suivi a été interrompu en mai après le retrait du seuil, et réactivé en octobre après son remplacement.
- Octobre 2016 : des dégradations ont été observées sur le seuil de Mtsamboro aval, amenant l'équipe de projet à :
  - Réparer le seuil pour le rendre à nouveau opérationnel
  - Décider pour la saison prochaine de ne pas interrompre les nettoyages en période sèche, bien que les écoulements soient constitués uniquement de rejets urbains
  - Mettre en place en association avec la Mairie une réunion de concertation conviviale avec les riverains (28 octobre) (présence de deux adjoints, de la CAPAM, du BRGM et d'une douzaine de riverains) afin d'expliquer les objectifs du projet, la prise en compte des nuisances, et les actions mises en place pour y remédier.

## 4. Communication externe

### 4.1. SITE INTERNET

Afin de communiquer sur le projet, il semblait indispensable de disposer d'un support permettant de rendre accessible à tous les avancements et les résultats. C'est pour cela qu'un site internet a été créé cette année.

#### 4.1.1. Informations techniques

Le site internet LESELAM a été créé sur la plateforme WIX. Cette plateforme présente l'avantage de pouvoir créer, actualiser et ajouter de l'information de façon simple. Le lien URL du site internet est : [www.leselam.com](http://www.leselam.com)

#### 4.1.2. Architecture et contenu du site internet

Le site internet LESELAM présente plusieurs onglets principaux :

- Phénomène de l'érosion des sols à Mayotte, ses causes et ses conséquences
- La feuille de route érosion et le projet LESELAM (objectifs, actions, partenaires, résultats, etc.)
- Les actualités liées au projet
- Les media (photos, vidéos, publications, etc.)
- Les retombées « presse »

L'architecture a été pensée conjointement avec les différents partenaires du projet, afin que celle-ci soit la plus simple possible.



Illustration 56 : Site Web LESELAM

Le contenu du site sera être actualisé régulièrement, avec la participation de tous les partenaires du projet.

#### 4.2. REVUE DE PRESSE 2016

La communication externe du projet se fait via la diffusion à la presse de communiqués. Plusieurs communiqués de presse seront envoyés en fin d'année, notamment pour annoncer la mise en ligne du site internet LESELAM. Ils seront mentionnés dans le rapport final (décembre 2017).



Illustration 57 : Flash Info – Mardi 29 novembre 2016

## 5. Indicateurs 2016 vs Réalisations effectives

Une série d'indicateurs ont été définis dans le cadre du projet LESELAM. L'avancement du projet, les contraintes rencontrées et les adaptations requises ont amené l'équipe de projet à (1) atteindre certains indicateurs, (2) dépasser certains autres, et enfin (3) reporter à 2017 ceux ayant rencontrés des difficultés.

### 5.1. OBJECTIFS 2016

Les objectifs du projet ont été déclinés en indicateurs de réalisation, visant à prévoir l'avancement du projet. La liste des indicateurs est reproduite ci-après

Indicateurs figurant dans le contrat d'objectifs pluriannuel	Valeur initiale (avant-projet)	REALISE FIN 2015	REALISE FIN 2016	Valeur prévue fin 2017
Nombre de stations de suivi hydro-sédimentaire	4	3 (les 3 seuils)	4	4
Nombre de parcelles équipées (trappe / collecteur) pour le suivi hydro-sédimentologique	12	1	15	15
Dont Nombre parcelles témoins	5	1	10	10
Dont Nombre parcelles en AC/DRS	4	0 (prévue en 2016)	5	5
Quantité de sédiments transportés	A mesurer entre 2015 et 2017	-	Suivi en cours depuis décembre 2015	Evaluation de la réduction par comparaison entre parcelles AC et parcelles témoin
Nombre de placettes suivies pour mesure écoulement et sédiments	30	- (simulation pluie 2016)	Mesures Guelph en mars 2017	30
Nombre d'ateliers mis en place	16	7	10	16
Nombre de personnes participant aux ateliers	10 personnes par bassin	10 à 20	30 personnes	10 personnes par BV
Nombre d'agriculteurs participant aux expérimentations	10	10	15	10
Nombre de personnes touchées par les actions de sensibilisation	30	10	30	30
Nombre d'interventions extérieures (Ecole, Université, ..)	10	2	5	10
Nombre de supports de communication (films)	1	0	0	1
Nombre de supports de communication (plaquettes)	3	0	0	3
Nombre de supports de communication (panneaux)	15	8	20	15
Création Site Internet	1	0	1	1

Illustration 58 : Indicateurs de réalisation

Le planning de réalisation a été adapté à deux paramètres principaux :

- La date de signature du financement CPER (30 octobre)
  - Le début de la saison des pluies
1. Les travaux se sont concentrés dès l'accord de lancement du projet sur la réalisation des seuils, par les équipes du CIRAD et d'IRSTEA.
  2. Le planning de mise en place des parcelles de ruissellement est amené à s'adapter à la réalité du foncier à Mayotte. Des Conventions de mise à disposition doivent être signées entre les propriétaires fonciers et le projet. Il apparait aussi nécessaire d'avoir l'accord de l'usager du terrain, avec toutes les précautions nécessaires, sachant que très généralement ces usagers ne sont pas reconnus.  
L'objectif 2015 de 2 parcelles en AC-DRS était une erreur, sachant que la mise en place de ces techniques doit résulter de l'approche participative. Ceci n'interviendra donc qu'en 2016.
  3. Les interventions à l'Université ont été remplacées par des interventions en conférences (Foire Agricole de Mayotte, Conférence Changement Climatique DAAF).  
La plupart des parcelles seront mises en place en 2016, suite à une phase de concertation indispensable.
  4. La mise en place dans le cadre du volet Communication de réunions d'informations a été plus importante que prévue

Ceci a donc conduit l'équipe de projet à remettre à jour le diagramme de Gantt, permettant de définir les indicateurs à atteindre en 2016.

	2015				2016												2017														
	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32			
Démarrage effectif en mai 2015																															
Tâche "Gestion - Coordination du projet"	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
COMITE PILOTAGE																															
Point d'avancement																															
<b>Tâche 2 "Création d'un observatoire de l'érosion sur BVs pilotes (3)</b>																															
2.1. Commande des équipements de mesure / conditionnement - réception Mayotte																															
2.2. Etudes et construction des ouvrages d'art (stations hydro)																															
2.3. Construction des collecteurs (12) de sédiments													X	X	X																
2.4. Mesures perméabilité (Guelph)																															
2.5. Installation des stations hydro-météo sur BVs 1 et 2			X	X																											
2.6. Suivi multi-échelles des données hydro-météo-sédimentologiques	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
2.7. Développement de l'observatoire Erosion (habitat rural)			X	X	X	X	X	X	X	X																					
2.8. Analyses multi-échelles de données hydro-météo-sédimentologiques				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
2.9. Analyse mécanismes de transfert des flux d'eau et de sédiments (Watersed)										X	X	X	X	X	X	X															
2.10. Instrumentation du BV N°3														X	X																
2.11. Intégration base de données - système d'information géographique	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
<b>Tâche 3 "Création d'un démonstrateur de lutte contre l'érosion"</b>																															
3.1. Mise en place des premières mesures de remédiation (AC-DRS-AR)																															
3.2. Suivi-évaluation des premières mesures de remédiation (AC-DRS-AR)																															
3.3. Analyses des conditions de mise en œuvre des mesures de remédiation												X	X	X	X	X															
<b>Tâche 4 "Capitalisation et diffusion de la connaissance"</b>																															
4.1. Elaboration du guide de bonne pratique: Version N2																															
4.2. Elaboration de la version N+1 du film																															
4.1. Panneaux éducatifs sur site			X	X	X	X	X																								
4.2. Mise en place du site Web LESELAM												X	X	X	X	X															
<b>Tâche 5 "Formation - Structuration de l'action collective"</b>																															
5.1. Atelier / Séminaire de lancement																															
5.2. Diagnostic "Erosion des sols et impacts socio-économiques"				X	X	X	X	X																							
5.5.1 Ateliers d'information			X	X											X																
5.3. Ateliers multi-acteurs de prospectives																															
5.4. Ateliers multi-acteurs de co-construction de plan d'actions											X	X	X																		
5.5. Réunions / Sessions de formation au champ d'AC / DRS / AR			X	X	X	X	X								X	X															
5.6. Atelier de présentation-discussion des résultats																															

Illustration 59 : Diagramme de Gantt (mise à jour 2016)

## 6. Conclusion

Le projet LESELAM officiellement lancé en mai 2015 avec l'appui des fonds FEADER (décision DAAF/SI) a techniquement débuté en novembre, avec la signature par la Préfecture de Mayotte du contrat CPER (30/10/2015).

L'année 2016 a vu la finalisation de la mise en place des aménagements avec le dispositif des ruissellomètres en zone naturelle (forêt -1-, padzas -2-), agricole (8), péri-urbaine (1), et sur talus (3)

Coté Observatoire, le seuil de Dzoumogné a fait l'objet de renforcement et de la réalisation de la rampe à poissons. Le bassin n°3, identifié en COPIL pour son intérêt au niveau lagunaire (mangrove à l'exutoire), a été aménagé, avec un suivi hydro-sédimentologique à l'exutoire, et deux pluviomètres (aval et partie intermédiaire du bassin).

Les données acquises sur les deux bassins de Mtsamboro et Dzoumogné ont permis une analyse globale, amenant à une première évaluation pour cette saison des pluies conforme à la moyenne interannuelle :

- 5.4 t/ha sur Mtsamboro, avec un potentiel d'environ 55 m<sup>3</sup> mobilisable à court terme (ravines, talus, ...)
- 0.3 t/ha sur le bassin de Dzoumogné

Concernant le module « Communication et Formation », deux axes majeurs en 2016 :

- L'atelier mono-acteur en zone agricole (mai 2016) conduisant à l'identification de 4 agriculteurs pour la mise en place des ruissellomètres en zone agricole, et une quinzaine d'agriculteurs pour le développement à termes des techniques AC-DRS
- La mise en place du site Internet LESELAM

La phase d'information doit se poursuivre dès 2017 par la mise en place d'ateliers mono puis multi-acteurs, mais aussi de réunions d'échanges avec la population, réunions indispensables pour la compréhension et l'acceptation du projet.



**Centre scientifique et technique**  
**Direction EauEnvironnement et Ecotechnologies**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34  
[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)