

Document public



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

Rapport Avancement n°3 – Décembre 2017

BRGM/RP-67392-FR

Décembre 2017



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

Rapport Avancement n°3 – Décembre 2017

BRGM/RP-67392-FR
Décembre 2017

J.F. Desprats, B. Colas, JM. Lopez, C. Dejean, G. Dectot, S. Eddam, F. Garnier, V. Landemaine, B. Lidon, H. Lousteau, JD Rinaudo, K. Said

Vérificateur :

Nom : CERDAN Olivier
Date : 26 novembre 2017

Signature :



Approbateur :

Nom : F. Tronel (DAT-MAY)
Date : 28 novembre 2017

Signature :



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



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, B. Colas, JM. Lopez, C. Dejean, G. Dectot, S. Eddam, F. Garnier, V. Landemaine B. Lidon, H. Lousteau, JD Rinaudo, K. Said (2017) -Projet LESELAM (Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du LAgon à Mayotte). Rapport Avancement n°3 – Décembre 2017 BRGM/RP- 67392-FR, 91 pages, 67 illustrations

Synthèse

Le projet LESELAM s'inscrit dans le cadre de la Feuille de Route Erosion, initiée par la DEAL en 2012 ; les objectifs sont :

- la compréhension et la quantification des processus d'érosion,
- l'identification des zones à risque prioritaires pour la mise en place de mesures de protection,
- la prévention et la remédiation, aussi bien au niveau de la communication et de l'apprentissage, que de la mobilisation de leviers incitatifs et réglementaires.

Ce rapport d'avancement présente les réalisations de l'année 2017, mais reprend également une partie des résultats des deux années précédentes, faisant ainsi la synthèse du projet LESELAM :

- observatoire Erosion : suivi du ruissellement et de l'érosion pour la seconde saison des pluies (2016-2017), premiers tests de modélisation sur Mtsamboro et Dzoumogné,
- présentation de la Structuration de l'Action collective, avec la réalisation d'ateliers en zone agricole et en zone urbaine, ayant conduit à la mise en place de parcelles avec techniques agro-conservatoires en zone agricole, et d'un jardin,
- poursuite du volet Communication (mise à jour Site Web, version 2 d'un film de synthèse, séminaire de clôture du projet).

LESELAM couvre la première partie de la Feuille de Route Erosion (2015-2017). Afin de couvrir la deuxième partie, un deuxième projet a été soumis à l'appel à projet 2017 : LESELAM2.

Sommaire

1. Pilotage du projet	11
1.1. CONDUITE DE PROJET	11
1.2. INDICATEURS VS REALISATIONS EFFECTIVES.....	11
1.3. ADAPTATIONS AUX ALEAS DU PROJET	12
1.3.1. Gestion de projet (Tâche 1)	12
1.3.2. Mise en place de l'observatoire (Tâche 2).....	12
1.3.3. Création de démonstrateur de lutte contre l'érosion (Tâche 3).....	13
1.3.4. Capitalisation et diffusion des connaissances (Tâche 4)	13
1.3.5. Structuration de l'Action Collective (Tâche 5).....	13
2. Observatoire de l'érosion sur les bassins de Mtsamboro, Dzoumogné et Salim Bé (Tâche 2)	15
2.1. CARACTERISATION ET AMENAGEMENTS DES BASSINS VERSANTS DE L'OBSERVATOIRE	16
2.1.1. Le Bassin de Mtsamboro	17
2.1.2. Le Bassin de Dzoumogné (Mro Oua Bandrani).....	17
2.1.3. Le Bassin de Salim Bé.....	17
2.2. DISPOSITIF MULTI-ECHELLES DE MESURES HYDRO-METEO-SEDIMENTOLOGIQUE	18
2.3. ANALYSES DU SUIVI RUISSELLEMENT – EROSION : SAISONS DES PLUIES 2015-2016 ET 2016-2017	19
2.3.1. Méthodologie d'analyse du ruissellement et de flux de terrigènes à l'échelle du bassin versant.....	19
2.3.2. Analyses de la pluviométrie et autres facteurs climatiques.....	24
2.3.3. Evaluation du Ruissellement sur les 3 bassins versants	29
2.3.4. Quantités de terrigènes mesurées aux exutoires des bassins versants	30
2.3.5. Ruissellement et érosion mesurés sur les parcelles 100m ² et talus	32
2.3.6. Comportement des sols en fonction de l'intensité des pluies : résultats des simulations de pluie	35
2.3.7. Evaluation des volumes de terre au sein du BV de Mtsamboro susceptibles d'être mobilisés au cours de prochains épisodes pluvieux	37
2.4. CONCLUSION – BILAN RUISSELLEMENT EROSION	39
3. Démonstrateur de lutte contre l'érosion (Tâche 3)	45
3.1. PREMIERES ANALYSES DE L'IMPACT DES MESURES CONSERVATOIRES EN ZONE AGRICOLE	45

3.2. MISE EN PLACE DE PROTECTION SUR PADZA	46
3.3. PREMIERES ANALYSES DE L'IMPACT DES MESURES CONSERVATOIRES SUR TALUS (DEMBENI).....	47
3.4. MISE EN PLACE D'UN JARDIN TEMOIN SUR MTSAMBORO EN ZONE URBAINE 49	
4. Structuration de l'action collective et transfert de compétence (tâche 4).....	53
4.1. ENQUETE SUR LA PERCEPTION DE L'EROSION	53
4.1.1. Enquête en zone urbaine	53
4.1.1.1 Ressenti et difficultés rencontrées	53
4.1.1.2 Résultats	54
4.1.2. Enquête en zone agricole	55
4.2. TRANSFERT DE COMPETENCE ET SENSIBILISATION EN ZONE AGRICOLE 58	
4.2.1. Mai 2016 : rappel synthétique des conclusions de l'atelier	58
4.2.2. Juillet 2017 : Atelier à Dzoumogné.....	60
4.3. JUILLET 2017 : SENSIBILISATION EN ZONE URBAINE A MTSAMBORO	61
5. Communication externe (tâche 5)	65
5.1. SITE INTERNET	65
5.2. VIDEO INSTITUTIONNELLE LESELAM	65
5.3. REVUE DE PRESSE 2017	66
6. Conclusion.....	67
Annexe 1 : Caractérisation des seuils	69
Annexe 2 : Instrumentation : localisation et caractérisation.....	73
Annexe 3 : Dispositif de suivi à la parcelle.....	79
Annexe 4 : Enquêtes sur la perception de l'érosion	81
Annexe 5 : Evaluation de l'efficacité des solutions de gestion.....	89
Annexe 6 : Démonstrateur de lutte contre l'érosion (Tâche 3) : Mise en place d'un jardin témoin à Mtsamboro.....	91
Identification du jardin	91
Plan d'aménagement (Illustration dans le rapport)	92
Mise en œuvre	93
Perspectives	93
Annexe 7 : Revue de presse 2017	95

Liste des illustrations

<i>Illustration 1 : Indicateurs de réalisation</i>	12
<i>Illustration 2 : Déroulé des actions mises en œuvre</i>	15
<i>Illustration 3 : Localisation des bassins versants instrumentés dans le cadre du projet LESELAM</i>	16
<i>Illustration 4 : Caractéristiques hydro-morphologiques des bassins versants au droit des exutoires (stations de mesures).....</i>	17
<i>Illustration 5 : Occupation du sol au niveau des bassins versants instrumentés</i>	17
<i>Illustration 6 : Localisation des stations hydro-sédimentologique et météorologiques</i>	18
<i>Illustration 7 : Paramètres de la relation entre débits et hauteurs d'eau mesurés par la sonde (Dzoumogné)</i>	20
<i>Illustration 8 : Paramètres de la relation entre débits et hauteurs d'eau mesurés par la sonde (Mtsamboro aval).....</i>	21
<i>Illustration 9 : Paramètres de la relation entre débits et hauteurs d'eau mesurés par la sonde (Mtsamboro amont).....</i>	21
<i>Illustration 10 : Courbe de tarage de la station de Dzoumounié</i>	21
<i>Illustration 11 : Courbe de tarage de la station de Salimbé</i>	21
<i>Illustration 12 : Courbe de tarage de la station de Mtsamboro Aval</i>	22
<i>Illustration 13 : Courbe de tarage de la station de Mtsamboro Amont.....</i>	22
<i>Illustration 14 : Relations de calibration NTU – m.e.s. de chaque station-hydrosédimentaire détaillant les coefficients a (50%, 2.5% et 97.5%) et le nombres de couples utilisés par station</i>	23
<i>Illustration 15 : Relation de calibration NTU – m.e.s. de la sonde de turbidité installée à l'aval de du bassin de Mtsamboro. Le coefficient a de référence (50%) ainsi que les coefficients a (2.5%, 97.5%) sont détaillés.....</i>	23
<i>Illustration 16 : Relation de calibration NTU – m.e.s. de la sonde de turbidité installée à l'aval de du bassin de Dzoumogné. Le coefficient a de référence (50%) ainsi que les coefficients a (2.5%, 97.5%) sont détaillés.....</i>	24
<i>Illustration 17 : Relation de calibration NTU – m.e.s. de la sonde de turbidité installée à l'aval du bassin de Salim Be. Le coefficient a de référence (50%) ainsi que les coefficients a (2.5%, 97.5%) sont détaillés.....</i>	24
<i>Illustration 18 : Pluviométrie moyenne mensuelle sur l'île de Mayotte calculée sur la période 1991 – 2016 (Données Météo-France).....</i>	25
<i>Illustration 19 : Cartographie du cumul moyen annuel de précipitation sur l'île de Mayotte (1981 – 2010) (Source : http://www.meteofrance.yt)</i>	25
<i>Illustration 20 : Cumul pluviométrique annuel sur la période 2008 – 2017 sur le bassin de Mtsamboro ; 2016 et 2017 correspondent aux années de suivi (Données : Météo France).....</i>	26
<i>Illustration 21 : Nombre d'évènements de pluie pour chaque année de suivi classés par classe de cumul pluviométrique. La proportion de chaque classe sur le nombre totale d'évènement est indiquée.....</i>	27
<i>Illustration 22 : Cumul pluviométrique mensuel sur les deux années de suivi et classement des pluies selon leur intensité moyenne.....</i>	27
<i>Illustration 23 : Cumul pluviométrique entre janvier et avril pour les deux années de suivi sur le bassin de Mtsamboro.....</i>	28

<i>Illustration 24 : Principales spécificités des bassins versants dont les écoulements à l'exutoire ont été suivis au cours des saisons pluvieuses 2015-2016 et 2016-2017.</i>	29
<i>Illustration 25 : Principales caractéristiques des écoulements observés au cours de la 1ère campagne de suivi (décembre 2016 - avril 2017) sur les bassins versants instrumentés.</i>	29
<i>Illustration 26 : Principales caractéristiques des écoulements observés au cours de la 2^{ème} campagne de suivi (décembre 2016 - avril 2017) sur les bassins versants instrumentés.</i>	30
<i>Illustration 27 : Quantités de terrigènes (sédiments et m.e.s) mesurées aux exutoires des bassins versants au cours de la saison des pluies 2015-2016.....</i>	31
<i>Illustration 28 : Quantités de terrigènes (sédiments et m.e.s) mesurées aux exutoires des bassins versants au cours de la saison des pluies 2016-2017.....</i>	32
<i>Illustration 29 : Ruissellement de surface et érosion des sols sur ruissellomètres à l'échelle de la saison des pluies d'enregistrement des données (nov. 2016 - avr.2017).....</i>	33
<i>Illustration 30 : Ruissellement de surface et érosion des sols pour les pluies ruisselantes enregistrées entre novembre 2016 et avril 2017.....</i>	34
<i>Illustration 31 : Simulations de pluie - le dispositif.....</i>	35
<i>Illustration 32 : Simulations de pluie - placette m².....</i>	35
<i>Illustration 33 : Localisation et caractéristiques des 21 placettes (11 sites)</i>	36
<i>Illustration 34 : Ruissellement sur parcelle agricole</i>	36
<i>Illustration 35 : Ruissellement sur parcelle padza</i>	36
<i>Illustration 36 : Ruissellement sur forêt</i>	36
<i>Illustration 37 : Ruissellement sur sol nu (piste).....</i>	36
<i>Illustration 38 : Carte de probabilité de glissement superficiel et report des désordres.....</i>	38
<i>Illustration 39 : Evolution comparée des apports hydro-sédimentaires sur les bassins versants de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro au cours des saisons des pluies 2015-2016 et 2016-2017.....</i>	39
<i>Illustration 40 : Comparaison des écoulements journaliers mesurés à l'exutoire du bassin versant de Mro Oua Bandrani au cours des 2 années de suivi.....</i>	40
<i>Illustration 41 : Comparaison du cumul du poids de mes mesurés à l'exutoire du bassin versant de Mro Oua Bandrani au cours des 2 années de suivi.....</i>	40
<i>Illustration 42 : Relation qualitative entre rugosité (sols graveleux,paillis), taux de couverture végétale du sol (couvert vegetatl vivant, paillis) et les taux de ruissellement et d'érosion</i>	41
<i>Illustration 43 : Ruissellement évalué par simulation de pluie (1m²) pour des intensités supérieures à 100 mm/h en fonction des différents types de milieu</i>	42
<i>Illustration 44 : Schématisation des flux d'eau et de la genèse de l'érosion dans une toposéquence naturelle dont les sols n'ont pas été endommagés.</i>	43
<i>Illustration 45 : Localisation, pente, occupation du sol et superficie (corrigée) des ruissellomètres installés en 2015-2016 sur les bassins versant de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro</i>	45
<i>Illustration 46 : Ruissellomètres Agricole</i>	46
<i>Illustration 47 : Ruissellomètres Padza</i>	46
<i>illustration 48 : Localisation, conditions de pente et d'occupation du sol des ruissellomètres</i>	47
<i>illustration 49 : Ruissellomètre de talus (RN2 Dembeni)</i>	47
<i>illustration 50 : mesures sur talus (RN2 Dembeni).....</i>	48

<i>illustration 51 : Bilan des mesures sur talus (RN2 Dembeni)</i>	48
<i>Illustration 52 : Plan d'aménagement</i>	51
<i>Illustration 53 : Le jardin après aménagement</i>	51
<i>Illustration 54 : Répartition des personnes interrogées sur la bassin de Mtsamboro</i>	54
<i>Illustration 55 : Evaluation de l'origine de l'érosion</i>	54
<i>Illustration 56 : le jardin Mahorais : association de culture et paillage au pied des bananiers</i> ...	56
<i>Illustration 57 : Photos de pratique agricole anti-érosive : paillage</i>	58
<i>Illustration 58 : Photos de pratique agricole anti-érosive : fascines</i>	58
<i>Illustration 59 : Photos de pratique agricole anti-érosive : associations de cultures</i>	59
<i>Illustration 60 : Photos de pratique agricole anti-érosive : plantations haies</i>	59
<i>Illustration 61 : Présentation des résultats de projet et d'enquête</i>	60
<i>Illustration 62 : Présentation des équipements</i>	60
<i>Illustration 63 : Présentation des résultats de l'enquête en zone urbaine</i>	62
<i>Illustration 64 : Site Web LESELAM</i>	65

1. Pilotage du projet

1.1. CONDUITE DE PROJET

Le projet LESELAM compte pour partenaires le Brgm, le Cirad, Irstea, la CAPAM et les Naturalistes de Mayotte. 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)

Un comité de pilotage a été organisé en 2017 (Partenaires Projet, DAAF, DEAL, Conseil Départemental (CD/DEDD, CD/DAFP, CD/CGE, CD/DARTM), ONF, ARS) :

- 16 novembre 2017 : COPIL n°5

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

1.2. INDICATEURS VS REALISATIONS EFFECTIVES

Différents indicateurs ont été définis dans le cadre du projet LESELAM. Les objectifs du projet, déclinés en indicateurs de réalisation, visent à prévoir puis juger de l'avancement du projet. La liste des indicateurs est reproduite ci-après. L'ensemble des indicateurs a pu être atteint, la mise en place de certains d'entre eux ayant été décalé dans le temps en cours de projet afin d'apporter des solutions aux contraintes rencontrées

Indicateurs figurant dans le contrat d'objectifs pluriannuel	Valeur initiale (avant-projet)	REALISE FIN 2015	REALISE FIN 2016	REALISE 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	8
Dont Nombre parcelles en AC/DRS	4	0 (prévue en 2016)	5	7
Quantité de sédiments transportés	A mesurer entre 2015 et 2017	-	Suivi en cours depuis décembre 2015	Suivi en cours depuis décembre 2015
Nombre de placettes suivies pour mesure écoulement et sédiments	30	- (simulation pluie 2016)	Mesures Guelph en mars 2017	20 simulations de pluie sur placettes 1m ²
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	25 à 40 personnes par BV
Nombre d'agriculteurs participant aux expérimentations	10	10	15	20
Nombre de personnes touchées par les actions de sensibilisation	30	10	30	40 à 50

Nombre d'interventions extérieures (Ecole, Université, ..)	10	2	5	10 dont 2 au colloque EGU
Nombre de supports de communication (films)	1	0	0	2 (versions résultats et version vulgarisation)
Nombre de supports de communication (plaquettes, rapports)	3	0	0	3
Nombre de supports de communication (panneaux)	15	8	20	20
Création Site Internet	1	0	1	1

Illustration 1 : Indicateurs de réalisation

1.3. ADAPTATIONS AUX ALEAS DU PROJET

Le chronogramme de réalisation du projet a dû être adapté au cours des trois années afin de tenir compte d'une série de paramètres inhérent en particulier aux spécificités de Mayotte.

Le contrat d'objectif entre les partenaires du projet LESELAM et la DAAF-SI a été signé en juin 2015. Le contrat entre le SGAR et le BRGM pour le complément de financement (CPER) a été signé fin octobre 2015.

1.3.1. Gestion de projet (Tâche 1)

La double contractualisation entre (1) la DAAF-SI et les 5 partenaires concernant le financement FEADER, et (2) le SGAR et le BRGM (représentant les 5 partenaires) concernant le financement CPER a pu conduire à certaines difficultés d'ordre administratif.

1.3.2. Mise en place de l'observatoire (Tâche 2)

Le projet LESELAM a officiellement débuté en juin 2015, mais la mise en place des stations hydrosédimentologique n'a débuté qu'en novembre 2015, dès la signature du contrat avec le SGAR.

Contraintes rencontrées lors de la réalisation des stations hydro-météo-sédimentologiques

- recherche d'entreprises compétentes et permettant une réalisation dans le budget alloué (CIRAD).
- acceptation par la Police de l'Eau de l'implantation de la station hydrologique de Dzoumogné. Réalisée en août 2015, l'acceptation a été validée après réalisation d'une pêche électrique par un prestataire basé à la Réunion (BRGM).
- mise en place d'une organisation de collecte des données autour du BRGM (réallocation des tâches entre partenaires).
- recherche de prestataires sur le terrain pour assurer un nettoyage systématique du canal de Mtsamboro après chaque pluie (BRGM). La solution est mise en place dès mars 2016.
- nécessité de s'adapter aux contraintes, à savoir la difficulté d'accès lors des périodes de hautes eaux pour les jaugeages (crues éclair combinée à la nécessité de protection des personnes).

1.3.3. Création de démonstrateur de lutte contre l'érosion (Tâche 3)

Ce volet consistait en la mise en place de parcelles pour le suivi du ruissellement et de l'érosion en zone forestière, agricole et péri-urbaine, ainsi que sur padza (CIRAD). L'équipe de projet a dû obtenir une autorisation écrite du propriétaire foncier de chaque site. En forêt, l'autorisation a été rapide (début 2016), permettant une installation immédiate de ce ruissellomètre. Par contre en zone agricole, du fait de l'occupation « informelle » des parcelles par les agriculteurs, la signature d'un accord a pris beaucoup plus de temps : la régularisation demandée dans un premier temps par le CD976 ne permettait pas une réalisation des aménagements dans le cadre de LESELAM. C'est grâce à l'action de Mme Prevot (Direction des Affaires Foncières) qu'une délibération a été proposée au Président du CD976, permettant une installation des ruissellomètres fin 2016 début 2017. Un contrat « moral » a été signé à la demande du CIRAD, entre le CIRAD et les agriculteurs partenaires occupant les parcelles sur lesquelles les ruissellomètres ont été mis en place.

En zone urbaine, la mise en place d'un « jardin témoin » n'était pas prévue au départ de la mission, mais a été jugée nécessaire suite aux différentes réunions avec les habitants, afin de constituer un exemple représentatif de cette situation pour les ateliers à venir.

Concernant le suivi de talus, la concertation a été menée dès le début du projet par le BRGM avec la DEAL 976 (Direction des Routes).

1.3.4. Capitalisation et diffusion des connaissances (Tâche 4)

La mise en place du site Web et la réalisation du film ont été réalisées conformément au planning.

Les interventions dans le milieu scolaire (Lycée Coconi, Université) sont réalisées dans ce cadre-là, tout comme la communication vis-à-vis des médias, ainsi que la communication scientifique (présentations de posters aux colloques EGU à Vienne en 2016 puis 2017).

1.3.5. Structuration de l'Action Collective (Tâche 5)

La première année du projet LESELAM a été consacrée à de l'information, les réunions sous formes d'ateliers prenant le relais en 2016 et 2017.

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

Ce chapitre reprend le rapport de suivi CIRAD :

**Lidon B., Lopez JM, Dejean C., Landemaine V., Desprats JF, Bozza JL Septembre 2017
- Rapport de suivi hydro-pluvio-sédimentologique - 2ème campagne de mesures
octobre 2016 – avril 2017 - Bassins versant de Mro Oua Bandrani, Mtsamboro et Salim
Be - Composante "Observatoire de l'érosion"**

Suite à la mise en place des seuils sur les bassins de Mtsamboro et Dzoumogné (saison 1), les travaux ont porté 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
Août 2017	Mise en place jardin avec technique AC-DRS (Mtsamboro)

Illustration 2 : Déroulé des actions mises en œuvre

Ce chapitre vise donc à :

- rappeler les caractéristiques des trois bassins de l'observatoire ;
- faire une synthèse des aménagements réalisés ;
- présenter les résultats de suivi sur Dzoumogné et Mtsamboro sur les deux saisons des pluies.

2.1. CARACTERISATION ET AMENAGEMENTS DES BASSINS VERSANTS DE L'OBSERVATOIRE

Les trois bassins versants ont été identifiés par l'équipe de projet, puis soumis au Comité de Pilotage qui les a validés (juin 2014 pour Mtsamboro et Dzoumogné, mars 2016 pour Salim Be). (*Illustration 3*)

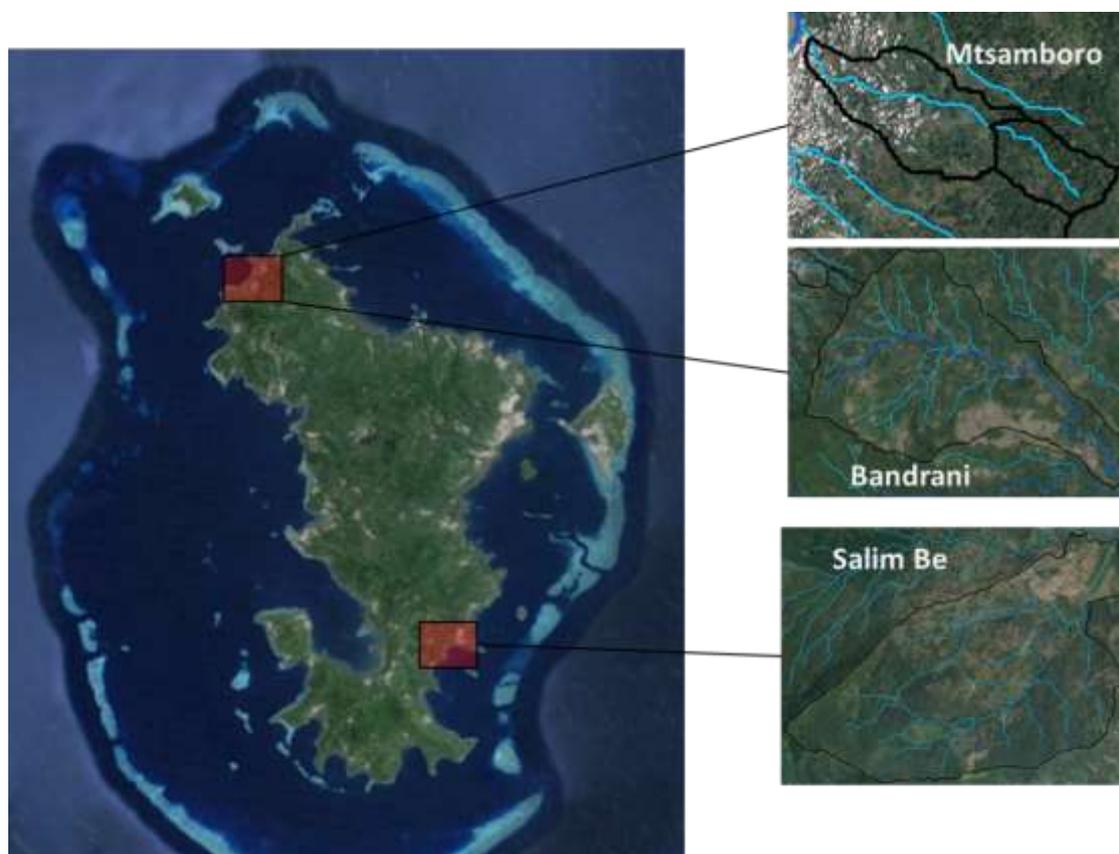


Illustration 3 : Localisation des bassins versants instrumentés dans le cadre du projet LESELAM

Les principales caractéristiques hydro-morphologiques des 3 bassins versants instrumentés sont récapitulées dans l'*Illustration 4* ci-dessous (reprise du rapport décembre 2016).

Principales caractéristiques du bassin versant	Mtsamboro	Dzoumogné (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 4 : Caractéristiques hydro-morphologiques des bassins versants au droit des exutoires (stations de mesures)

Le tableau suivant (*Illustration 5*) présente les principales occupations du sol au sein des 3 bassins versants.

Principaux espaces	Mtsamboro	Dzoumogné (Bandrani)	Salim Bé
- Espace artificiel (habitat, piste.)	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 5 : 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 (17.5ha), 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.

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 pérenne. En zone amont, les versants forestiers souffrent de déboisement 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.

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.

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 :

- les seuils de jaugeages à l'exutoire des bassins versants (Mtsamboro, Dzoumogné, Salim Be). (Descriptif en Annexe 1), avec un enregistrement en continu des hauteurs d'eau et des préleveurs automatiques d'échantillons lors des crues ;
- des stations météorologiques permettant un suivi météo (pluie-température-vent-humidité) en différents points (amont – aval) des bassins, afin de tenir compte de la variabilité spatiale ;
- un ensemble de parcelles d'érosion dénommées ruissellomètres, permettant de quantifier les transports liquides et solides à l'échelle de 100 m² en milieux forestier (1), agricole (8), (péri)urbain (1) et de padza (2). (Dispositif parcelle : Annexe 3) ;
- des simulations de pluie sur des placettes de 1m²
- le suivi du ruissellement sur talus (3).

Ces différents niveaux de mesures s'inscrivent dans l'étude du transfert multi-échelle, allant du mètre carré au bassin versant, en passant donc par le dispositif de parcelles 100m². Concernant la mesure du ruissellement et de l'érosion à l'échelle de la placette (m²), le choix a été fait de remplacer un suivi en continu par une campagne de simulation de pluie, permettant de définir les seuils de déclenchement du ruissellement et de l'érosion sur une vingtaine de zones.

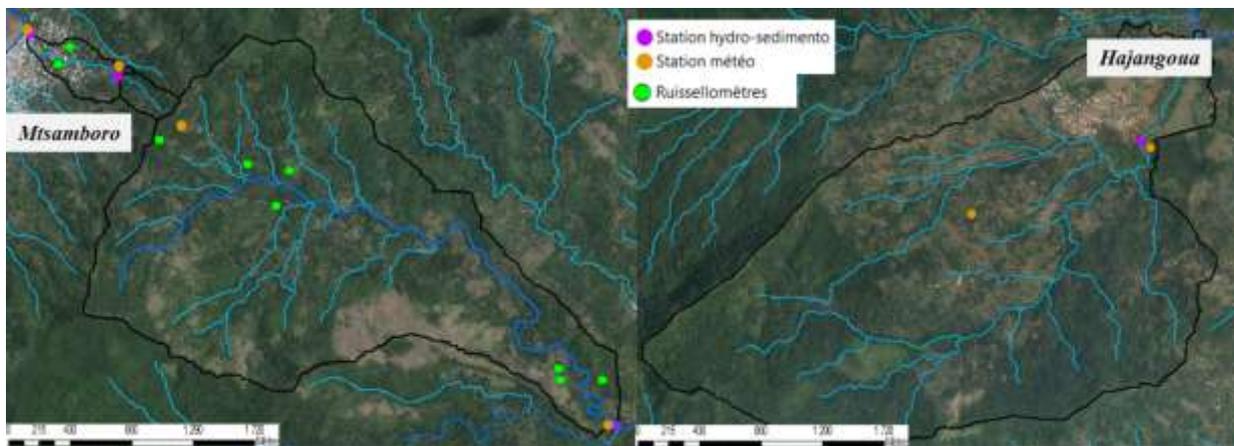


Illustration 6 : Localisation des stations hydro-sédimentologique et météorologiques

La localisation géographique des différents aménagements est reprise en Annexe 2.

2.3. ANALYSES DU SUIVI RUISSELLEMENT – EROSION : SAISONS DES PLUIES 2015-2016 ET 2016-2017

Deux saisons des pluies complètes ont pu être analysées lors du projet LESELAM.

Suite à la mise en place de l'instrumentation, on distingue plusieurs types d'actions sur le terrain :

- la récupération à pas de temps régulier des données enregistrées, avec changement des batteries, nettoyage du site, ...
- le passage deux fois par an du responsable matériel (Irstea / Cirad) pour la mise à niveau du matériel, sa calibration,
- le passage régulier d'un agent technique sur le site de Mtsamboro, pour la quantification des sédiments après chaque crue d'une part, et pour anticiper toute réactions du voisinage par rapports aux potentielles nuisances,

Le protocole de récupération des données défini en début de projet est rappelé dans le rapport d'activités 2015, puis 2016.

2.3.1. Méthodologie d'analyse du ruissellement 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 ;
- 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 (fréquence d'échantillonnage asservie aux débits) ;

- l'établissement de relations entre la concentration en matières en suspension (g/l) et les valeurs de turbidité (NTU) ;
- les quantités d'eau ruisselées.

Courbes de tarage

□ Courbe de tarage de la station hydro-sédimentaire de Dzoumougné

La courbe de tarage de la station hydro-sédimentaire de Dzoumougné établie en 2016 a dû être corrigée après la construction d'une rampe à poissons. Elle a été établie à partir de 11 jaugeages réalisés en Février et Mars 2017.

Les débits (Q m³/s) en fonction de la donnée sonde Y_s (m) sont estimés à partir de relations polynomiales:

$$Q = a_0 + a_1(Y_s - Y_0) + a_2(Y_s - Y_0)^2 + a_3(Y_s - Y_0)^3 + a_4(Y_s - Y_0)^4 + a_5(Y_s - Y_0)^5$$

Les paramètres de cette relation polynomiale en fonction de Y_s sont explicités dans le tableau ci-dessous :

Y _s	Y _s <= 0.13 m	0.13 m < Y _s <= 0.32 m	0.32 m < Y _s <= 0.53 m	Y _s > 0.53 m
Y ₀		0,13	0,32	0,53
a ₀	0	0,00	0,0383	0,5655
a ₁	0	0,0016	0,5161	3,6088
a ₂	0	0,5819	22,8668	6,7042
a ₃	0	-0,5680	-167,1957	-6,8756
a ₄	0	16,0013	770,0071	2,4437
a ₅	0	0,0000	-1318,9023	1,6409

Illustration 7 : Paramètres de la relation entre débits et hauteurs d'eau mesurés par la sonde (Dzoumougné)

□ Courbe de tarage de la station hydro-sédimentaire de Salimbé

La courbe de tarage de la station hydro-sédimentaire de Salimbé a été établie à partir de 9 jaugeages réalisés en Février et Mars 2017.

Les paramètres des relations permettant d'estimer les débits (Q m³/s) en fonction de la donnée sonde Y_s (m) sont illustrés ci-dessous :

$$\text{Si } Y_s \leq 0.2074 \text{ m} \quad Q = 11,18794 \cdot Y_s^{1,8251}$$

$$\text{Si } Y_s > 0.2074 \text{ m} \quad Q = 0.6905 + 22.706 \cdot (Y_s - 0.2074)^{1,2111}$$

□ Courbe de tarage de la station hydro-sédimentaire de Mtsamboro aval

La courbe de tarage de la station hydro-sédimentaire de Mtsamboro aval a été établie sur la base des lois de fonctionnement d'un déversoir prenant en compte ses spécificités, la vitesse d'approche de l'eau et la cote de l'eau en aval. Elle a été validée par 2 jaugeages en Avril 2017.

Les débits (Q m³/s) en fonction de la donnée sonde Y_s (m) sont estimés à partir d'une relation polynomiale pour Y_s>0,2 m

$$Q = a_1(Y_s - Y_0) + a_2(Y_s - Y_0)^2 + a_3(Y_s - Y_0)^3 + a_4(Y_s - Y_0)^4 + a_5(Y_s - Y_0)^5$$

Paramètres	Y ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
Valeur	0,2	0,47	-12,6	149,5	-444,2	424,5

Illustration 8 : Paramètres de la relation entre débits et hauteurs d'eau mesurés par la sonde (Mtsamboro aval)

□ **Courbe de tarage de la station hydro-sédimentaire de Mtsamboro amont**

La courbe de tarage de la station hydro-sédimentaire de Mtsamboro amont a été établie sur la base des lois de fonctionnement d'un déversoir prenant en compte ses spécificités et la vitesse d'approche de l'eau.

Les débits (Q m³/s) en fonction de la donnée sonde Y_s (m) sont estimés à partir de relations polynomiales :

$$Q = a_0 + a_1(Y_s - Y_0) + a_2(Y_s - Y_0)^2$$

Les paramètres de cette relation polynomiale en fonction de Y_s sont explicités dans le tableau ci-dessous :

Y _s	Y _s < 0.1 m	Y _s >= 0.1 m
Y ₀	0	0,1
a ₀	0	0,03
a ₁	0,114	0,788
a ₂	1,7	3,646

Illustration 9 : Paramètres de la relation entre débits et hauteurs d'eau mesurés par la sonde (Mtsamboro amont)

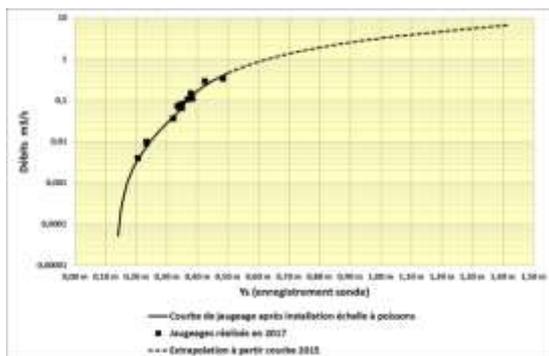


Illustration 10 : Courbe de tarage de la station de Dzoumounié

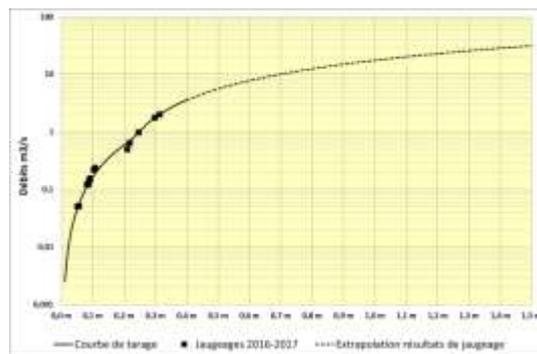


Illustration 11 : Courbe de tarage de la station de Salimbé

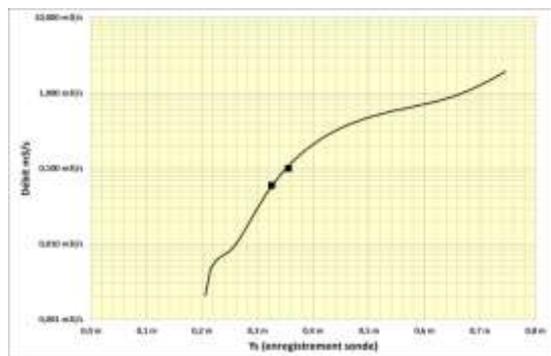


Illustration 12 : Courbe de tarage de la station de Mtsamboro Aval

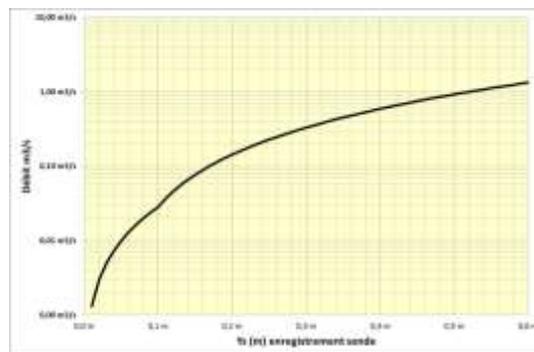


Illustration 13 : Courbe de tarage de la station de Mtsamboro Amont

Relations NTU - Turbidité

La conversion de chaque mesure de turbidité en concentration en m.e.s. est assurée par une relation de conversion, établie pour chacune des trois stations hydro-sédimentaires (Mtsamboro aval, Dzoumogné, Salim Be). L'établissement d'une relation repose sur le prélèvement d'échantillons d'eaux brutes, couvrant, dans l'idéal, l'ensemble de la variabilité hydrologique (étiage – crue). La concentration en m.e.s. de chaque échantillon est quantifiée à posteriori en laboratoire selon un protocole de filtration – pesée. Connaissant la date de prélèvement, la valeur de turbidité correspondante est associée. Le nombre d'associations réalisées pour les bassins de Mtsamboro aval et Dzoumogné est important, avec respectivement 31 et 34 associations (*Illustration 6*). Le nombre d'associations pour le bassin de Salim Be est faible, avec 9, et nécessitera à l'avenir d'être enrichi pour apprécier la variabilité de la relation NTU-m.e.s.

La relation de conversion m.e.s. – NTU est de type $m.e.s. = a \times NTU$ où a est calculé à partir des couples turbidité – concentration en m.e.s. observés. Une méthode d'échantillonnage aléatoire (Landemaine, 2016) a été appliquée pour déterminer un coefficient a médian (référence), ainsi que les coefficients a de quantile 2.5% et 97.5%, permettant d'englober l'incertitude autour du coefficient a médian. Les trois coefficients obtenus pour chacune des stations hydro-sédimentaires sont synthétisés dans le tableau suivant (*Illustration 6*) et les relations illustrées par station (*Illustration 7, 8 et 9*).

Station hydro-sédimentaire	Nombre de couples NTU – m.e.s. utilisés	Relation de conversion m.e.s. = $a \times NTU$		
		a (50%) - Référence	a (2.5%)	a (97.5%)
Mtsamboro aval	31	0.00144	0.00091	0.00208
Dzoumogné	34	0.00054	0.00039	0.00082
Salim Be	9	0.00126	0.00113	0.00133

Illustration 14 : Relations de calibration NTU – m.e.s. de chaque station-hydrosédimentaire détaillant les coefficients a (50%, 2.5% et 97.5%) et le nombres de couples utilisés par station

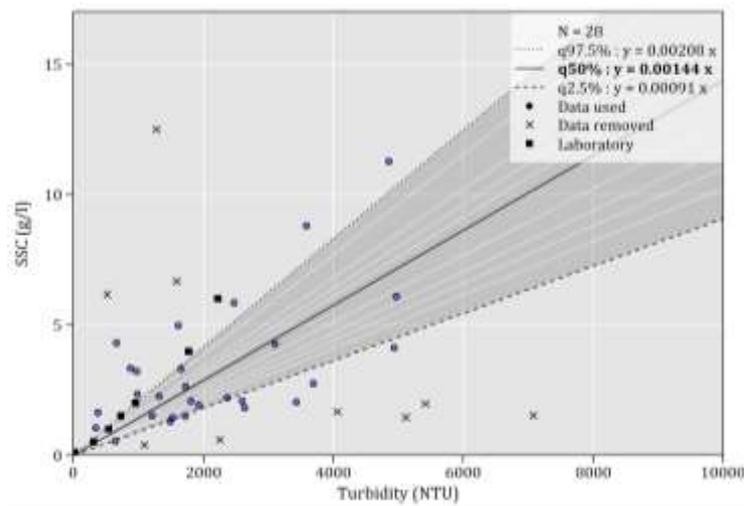


Illustration 15 : Relation de calibration NTU – m.e.s. de la sonde de turbidité installée à l'aval de du bassin de Mtsamboro. Le coefficient a de référence (50%) ainsi que les coefficients a (2.5%, 97.5%) sont détaillés.

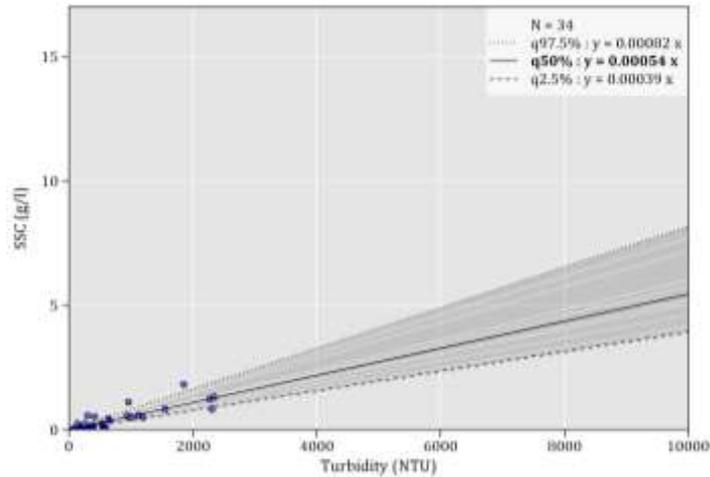


Illustration 16 : Relation de calibration NTU – m.e.s. de la sonde de turbidité installée à l’aval de du bassin de Dzoumogné. Le coefficient a de référence (50%) ainsi que les coefficients a (2.5%, 97.5%) sont détaillés.

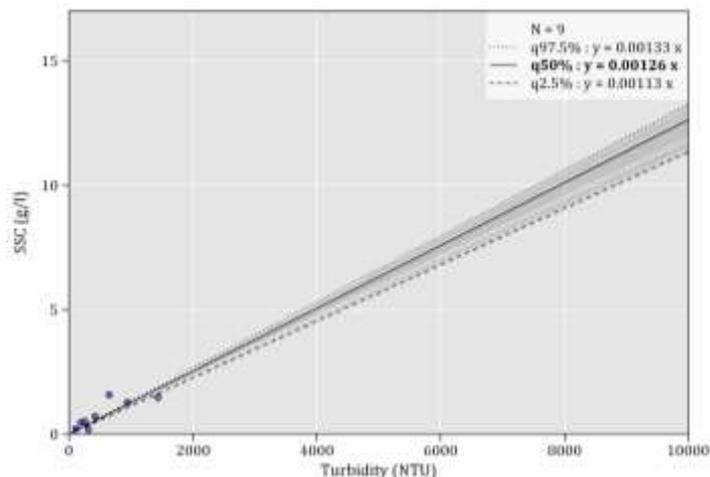


Illustration 17 : Relation de calibration NTU – m.e.s. de la sonde de turbidité installée à l’aval du bassin de Salim Be. Le coefficient a de référence (50%) ainsi que les coefficients a (2.5%, 97.5%) sont détaillés.

2.3.2. Analyses de la pluviométrie et autres facteurs climatiques

Cette étape a plusieurs objectifs : (1) d’apprécier la pluviométrie moyenne annuelle et mensuelle sur l’île de Mayotte, (2) replacer la pluviométrie des deux années de suivi par rapport à la variabilité interannuelle sur 2009 – 2017 et (3) détailler les caractéristiques des pluies intervenues durant ces deux années de suivi et leurs impacts sur la genèse du ruissellement.

Pluviométrie moyenne mensuelle

L’île de Mayotte est soumise à un climat de type tropical chaud, humide et maritime, caractérisé par des faibles variations de températures journalières et annuelles et des précipitations importantes (1430 mm par an en moyenne sur la période 1991 - 2016). Deux principales saisons caractérisent l’année. La première saison est chaude et pluvieuse, et s’étale de novembre à avril. Le cumul pluviométrique moyen mensuel varie de 101 mm en novembre à

315 mm en janvier (*Illustration 18*). Cette saison des pluies est suivie par une saison fraîche et sèche allant de mai à octobre. Les précipitations mensuelles varient de 13 mm en juillet à 60 mm en octobre.

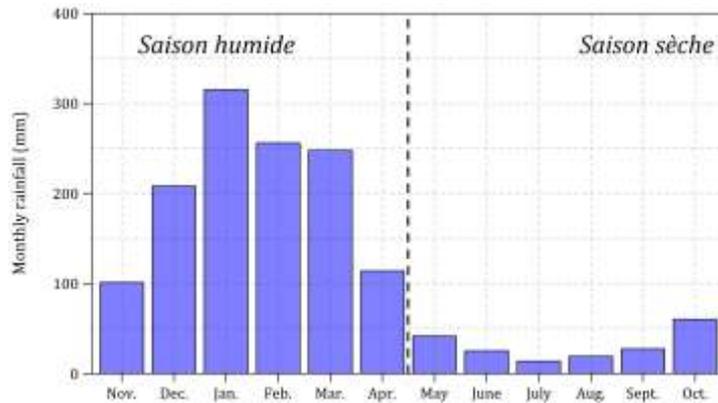


Illustration 18 : Pluviométrie moyenne mensuelle sur l'île de Mayotte calculée sur la période 1991 – 2016 (Données Météo-France).

Pluviométrie moyenne annuelle

Une importante disparité géographique du cumul pluviométrique moyen annuel est observée sur l'île de Mayotte (*Illustration 19*). En effet, malgré la petite taille de l'île, les pluies qui tombent dans le centre (1706 mm à Combani) sont bien plus importantes que celles qui affectent le Sud (1133 mm à Mzouazia).

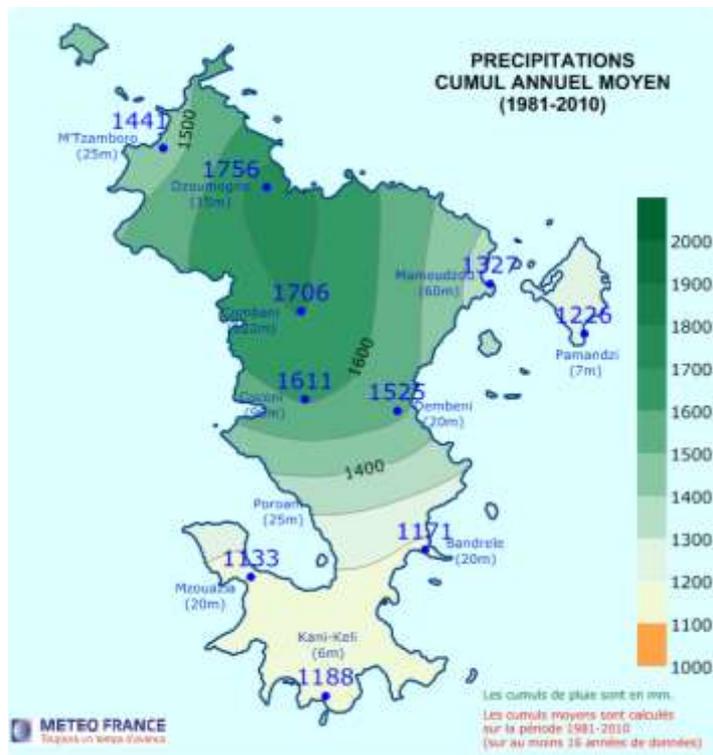


Illustration 19 : Cartographie du cumul moyen annuel de précipitation sur l'île de Mayotte (1981 – 2010) (Source : <http://www.meteofrance.yt>)

L'observation du cumul pluviométrique annuel entre 2009 et 2017 à Mtsamboro (Illustration 20) montre une faible variabilité interannuelle sur cette période, de l'ordre de 15% autour de la moyenne de 1441 mm (calculée sur la période 1981 – 2010, Illustration 20).

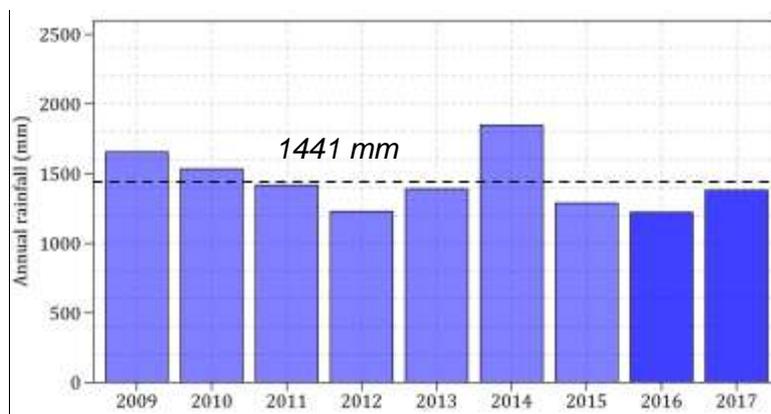


Illustration 20 : Cumul pluviométrique annuel sur la période 2008 – 2017 sur le bassin de Mtsamboro ; 2016 et 2017 correspondent aux années de suivi (Données : Météo France)

Concernant les deux années de suivi, la première année (Novembre 2015 – Octobre 2016) est particulièrement sèche (minimum sur la période 2009 – 2017), avec un cumul annuel de 1221 mm sur le bassin de Mtsamboro (-15% par rapport à la moyenne). La seconde année de suivi (Novembre 2016 – Octobre 2017) est presque dans la normale, avec un cumul de 1381 mm sur Mtsamboro (-4% par rapport à la moyenne).

Analyse des évènements sur les deux années de suivi

Une analyse à l'évènement de pluie a été conduite à partir des données pluviométriques acquises dans le cadre du projet. Un évènement pluviométrique a été défini comme une pluie tombant à une intensité minimale de 2.4 mm/h avec une interruption maximale d'une heure et dont le cumul pluviométrique total dépasse les 2 millimètres.

Au total, 79 évènements pluviométriques ont été recensés la première année de suivi et 89 évènements la seconde année (Illustration 21). Les 10 évènements supplémentaires sont observés dans la classe de cumul pluviométrique la plus faible [10 – 20 mm], avec 46 évènements la première année et 56 évènements la seconde année. Ces évènements représentent en moyenne 61.5% du nombre total des évènements. Cette proportion diminue avec l'augmentation du cumul pluviométrique : en moyenne, 22% pour les évènements avec un cumul de [10 – 20 mm], 12% pour les évènements avec un cumul de [20 – 50 mm] et 4.5% pour les évènements avec un cumul de [> 50 mm].

Au-delà du cumul pluviométrique, les évènements pluviométriques ont été analysés en détail dans le but d'identifier les possibles mécanismes à l'origine du ruissellement :

- l'intensité moyenne de chaque évènement pluviométrique. Les fortes intensités sont susceptibles de déclencher du ruissellement par dépassement de la capacité d'infiltration des sols ;
- la succession des évènements pluviométriques au cours du temps. Les évènements à fort cumul pluviométrique se déroulant dans un court laps de temps sont susceptibles de déclencher du ruissellement par saturation du sol.

Cumul pluviométrique de l'évènement	Année 1 (Novembre 2015 – Octobre 2016)	Année 2 (Novembre 2016 – Octobre 2017)
[2 – 10 mm]	46 (59%)	56 (64%)
[10 – 20 mm]	19 (24%)	18 (20%)
[20 – 50 mm]	9 (11%)	12 (13%)
[> 50 mm]	5 (6%)	3 (3%)
Total	79	89

Illustration 21 : Nombre d'évènements de pluie pour chaque année de suivi classés par classe de cumul pluviométrique. La proportion de chaque classe sur le nombre totale d'évènement est indiquée.

L'intensité moyenne de chaque évènement a été calculée et correspond au ratio entre le cumul pluviométrique et la durée effective de l'évènement (nombre pas de temps avec au minimum une intensité de 2.4 mm/h). Le cumul pluviométrique de chaque évènement a été agrégé par mois en détaillant en trois classes d'intensité moyenne : [0 – 10 mm/h], [10 – 30 mm/h] et [> 30 mm/h] (*Illustration 22*).

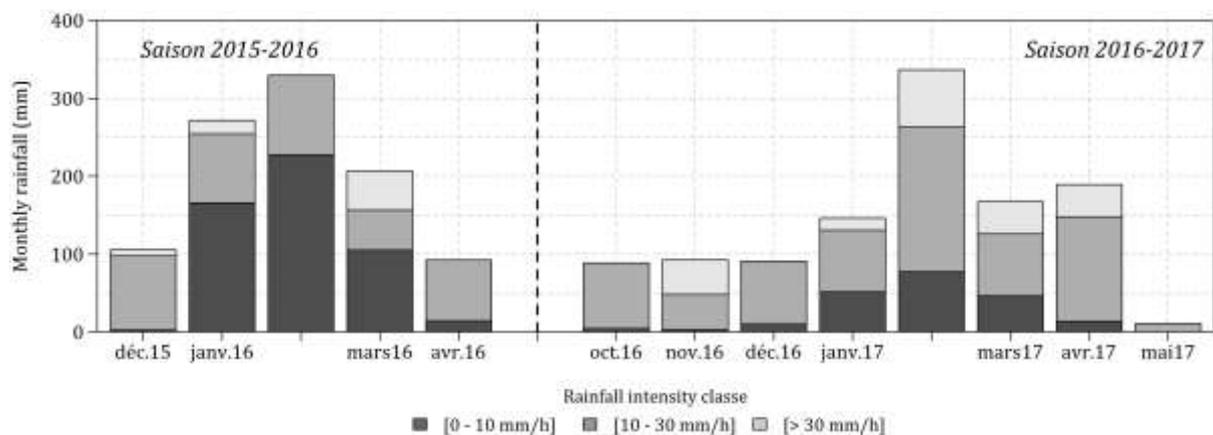


Illustration 22 : Cumul pluviométrique mensuel sur les deux années de suivi et classement des pluies selon leur intensité moyenne

Un contraste très marqué de l'intensité moyenne des pluies est observé entre la première et la deuxième année de suivi. La première année se caractérise majoritairement par des pluies de faible intensité, où 51% des pluies sont tombées avec une intensité de [0 – 10 mm/h]. Sur les deux mois les plus arrosés (janvier et février 2016), ce pourcentage augmente à 65%. A l'inverse, la seconde année de suivi se démarque par une forte intensité des pluies, où 81% des pluies sont tombées avec une intensité supérieure à 10 mm/h.

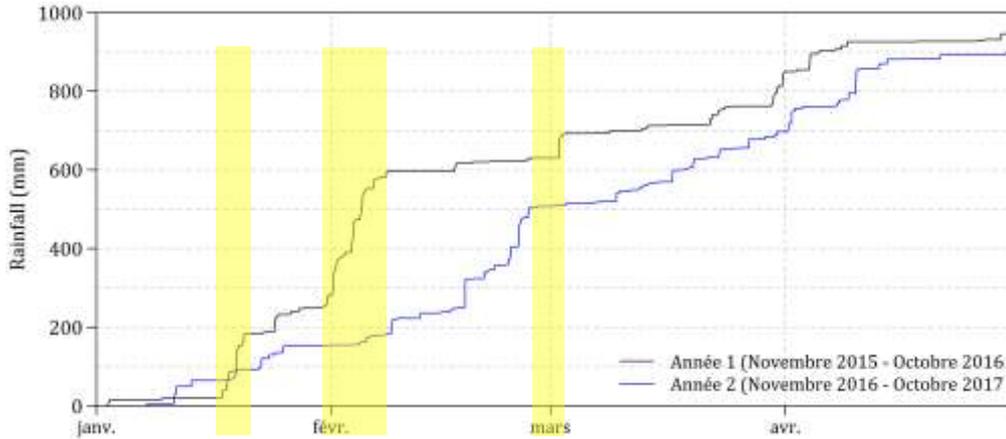


Illustration 23 : Cumul pluviométrique entre janvier et avril pour les deux années de suivi sur le bassin de Mtsamboro.

Malgré une faible intensité des pluies observées la première année de suivi, le cumul des pluies montrent deux périodes de courtes durées, où des événements à fort cumul pluviométrique sont intervenus (Illustration 23). La première se déroule entre le 17 janvier et le 24 janvier 2016 où 206 mm sont tombés en 7 jours ; la seconde entre le 31 janvier et le 8 février 2016 où 332 mm sont tombés en 9 jours. Ainsi, en l'espace de 22 jours, 1/3 des précipitations annuelles sont tombées. Concernant la seconde année de suivi, les pluies sont davantage intervenues de manière continue, hormis entre le 18 et le 26 février 2017, avec 248 mm de pluie.

Bilan

Le climat mahorais induit un régime de précipitations réparties selon une saison humide (Novembre – Avril) et une saison sèche (Mai – Octobre), avec un cumul moyen annuel de 1441 mm sur le bassin de Mtsamboro.

Par rapport à cette moyenne interannuelle, la première année de suivi est assez sèche avec un cumul de 1221mm. En réalité, entre la fin janvier et le début du mois de février, 1/3 des précipitations annuelles se sont abattus avec des intensités faibles à moyennes, engendrant potentiellement du ruissellement par saturation du sol.

La seconde année de suivi se situe presque dans la normale avec un cumul de 1381 mm. Les événements de pluies sont nettement plus réguliers, espacés dans le temps, et à forte intensité, provoquant potentiellement du ruissellement par dépassement de la capacité d'infiltration des sols.

Par la suite, l'analyse des chroniques de débits à l'exutoire du bassin de Mtsamboro permettra, d'une part, d'attester ou non de ces hypothèses de genèse du ruissellement entre les deux années de suivi, et d'autre part, d'étudier les phénomènes d'érosion des sols associés.

2.3.3. Evaluation du Ruissellement sur les 3 bassins versants

L'illustration 24 rappelle les spécificités des bassins versants instrumentés sur lesquels a été réalisé un suivi des écoulements de surface à leur exutoire au cours des saisons pluvieuses 2015-2016 et 2016-2017.

Bassin versant	Mro Oua Bandrani	Mtsamboro amont	Mtsamboro aval	Mro Salim Bé
Surface	343 ha	5.5 ha	17.5 ha (incluant Mtsamboro amont 5.5ha)	546.8 ha
Pente moyenne réseau primaire	5%	23%	23%	4,5%
Milieu (et particularités)	Agroforestier agricole (padza) Nombreux embâcles	Agricole et forestier en amont piste + chemin	Urbain et péri urbain habitat + route	Forêt / Agroforestier /padza (urbain en aval 3,2%) Nombreux embâcles

Illustration 24 : Principales spécificités des bassins versants dont les écoulements à l'exutoire ont été suivis au cours des saisons pluvieuses 2015-2016 et 2016-2017.

Volume des écoulements de surface aux exutoires des bassins versants au cours de la saison des pluies 2015-2016

Les résultats du suivi des écoulements au cours de la saison des pluies 2015-2016 sont détaillés par l'illustration 25.

Malgré un apport annuel pluviométrique inférieur à la moyenne interannuelle, le fait qu'un tiers des précipitations annuelles se soient concentrées entre fin Janvier et début Février a engendré plusieurs événements de fortes crues : pluies cumulées de 138 mm en 3 jours entre le 28/01 et le 30/01/2017 à l'origine d'un débit de pointe de l'ordre de 5,9 m³/s à Dzoumogné et 0.978 m³/s à Mtsamboro aval.

Ces événements ainsi que d'autres de moindre ampleur sont à l'origine de coefficients de ruissellement moyens (lame d'eau ruisselée vs pluviométrie) assez importants (22 %) pour ces 2 bassins versants.

Il y a tout lieu de penser que la part importante des zones imperméabilisées (2.9 ha) correspondant à la zone urbaine qu'inclut le bassin versant de Mtsamboro aval est à l'origine du fait que la valeur de son coefficient moyen de ruissellement est beaucoup plus élevée que celle de la zone amont (5,8%).

Bassin versant	Dzoumogné (Bandrani)	Mtsamboro amont	Mtsamboro aval
Pluie mm	1329 mm	1104,6 mm	1161 mm
Volume des écoulements	1 010 000 m ³	3 528 m ³	45 164 m ³
Coefficient de ruissellement	22 %	5.8%	22 %
Débit Min. Max	120 -5 880 l/s	0 - 640 l/s	0 - 976 l/s
m.e.s Min. - Max	2 – 1 822 mg/l	266 -3 283 mg/l	564 – 4 212 mg/l

Illustration 25 : Principales caractéristiques des écoulements observés au cours de la 1ère campagne de suivi (décembre 2016 - avril 2017) sur les bassins versants instrumentés.

Volume des écoulements de surface aux exutoires des bassins versants au cours de la saison des pluies 2016-2017

Les résultats du suivi des écoulements au cours de la saison des pluies 2016-2017 sont détaillés par l' *Illustration 26*. Ils incluent le site de Salim Bé équipé en Octobre 2016.

Bassin versant	Dzoumogné (Bandrani)	Mtsamboro amont	Mtsamboro aval	Salim Bé
Pluie mm	1 152 mm	1 043 mm	1 107 mm	1 382 mm
Volume des écoulements	264 250 m ³	790 m ³	15 225 m ³	1 558 142 m ³ *
Coefficient de ruissellement	6.7 %	1.37 %	7.8%	20.7%
Débit Min. Max	3 -1600 l/s	0 - 180 l/s	0 - 848 l/s	5 -19 782 l/s
m.e.s Min. - Max	2 – 1668 mg/l	-----	69 – 6659 mg/l	2 – 10 078 mg/l

* Novembre 2016 - Octobre 2017

Illustration 26 : Principales caractéristiques des écoulements observés au cours de la 2^{ème} campagne de suivi (décembre 2016 - avril 2017) sur les bassins versants instrumentés.

En comparaison à ceux enregistrés en 2015-2016, ces résultats montrent une très forte chute des coefficients de ruissellement. Les coefficients de ruissellement de Dzoumogné, Mtsamboro amont, Mtsamboro aval respectivement de 6.7%, 1.37% et 7,8% ne représentent que 31%, 29% et 36% de ceux enregistrés l'année précédente alors que le cumul pluviométrique n'est inférieur que de moins de 10%. La distribution régulière des épisodes pluvieux qui s'est traduite par une quasi absence de périodes de forte pluviosité est à l'origine de cette chute des volumes écoulés.

L' *Illustration 26* montre des conditions totalement différentes sur le bassin versant de Salim Bé où des périodes de forte pluviosité se sont enchaînées (101 mm entre le 31/1/16 au 2/02/17, 103mm entre le 4/2 6/2/17, 172 mm entre le 23 et le 26/2/17. Elles se sont traduites par des épisodes de crues dont le débit maximum atteint était de l'ordre de 20m³/s.

Ces différences de comportement hydrologique sont à replacer dans le cadre des régimes de pluie très différenciés entre le Nord et le sud qui ont caractérisés la saison des pluies 2016-2017.

2.3.4. Quantités de terrigènes mesurées aux exutoires des bassins versants

Quantités de terrigènes mesurées aux exutoires des bassins versants au cours de la saison des pluies 2015-2016

Les quantités globales de terrigènes (dépôts de sédiments et m.e.s) sont évaluées au niveau des stations hydro-sédimentaires des bassins versants de Dzoumogné et de Mtsamboro (amont et aval)

Les résultats du suivi des transports solide au cours de la saison des pluies 2015-2016 sont détaillés par l' *Illustration 27*.

Bassin versant		Dzoumogné (Bandrani)	Mtsamboro	Mtsamboro amont
Surface (ha)	(1)	343	17,5	5,5
Poids de sédiment (t)	(2)	6	7,1	2,3
Poids de mes (t)	(3)	108	86,5	3,7*
Poids de terrigène (t)	(3) = (1) + (2)	114	93,6	6
Poids de sédiment/ha (t/ha)	(5) = (2) ÷ (1)	0,017	0,406	0,418
Poids de mes/ha (t/ha)	(6) = (3) ÷ (1)	0,315	4,943	0,673
Poids de terrigène (t/ha)	(7) = (4) ÷ (1)	0,332	5,349	1,091
m.e.s ratio (%)	(8) = (3) ÷ (4)	95%	92%	62%

*estimé

Illustration 27 : Quantités de terrigènes (sédiments et m.e.s) mesurées aux exutoires des bassins versants au cours de la saison des pluies 2015-2016

L'illustration 27 montre que :

- 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 (Mtsamboro 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 tonne 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 Dzoumogné (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).

Le suivi montre que l'intensité des apports terrigènes est étroitement liée aux épisodes de crue. Près de 50% de matières en suspension ont pour origine la crue du 30/01/2016 dont le pic a atteint 5,8 m³/s.

Quantités de terrigènes mesurées aux exutoires des bassins versants au cours de la saison des pluies 2016-2017

Les résultats du suivi des transports solides au cours de la saison des pluies 2016-2017 sont détaillés par l'illustration 28. Il est à noter que, du fait d'un « décaissement » sauvage à une centaine de mètres en amont de la station hydro sédimentaire, les « mes » n'ont pu être suivies sur Mtsamboro amont ; la sonde de turbidité s'est retrouvée systématiquement obturée par de très forts apports solides provenant de ce décaissement.

Bassin versant		Dzoumogné (Bandrani)	Mtsamboro	Mtsamboro amont	Salimbé
Surface (ha)	(1)	343	17,5	5,5	534
Poids de sédiment (t)	(2)	0,8	25,2	9,2	-
Poids de m.e.s (t)	(3)	16,4	49,2	–	1237
Poids de terrigène (t)	(3) = (1) + (2)	17,2	74,4	–	-
Poids de sédiment/ha (t/ha)	(5) = (2) ÷ (1)	0,002	1,440	1,673	-
Poids de m.e.s/ha (t/ha)	(6) = (3) ÷ (1)	0,048	2,811	–	2,316
Poids de terrigène (T/ha)	(7) = (4) ÷ (1)	0,050	4,251	–	–
m.e.s ratio (%)	(8) = (3) ÷ (4)	95%	66%	–	–

Illustration 28 : Quantités de terrigènes (sédiments et m.e.s) mesurées aux exutoires des bassins versants au cours de la saison des pluies 2016-2017

Pour le bassin versant de Dzoumogné (Bandrani), les faibles écoulements se sont traduits par de faibles apports terrigènes de type « m.e.s » : 16,4 t mesurés à l'exutoire correspondant à moins de 50 Kg/ha. Les apports en sédiments ont eux aussi été très faibles 0,8 t mesurés à l'exutoire correspondants à 2 Kg/ha. Bien que les apports terrigènes (17.2 t) ne représentent que 15% des apports 2015-2016, le ratio « mes »/terrigène de 95% est malgré tout resté du même ordre de grandeur que celui de l'année précédente.

Pour le bassin versant de Mtsamboro aval, les faibles écoulements se sont traduits par des apports terrigènes de type « m.e.s. » beaucoup plus faibles qu'au cours de la saison 2015-2016: 49,2 t mesurés à l'exutoire soit 57% du poids mesuré l'année précédente. Les apports en sédiments ont par contre très nettement augmenté 25.2 t pour Mtsamboro aval et 9.2 t à Mtsamboro amont, soit 3,5 et 4 fois plus que l'année précédente. Malgré les faibles écoulements, le poids des apports terrigènes (74,4 t) n'a diminué que de 15% alors que le ratio « mes » /terrigène » a fortement varié passant de 95% à 66%. Il y a tout lieu de penser que cet accroissement des apports de sédiments résulte pour une large part du décaissement « sauvage » réalisé en tête de bassin.

Pour le bassin versant de Salim Bé qui a connu 3 épisodes de forte pluviosité au cours de la saison des pluies 2016-2017, les apports terrigènes de type « mes » ont été de 1237 tonnes. Ramené à l'hectare, 2,31 t/ha, ce chiffre assez élevé, sans doute en partie dû à une zone urbanisée en aval, est surtout expliqué par la période de très forte crue survenue entre le 23/2 et 26/2/17 qui, avec un débit maximum de 19,8 m³/s a engendré à elle seule 638 t de « m.e.s » soit 50% des apports totaux. Le poids total de terrigène est certainement supérieur compte tenu des embâcles qui ont cédés et ont été charriés lors de cette crue.

2.3.5. Ruissellement et érosion mesurés sur les parcelles 100m² et talus

Les ruissellomètres ont été installés sur des pentes propices à l'érosion hydrique de type concentré i.e. sur des pentes élevées ($p > 15\%$) à très élevées ($p > 50\%$). Les zones forestières, agricoles, (péri)urbaines et de padza ont été équipées afin de prendre en compte les principales couvertures végétales du sol. Les mesures réalisées au niveau des ruissellomètres sont :

- les états de surface du sol juste après l'installation des équipements (1ère quinzaine de novembre 2016) et en fin de saison des pluies (1ère quinzaine de mai 2017). Les états de surface sont caractérisés vis-à-vis de leur sensibilité à l'érosion (Roose, 1984 - Casenave &

Valentin, 1989) et ce, via la présence ou pas de terre fine (grumeleuse), de litière et/ou de paillis de surface (résidus de cultures), de couverture végétale vivante (plantes cultivées ou adventices), de terre tassée et/ou compactée voire totalement fermée (roche) et, enfin, de croûtes et/ou de rigoles.

- des analyses physiques et chimiques effectuées par laboratoire des sols et des plantes (US 49) du CIRAD-Montpellier sur des échantillons prélevés dans les cuves.
- les volumes d'eau ruisselés dans la cuve mesurés et enregistrés par la sonde de niveau d'eau toutes les 5 minutes. L'agent local en charge du suivi note à chaque passage, le volume d'eau dans la cuve avec si nécessaire, des prises d'échantillons de m.e.s (2 à 3 échantillons) et pour des grosses quantités de terre accumulées dans la cuve (cas des ruissellomètres sur padza), des comptages au seau et des pesées (poids humides) *in situ* avec prises d'échantillons de terre pour en déterminer leurs humidités en laboratoire et connaître le poids de matière sèche sont réalisés. Après chaque opération de suivi, la cuve est ainsi vidée et nettoyée.

L'illustration 29 présente les coefficients de ruissellement de surface (Cr) et les taux d'érosion (E) par type de parcellaire, pour la saison de pluie allant de novembre 2016 à avril 2017. Le coefficient de ruissellement représente donc le rapport entre la somme des volumes d'eau ruisselés et la somme des volumes d'eau précipités sur la surface des ruissellomètres. De même, le taux d'érosion constitue la somme des quantités de sédiments et de m.e.s collectées sur l'ensemble de la saison d'enregistrement, et ramenée à l'hectare.

Type de parcellaire	Ruissellement		Erosion	
	Cr (%)	Niveau	E (T/ha/an)	Niveau
Forestier	< 0,3	Très faible	< 0,05	Très faible
Agricole cultivé	< 1,0	Très faible	0,1 - 0,5	Très faible
(Péri)Urbain cultivé	< 3,0	Faible	3,7	Moyen
Padza dénudé	8,0 - 15,0	Fort	15,0 – 20,0	Fort

Illustration 29 : Ruissellement de surface et érosion des sols sur ruissellomètres à l'échelle de la saison des pluies d'enregistrement des données (nov. 2016 - avr.2017)

On observe une parfaite cohérence sur la gradation des niveaux d'érosion, très faibles en forêt (Cr < 0,3% et E < 0,01 t/ha), faibles sur les zones agricoles (Cr < 1,0% et E < 0,5 t/ha), élevés concernant l'érosion en jardin péri-urbain (Cr = 3,5% E entre 3,0 et 4,0 t/ha) et enfin très élevés sur les padza (Cr entre 8,0 et 15%, E entre 15 et 20 t/ha).

Une disparité marquée des résultats enregistrés à l'échelle des averses apparaît notamment pour les événements intenses. Ce constat est particulièrement marqué pour les ruissellomètres installés sur padza et sur le jardin cultivé.

Une analyse statistique a été menée (JM Lopez et al, Rapport Cirad sur la seconde campagne de mesures octobre 2016 – avril 2017) afin de déterminer parmi les paramètres déterminants du ruissellement et de l'érosion. L'état de surface du sol (et son évolution au cours de la saison des pluies) apparaît comme facteur déterminant du ruissellement et de l'érosion ; ce facteur est fortement lié à la présence d'une couverture végétale vivante ou morte à la surface du sol.

Concernant les parcelles (péri)urbaine cultivée et de padza, une dégradation marquée des états de surface est observée lors de la saison des pluies. En zone urbaine, la dégradation est principalement due aux passages répétés, notamment pour récolter de façon fréquente le manioc ou les bananes en raison de la proximité de la parcelle et de l'habitat. Sur parcelle de padza dénudé, les états de surface étaient déjà dégradés en début de saison des pluies avec notamment la présence de (petites) rigoles et de roches indurées affleurantes (près de 50 % de la surface)

Type de parcellaire	Pluies ruisselantes		Ruissellement
	H (mm)	I _{30'} (mm/h)	Cr (%)
Forestier			
• Max	77,0	46,2	0,2
• Min	34,0	12,2	0,1
Agricole cultivé ⁽¹⁾			
• Max	77,0	46,2	2,1
• Min	19,8	10,4	0,1
(Péri)Urbain cultivé			
• Max	73,6	46,2	14,2
• Min	31,4	14,8	0,4
Padza dénudé ⁽²⁾			
• Max	42,0	23,8	31,6
• Min	8,6	8,0	0,6

(1) : Sur l'ensemble des 8 parcelles cultivées situées en zone agricole du BV de Dzoumogné

(2) : Moyennes des 2 ruissellomètres de padza installés en zone aval du BV de Dzoumogné

Illustration 30 : Ruissellement de surface et érosion des sols pour les pluies ruisselantes enregistrées entre novembre 2016 et avril 2017

2.3.6. Comportement des sols en fonction de l'intensité des pluies : résultats des simulations de pluie

La campagne de simulations de pluies menée en novembre 2017 visait à :

- étudier les seuils de déclenchement du ruissellement et de l'érosion sur les principales formations pédo-paysagères des bassins versants de Dzoumogné et Mtsamboro. Cette donnée est requise pour le calage du modèle d'écoulement et de transfert sédimentaire Watersed.
- comprendre les mécanismes de transfert d'échelle de la placette d'1m² à la parcelle Wischmeier, et enfin au bassin versant.



Illustration 31 : Simulations de pluie - le dispositif



Illustration 32 : Simulations de pluie - placette m²

21 placettes disposées sur 11 sites ont fait l'objet d'une simulation de pluie, selon un protocole de base défini par l'IRD et adapté au contexte de Mayotte. Ces 21 placettes correspondent à des occupations du sol et des sols représentatifs des deux bassins versants.

La campagne de simulations de pluie a bénéficié de l'appui logistique et technique du LISAH Montpellier.

Le protocole suivi est le suivant :

- Calage des intensités en début de manip
- Pluie d'imbibition de 40 mm/h pendant 45mn
- Pluie de forte intensité (90mm/h) pendant 20mn
- Pluie de très forte intensité (120mm/h) pendant 10mn
- Vérification des intensités en fin de manip
- Prise d'échantillons de sol en début de manip, puis entre chaque intensité (mesure des humidités en labo)
- Mesure du ruissellement par récupération de l'eau à l'exutoire de la placette
- Prise d'échantillons pour analyse en labo (m.e.s.)

Ce protocole a été adapté en fonction des situations. Par exemple, une dernière intensité de 160mm/h pendant 10mn a été lancée sur les sols agricoles qui n'avaient pas du tout ruisselé.

	Latitude	Longitude	Occupation du sol	Pédo	Pente - Placette n°1	Pente - Placette n°2
P1	-12,7147	45,0995	Manioc	Dépôt de pente fin	20,0%	22,0%
P2	-12,7150	45,0984	Légumes	Alluvions	4,2%	3,5%
P3	-12,7147	45,0977	Padza	Transition entre la roche cohérente et la roche meuble	8,2%	12,8%
P4	-12,7055	45,0826	Bananes	Dépôts alluvionnaires limoneux	2,5%	4,5%
P5	-12,7022	45,0765	Foret	Dépôts de pente fins	25,0%	25,0%
P6	-12,7030	45,0758	Route	Piste forestière	9,0%	
P7	-12,7053	45,0806	Jachère	Dépôts de pente fins	13,0%	13,0%
P8	-12,7030	45,0681	Remblai crèche	Remblais	2,4%	7,4%
P9	-12,6986	45,0740	Manioc	Dépôt de pente à blocs	16,0%	16,0%
P10	-12,7038	45,0834	Canne - Banane	Dépôts alluvionnaires limoneux	14,8%	20,0%
P11	-12,7040	45,0757	Herbage - Ylangs	Dépôts de pente fins	20,0%	20,0%

Illustration 33 : Localisation et caractéristiques des 21 placettes (11 sites)

Les résultats de la campagne de simulation de pluie seront analysés en 2018, en particulier en ce qui concerne l'érosion.

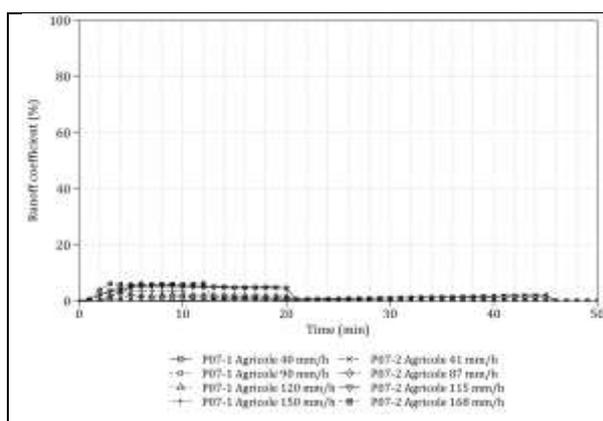


Illustration 34 : Ruissellement sur parcelle agricole

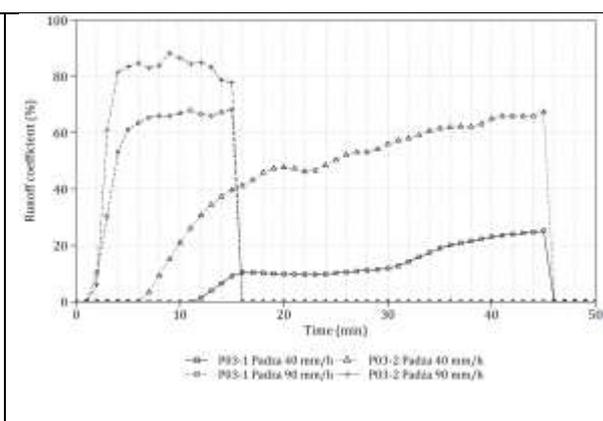


Illustration 35 : Ruissellement sur parcelle padza

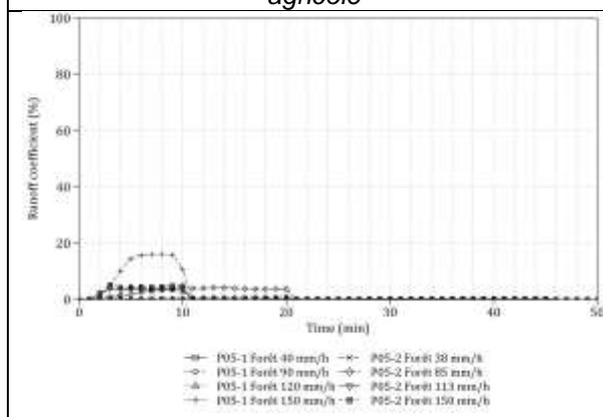


Illustration 36 : Ruissellement sur forêt

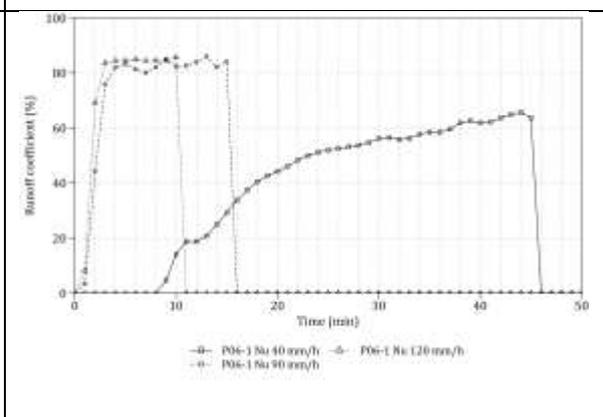


Illustration 37 : Ruissellement sur sol nu (piste)

Une première lecture des résultats relatifs au ruissellement montre :

- une cohérence dans la progression des coefficients de ruissellements : les coefficients de ruissellement les plus forts sont observés sur les pistes - *Illustration 37*- (60 à 80%), sur remblais (40 à 90%), et sur padza -*Illustration 35* - (jusqu'à 80%). Les écoulements sont très chargés en sédiments sur ces trois types d'occupation du sol,
- en zone agricole cultivée, le ruissellement est faible à nul (*Illustration 34*). Du ruissellement de surface est observé uniquement pour les intensités les plus extrêmes,
- enfin, sur forêt et sur prairie, le ruissellement est nul pour les intensités faibles, et atteint 10 à 15% pour des intensités extrêmes.

L'analyse des données sera poursuivie en 2018 avec la quantification des m.e.s. en laboratoire.

2.3.7. Evaluation des volumes de terre au sein du BV de Mtsamboro susceptibles d'être mobilisés au cours de prochains épisodes pluvieux

L'analyse des volumes mobilisés a été menée suite aux observations en zone urbaine à Mtsamboro. (Rapport d'avancement 2016). En résumé, cette approche basée sur des observations de terrains, évalue à plus de 55 m³ (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.

Cette approche est complétée par une analyse cartographique. 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. Le « stock » de sédiments mobilisable serait de l'ordre de 10 000 m³ 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 m³ (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. Une cartographie de la probabilité des glissements est ainsi produite à l'échelle du bassin versant

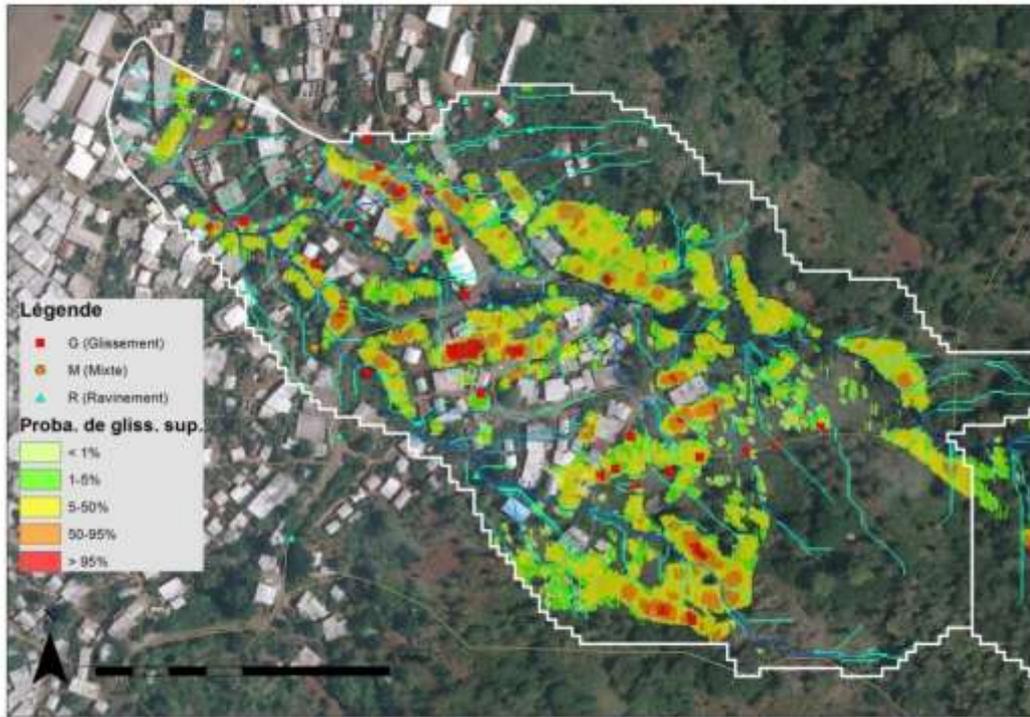


Illustration 38 : Carte de probabilité de glissement superficiel et report des désordres

2.4. CONCLUSION – BILAN RUISSELLEMENT EROSION

L'intérêt de la démarche multi sites (4 bassins versants, dont 2 emboîtés) aux caractéristiques morpho-métriques, de sols, d'occupation et d'anthropisation différenciés) et multi échelles (parcelle, genèse de l'érosion à l'échelle du mètre carré/simulateur de pluie) a été (i) de quantifier les apports terrigènes au cours des saisons des pluies 2015-2016 et 2016-2017, (ii) d'évaluer les limites de cette première quantification, (iii) de mieux cerner la part de l'agriculture dans la genèse de l'érosion et (iv) d'émettre des hypothèses quant à la contribution des éléments du paysage et des aménagements anthropiques.

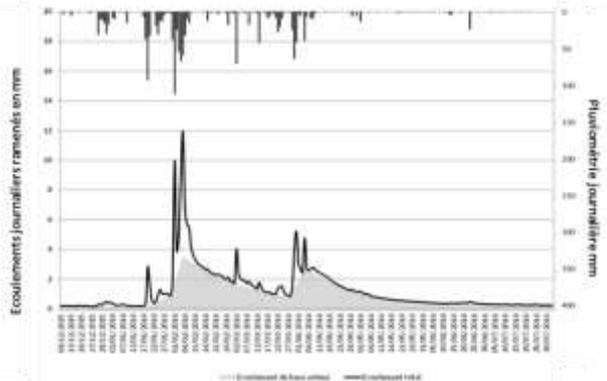
Comparaison des apports terrigènes au cours des 2 campagnes de suivi

Du fait de la proximité des bassins versants de Dzoumogné et Mtsamboro induisant des conditions pluviométriques peu différentes, le suivi hydro-sédimentaire montre que sur le bassin versant de Mtsamboro partiellement urbanisé notamment dans sa partie aval, les volumes érodés ramenés à l'hectare sont incontestablement plus élevés que sur le bassin versant de Dzoumogné (*Illustration 39*) essentiellement agro forestier (rapport de plus de 1/50).

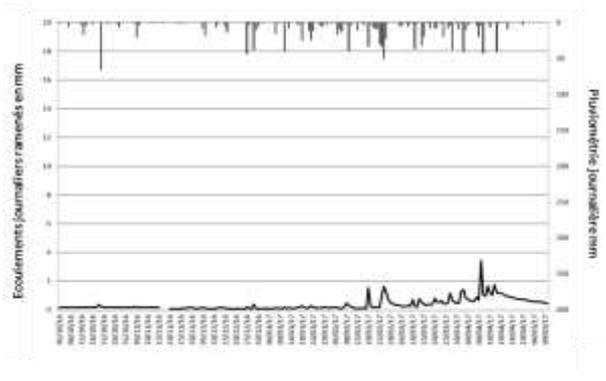
Bassin versant	Dzoumogné (Bandrani)			Mtsamboro		
Surface (ha)	343			17,5		
Période	2015-2016	2016-2017	Différence	2015-2016	2016-2017	Différence
Pluie mm	1329	1152	-13%	1160	1107	-5%
Coefficient de ruissellement	0,22	0,067	-70%	0,22	0,078	-65%
Poids de sédiment/ha (T/ha)	0,017	0,002	-88%	0,406	1,44	255%
Poids de mes/ha (T/ha)	0,315	0,048	-85%	4,943	2,811	-43%
Poids de terrigène (T/ha)	0,332	0,05	-85%	5,349	4,251	-21%
m.e.s ratio (%)	0,95	0,95	0%	0,92	0,66	-28%

Illustration 39 : Evolution comparée des apports hydro-sédimentaires sur les bassins versants de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro au cours des saisons des pluies 2015-2016 et 2016-2017

Ces résultats montrent que les ruissellements en période de montée des eaux (en termes de volume et de débit de pointe) dépendent de l'état d'humidité du sol avant la pluie (indice d'antériorité des pluies) et de la hauteur et de l'intensité de la pluie. Pour ces bassins versants, la faiblesse des crues en 2016-2017 explique la diminution des apports de matières en suspension en comparaison à ceux enregistrés l'année précédente (2015-2016).

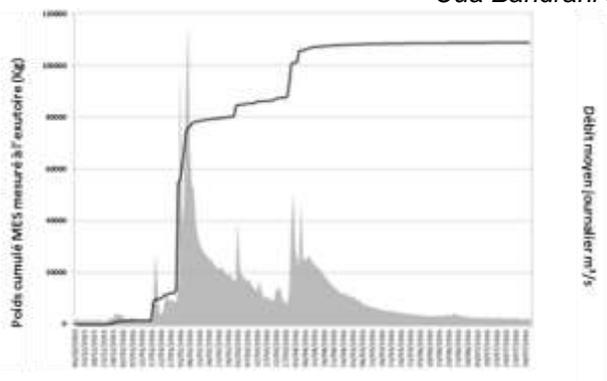


Saison des pluies 2015-2016

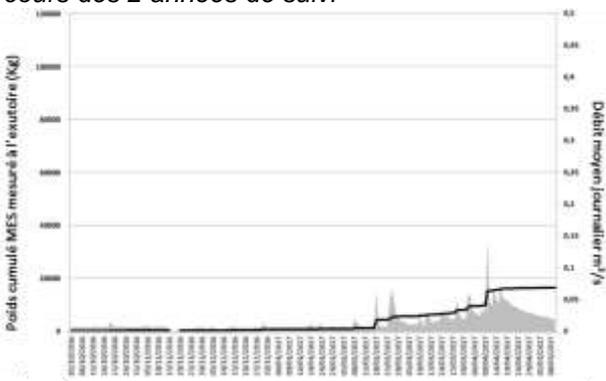


Saison des pluies 2016-2017

Illustration 40 : Comparaison des écoulements journaliers mesurés à l'exutoire du bassin versant de Mro Oua Bandrani au cours de 2 années de suivi



Saison des pluies 2015-2016



Saison des pluies 2016-2017

Illustration 41 : Comparaison du cumul du poids de mes mesurés à l'exutoire du bassin versant de Mro Oua Bandrani au cours des 2 années de suivi

Ce phénomène est très bien mis en évidence dans le cas du bassin versant de Dzoumogné (Bandrani) par l'illustration 40 et l'illustration 41 qui montrent l'évolution des débits et des *m.e.s.* au cours des 2 années de suivi. A contrario, dans le cas du bassin versant de Mtsamboro, l'augmentation des sédiments charriés met en évidence l'impact sur l'envasement du lagon d'un décaissement réalisé sans respect des normes de protection de l'environnement ; poids de sédiments charriés multiplié par 2.5 alors que du fait des conditions pluviométriques il aurait dû être en diminution.

Nécessité de conforter ces résultats dans le cadre la phase 2 du projet Leselam

Comme l'a montré l'analyse des résultats ci-dessus, l'érosion est étroitement dépendante de la hauteur, l'intensité et de la distribution des pluies. Les apports importants de « mes » enregistrés sur le bassin versant de Salim Bé en 2016 – 2017 illustre ce phénomène dont l'occupation des sols est essentiellement agroforestier. Si on considère les volumes de terre potentiellement mobilisables sur le bassin de Mtsamboro, les apports terrigènes actuellement mesurés ne peuvent être considérés qu'à titre indicatif. Ils amènent en particulier à s'interroger sur l'importance des phénomènes d'érosion en période d'évènement extrême. Ce constat montre la nécessité de poursuivre le suivi de ces bassins versants de référence au cours de la phase 2 du projet Leselam.

Contribution des activités agricoles à l'érosion

Les résultats du suivi des ruissellomètres tendent à montrer que la contribution des zones cultivées est très modérée, ne devenant significative que sur les parcelles en milieu urbain et sur padza (confirmation des résultats antérieurs).

Le suivi des états de surface montrent un lien très fort entre rugosité, taux de couverture végétale du sol et les taux de ruissellement et d'érosion (*Illustration 42*). Il montre en particulier le rôle que jouent les zones indurées et les rigoles sur respectivement l'apparition du ruissellement et d'érosion concentrée particulièrement en zone de pente.

Ces premiers résultats confirment la nécessité d'utiliser des pratiques agricoles privilégiant des taux de couverture du sol important et une importante rugosité du sol (i.e culture de couverture, mulch-paillis, travail du sol minimum) pour prévenir l'érosion des sols. A contrario, ils n'expliquent pas les forts taux de ruissellement constatés sur le bassin versant de Dzoumogné (Bandrani) au cours des saisons des pluies 2015-2016.

Contribution des éléments du paysage et des aménagements anthropiques aux phénomènes d'érosion

Type de parcelle	Coefficient de ruissellement	Erosion t/ha	Etats de surface						
			Terre grumeleuse	Couvert végétal vivant	Paillis	Rigole	Terre tassée - compactée	Roche	
Forestier (n=1)	< 0,3 %	< 0,05 t/ha	0%	49%	52%	0%	0%	0%	0%
Agricole cultivé (n=8)	< 1,0 %	0,1 - 0,5 t/a	51%	36%	5%	0%	8%	0%	
Agricole urbain (=1)	< 3,0 %	3,7 t/a	14%	6%	33%	16%	29%	1%	
Padza (n=2)	8 - 15 %	15 - 20 t/ha	12%	3%	0%	39%	34%	11%	

Illustration 42 : Relation qualitative entre rugosité (sols graveleux,paillis), taux de couverture végétale du sol (couvert vegetal vivant, paillis) et les taux de ruissellement et d'érosion

La campagne de simulation de pluies a mis en évidence que pour des intensités de pluie proches d'évènement cycloniques, les sols conservent une capacité d'infiltration permettant de limiter le ruissellement sauf sur padza, sols remaniés, pistes et quelques parcelles cultivées au sol peu profond (*Illustration 42*).

Ce constat permet d'avancer une hypothèse explicative au fait que le taux de ruissellement important (22%) mesuré sur le bassin versant de Dzoumogné (Bandrani) au cours des saisons des pluies 2015-2016 est supérieur à ce que les résultats du suivi des parcelles de ruissellement et les simulations de pluie laissent présager.

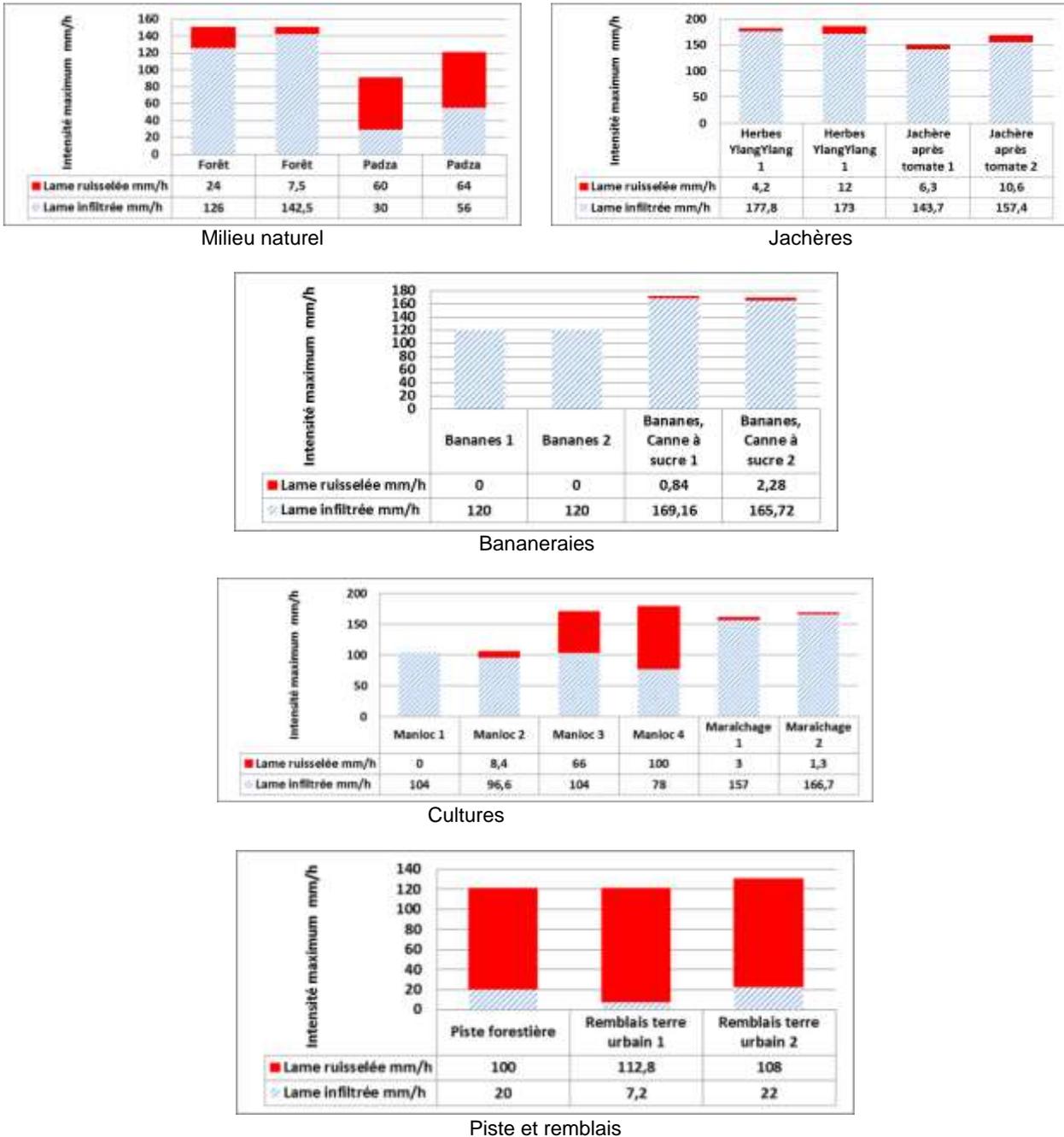


Illustration 43 : Ruissellement évalué par simulation de pluie (1m²) pour des intensités supérieures à 100 mm/h en fonction des différents types de milieu

Du fait de la forte perméabilité des sols, de forts flux d'eau sont amenés à traverser l'horizon de surface. Du fait d'horizons indurés et/ou moins perméables en profondeur, ces flux ont tendance à être drainés par gravité vers les chemins d'eau qui se sont développés dans le paysage à l'endroit de ruptures de pente naturels ou qui ont été créés artificiellement (i.e fonds de talweg, pistes...). L'illustration 44 schématise ce fonctionnement. En se concentrant dans ces chemins d'eau et en gagnant en énergie du fait du relief, ces flux sont à même de produire en cas de fortes pluies une seconde source d'érosion (érosion le long des fossés et des ravines) qui s'ajoute à l'érosion de surface.

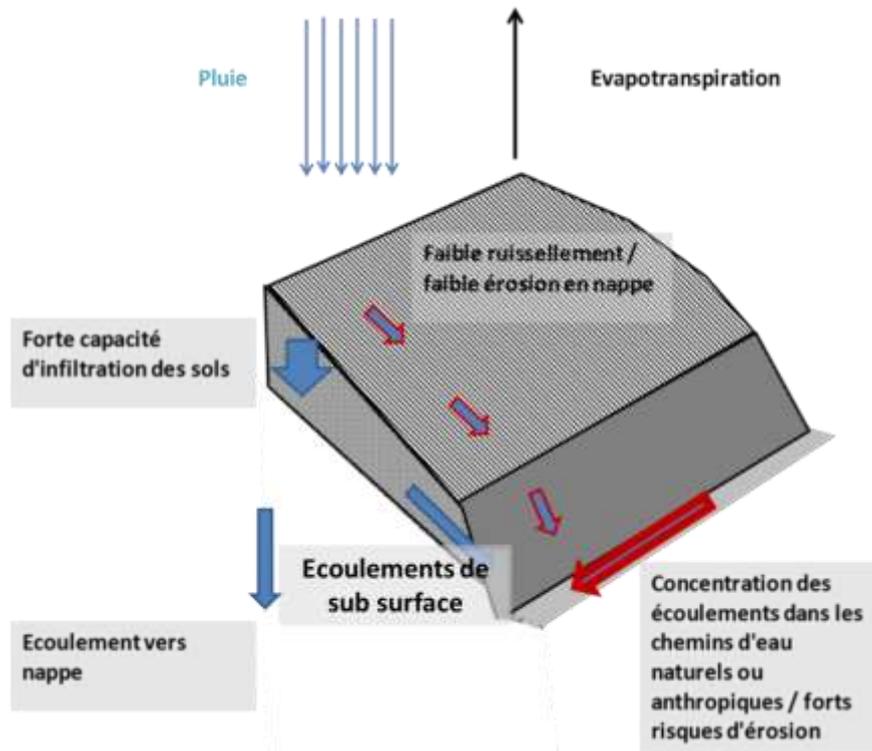


Illustration 44 : Schématisation des flux d'eau et de la genèse de l'érosion dans une toposéquence naturelle dont les sols n'ont pas été endommagés.

Cette hypothèse de fonctionnement montre, que si la préservation des sols naturels et agricoles tout comme la réalisation de travaux de terrassement limitant les risques d'érosion sont des conditions nécessaires, elles ne sont pas suffisantes pour limiter l'érosion. Il est conjointement indispensable d'aménager les chemins d'eaux en aval des parcelles agricoles, surtout au niveau des ruptures de pentes.

3. Démonstrateur de lutte contre l'érosion (Tâche 3)

La mise en place de techniques de remédiation constitue l'un des objectifs du projet LESELAM, afin de démontrer par l'exemple.

Les parcelles aménagées doivent en effet servir :

- de support de communication dans le cadre d'atelier au champ,
- à dresser une évaluation de l'impact positif des mesures conservatoires sur la limitation de l'érosion, avec le suivi des parcelles Wishmeir en zone agricole et sur padza (Dzoumogné), ainsi que sur les talus (Zones de Dembeni).

Les résultats comparatifs peuvent être présentés sur les seules zones agricoles (mises en place en mars 2017) et sur les talus (mise en place à l'automne 2016).

3.1. PREMIERES ANALYSES DE L'IMPACT DES MESURES CONSERVATOIRES EN ZONE AGRICOLE

En zone agricole, les ruissellomètres sont appariés avec, d'une part, une parcelle "témoin" sur laquelle se trouve le système de culture conventionnel tel que pratiqué habituellement par l'agriculteur (association banane-manioc dans la très grande majorité des situations) et, d'autre part, une parcelle "améliorée" sur laquelle, en plus du système conventionnel, une technique de conservation du sol a été appliquée telle que la couverture vivante du sol (niébé) ou morte (paillis) ou encore les bandes végétalisées (d'ananas) perpendiculaires à la pente et espacées de 6 à 8 m suivant l'importance de celle-ci.

N°	Bassin	Milieu	Pente	Superficie	Couverture	Techniques d'AC
Parcelle	versant		(%)	(m ²)	végétal	initiées en 2017
P1	Mts ⁽¹⁾ aval	Urbain	59	86	Banane / Manioc	-
P2a	Bni ⁽²⁾ aval	Padza	56	104	Sol nu	-
P2b	"	"	56	31	Sol nu	-
P3a	"	Agricole	34	95	Banane / Manioc	-
P3b	"	"	34	95	Banane / Manioc	Bandes végétalisées ⁽³⁾
P4	Bni amont	Forestier	15	95	Acacia	-
P5a	"	Agricole	26	97	Banane / Manioc	-
P5b	"	"	26	97	Banane / Manioc	Couverture vivante ⁽⁴⁾
P6a	"	Agricole	22	98	Manioc / Tarot	-
P6b	"	"	22	98	Manioc / Tarot	Paillis ⁽⁵⁾
P7a	"	Agricole	26	97	Banane / Manioc	-
P7b	"	"	26	97	Banane / Manioc	Bandes végétalisées ⁽³⁾

Illustration 45 : Localisation, pente, occupation du sol et superficie (corrigée) des ruissellomètres installés en 2015-2016 sur les bassins versant de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro

(1) : Mtsamboro // (2) Bandrani // (3) : Lignes d'ananas (0,40m entre plant et 6-8m entre lignes)
(4) : Niébé (0,30 x 0,30m) // (5) : Résidus divers de culture (1,5 - 2,0 T MS/ha)

Les techniques de conservation du sol ont été choisies par les agriculteurs au cours de réunions tenues au champ en fin 2016. Ce comparatif est basé sur le suivi de parcelles contiguës, celle de gauche (vue depuis le bas) étant cultivée de façon traditionnelle, alors que celle de droite a fait l'objet de technique de remédiations, qu'elles soient agricoles chez 4 agriculteurs, ou appuyées sur la connaissance d'experts. Sur les parcelles agricoles mises en place récemment (mars 2017), l'absence d'évènements pluviométriques intenses entre mars et mai ne permettent pas de démontrer un impact significatif des techniques AC.



Illustration 46 : Ruissellomètres Agricole

3.2. MISE EN PLACE DE PROTECTION SUR PADZA

Le padza « pilote » fera quant à lui l'objet d'un aménagement en novembre ou décembre 2017, dès les premières pluies, et ce par les services de l'ONF. Sur ce padza, l'ONF prévoit de planter de façon serrée (maille 50x50cm) une série de placettes avec 3 plants de 9 espèces différentes (arborée telle que *Apodytes dimidiata* ou *Ficus sycomorus* et arbustive telle que *Gagnebina pterocarpa* ou *ochna cilitata*).



Illustration 47 : Ruissellomètres Padza

3.3. PREMIERES ANALYSES DE L'IMPACT DES MESURES CONSERVATOIRES SUR TALUS (DEMBENI)

Compte tenu des dynamiques érosives constatées en milieu rural habité, différentes approches ont été engagées pour quantifier les transferts solides au niveau des zones de départ préférentielles telles que les talus : ruissellomètre de « talus », suivi d'évolution de talus par photogrammétrie et suivi d'évolution de berge de ravine.

La 1^{ère} solution a été valorisée sur un site défini en accord avec la DEAL le long des talus de remblais de la RN2 à Dembeni. Ce site a été l'objet, pendant le projet LESELAM, d'un projet de végétalisation par plantation de vétiver. Les parcelles de ruissellement et d'érosion ont une superficie variable de quelques m² (entre 3 et 6 m²) caractérisés par une bande de talus de 1 m de largeur et de hauteurs variable selon la géométrie du parement. Le principe est similaire à celui des parcelles agro-forestières avec : une parcelle d'érosion isolée latéralement et en amont ; un collecteur et une citerne de capacité permettant d'absorber les précipitations entre les recueils de sédiments. L'*illustration 48* indique les conditions de milieu, de pente et d'occupation du sol des ruissellomètres installés sur talus.

N°	Site	Talus	Pente (°)	Occupation du sol	Techniques protection
2	RN2	Remblai / 6 m	32°	Sol nu Allotérites remaniées	-
3					Végétalisation (vétiver)

illustration 48 : Localisation, conditions de pente et d'occupation du sol des ruissellomètres



illustration 49 : Ruissellomètre de talus (RN2 Dembeni)

Les mesures (pesée de matériaux) sont réalisées mensuellement entre 01/2007 et 06/2017 pour couvrir une saison des pluies après plantations (*illustration 50*) :

	Sans VETIVER	Avec VETIVER
Date	Pesée (kg)	Pesée (kg)
26/01/2017	59.9	35.0
17/02/2017	26.5	16.0
10/03/2017	38.5	12.0
29/03/2017	27.0	4.0
21/04/2017	12.0	1.5
12/05/2017	4.0	0.0
02/06/2017	4.0	0.0

illustration 50 : mesures sur talus (RN2 Dembeni)

L'analyse des taux d'érosion avec la pluviométrie montre l'efficacité de la végétalisation sur les transports solides (illustration 51). Les taux d'érosion absolus diminuent avec le développement de la protection jouée par la végétation et passent de :

- 280 t/ha à 110 t/ha (facteur de 2,5 depuis la mise en œuvre) ;
- 90 t/ha à 15 t/ha (facteur de 6,5 depuis la pousse effective du vétiver, sensiblement à partir de fin février 2017. Une validation sur une seconde saison pluvieuse est attendue.



illustration 51 : Bilan des mesures sur talus (RN2 Dembeni)

3.4. MISE EN PLACE D'UN JARDIN TEMOIN SUR MTSAMBORO EN ZONE URBAINE

Les premiers résultats du projet LESELAM ont montré des niveaux d'érosion très importants sur le bassin de Mtsamboro (entre 5 et 10 tonnes/ha), avec des origines très variables de l'amont vers l'aval :

- des sédiments proviennent des parcelles agricoles situées sur la partie amont du bassin versant. On retrouve donc là le contexte technique (agriculture) et relationnel (échange avec une population précise, les agriculteurs) permettant de travailler au développement de techniques agro conservatoires sur un milieu à risque. En effet, ces parcelles agricoles sont généralement sur fortes pentes, et l'absence de ripisylve sur les bords de la ravine empêche toute retenue des sédiments ;
- des sédiments viennent des infrastructures avec des talus éventuellement non protégés, l'absence de chemin d'écoulements sur la voirie, un non-respect de règles élémentaires au niveau des chantiers et du positionnement des stocks de terre... ;
- des sédiments viennent de la ravine elle-même, avec une érosion de berges lorsqu'elles celles-ci ne sont pas protégées (végétation, merlons, ..) ;
- enfin des sédiments viennent des jardins privés : les conséquences ne sont pas les mêmes qu'en zones agricoles pour les propriétaires (la baisse de production peut ne pas apparaître comme une contrainte majeure), mais elles impactent directement les habitations situées en aval (coulées de boue, augmentation du risque inondation..). La mise en œuvre des approches « agriculture de Conservation » développées en zone agricole apparaissait alors comme une piste de travail à envisager. En outre, les niveaux d'érosion observés sur la parcelle expérimentale située dans un jardin de Mtsamboro ont montré au cours des deux dernières années des niveaux d'érosion importants (cultures en mode jardin sur fortes pentes).

Les jardins sont très nombreux dans la partie péri-urbaine du bassin versant, et donc dans la plupart des villages et petites villes de Mayotte. Ces espaces situés à côté des maisons sont soit laissés nus, soit occupés par des cultures vivrières peu couvrantes.

La diminution de ces sources d'érosion notables en jardins passe par une sensibilisation de la population aux enjeux de l'érosion et aux enjeux de la mise en valeur des paysages. L'application des techniques validées en contexte agricole doit être une des solutions avancées, mais cela nécessite l'adhésion des propriétaires, et la compréhension des techniques proposées.

En association avec la commune de Mtsamboro, un projet de jardin témoin a été mis en place par la CAPAM, avec un double objectif :

- démontrer que les techniques agro-conservatoires (mise en place de plantes de couverture, de cultures associées en strates, de paillage, absence de travail du sol et si pentes importantes mise en place de fascines et d'andains) ne sont pas réservées au monde agricole, mais peuvent être appliquées en zone urbaine où la problématique érosion est très forte ;

- disposer d'un outil de communication et d'un exemple à l'attention des habitants de la commune, afin d'aller dans un second temps vers un développement de l'application de ce mode de jardins sur Mtsamboro.

Un travail d'identification a permis après étude de plusieurs possibilités d'identifier un jardin situé au sein du bassin-versant urbain de Mtsamboro en rive droite de la ravine principale du bassin-versant, à 100 m de la RN1. Ce jardin est représentatif des jardins en zone urbaine / péri-urbaine et présente les caractéristiques suivantes :

- faible surface (100m²),
- pente moyenne à forte avec sol nu,
- diversité de cultures.

L'aménagement du jardin doit intégrer des éléments de limitation de l'érosion, ainsi que des aspects d'esthétisme. La limitation de l'érosion implique la réduction du ruissellement. Pour cela, l'aménagement doit jouer sur deux volets principaux :

- améliorer l'infiltration du sol,
- réduire la vitesse d'écoulement.

Un plan d'aménagement a été proposé, afin de mettre en place des plantes qui, de par leur enracinement, vont augmenter la porosité du sol. L'implantation de végétaux en strates va permettre de réduire l'effet « splash », un phénomène qui tend à favoriser l'érosion.

Ce plan d'aménagement tient compte des considérations des propriétaires, à savoir que le paillage n'est pas une solution à proposer. En effet, ce qui a été confirmé par les deux enquêtes menées auprès des habitants et des agriculteurs, le paillage est associé à un défaut d'entretien.

1. deux lignes d'ananas en quinconce parallèles aux courbes de niveaux constituent un barrage à l'écoulement. Ces lignes d'ananas sont complétées d'un andain de pierres (blocs) vers le bas de pente.
2. une plante de couverture (patate douce) entre les lignes va couvrir le sol et s'adapter aux expositions semi-ombragées. L'inconvénient de cette culture est qu'en saison sèche, elle tend à disparaître, mais reprend dès les premières pluies. (condition peu contraignante dans la mesure où en saison sèche les faibles précipitations n'engendrent quasiment pas d'érosion).
3. des plantes ornementales sont implantées pour délimiter un petit chemin de passage au sein du jardin. Le croton a été choisi pour assurer cette délimitation qui se veut esthétique.



Illustration 52 : Plan d'aménagement



Illustration 53 : Le jardin après aménagement

Le descriptif complet de la mise en place du jardin témoin de Mtsamboro est présenté en Annexe 5.

4. Structuration de l'action collective et transfert de compétence (tâche 4)

Ce volet s'est appuyé en 2017 sur la mise en place d'ateliers tournés vers la sensibilisation, et s'appuyant sur deux enquêtes distinctes menées en zone agricole (juin 2017 - pilotage CAPAM, et urbaine (juin 2017 – pilotage Naturalistes)

La conduite des ateliers menés tant en zone agricole qu'en zone urbaine vise à évoluer de la réunion d'information (2015), à la sensibilisation (2016, 2017), puis à l'appropriation (2017, puis suite à mener)

4.1. ENQUETE SUR LA PERCEPTION DE L'EROSION

Les documents d'enquête ont fait l'objet d'une collaboration entre les différents partenaires du projet afin de tenir compte d'éléments techniques pertinents, mais aussi du contexte avec la nécessité de se faire comprendre par le public ciblé. Les deux documents d'enquête sont consultables en annexe 4.

4.1.1. Enquête en zone urbaine

Cette enquête avait pour objectif de connaître la perception des habitants de Mtsamboro sur la problématique de l'érosion. Cette enquête, qualitative, vise à :

- évaluer le degré de compréhension du phénomène de l'érosion par les habitants de Mtsamboro : les causes les plus importantes du problème, les responsabilités,
- connaître leur avis sur les meilleures solutions à mettre en place.

Des tests ont été réalisés sur le terrain afin d'évaluer la capacité de compréhension par la population. Deux (2) tests ont été effectués par les Naturalistes de Mayotte, avec l'appui des personnes de la mairie de Mtsamboro (directeur des services techniques).

Un total de 23 personnes (12 hommes et 11 femmes, 20 à 80 ans), habitant à Mtsamboro (répartition du bas au haut du bassin) ou dans les villages voisins ont été interrogées.

4.1.1.1 Ressenti et difficultés rencontrées

Le phénomène de l'érosion des sols est réellement considéré comme étant un problème dans le village. La majorité des habitants semblent comprendre les causes du problème de l'érosion. Ils semblent globalement s'accorder sur les principaux responsables du problème. Les techniques à mettre en place ne font pas toutes l'unanimité, et il est évident que certaines techniques utilisées seront être écartées.

Du fait des difficultés liées à la langue (12 personnes ne parlaient que le shimaoré), certains termes techniques peuvent avoir été incompris.

4.1.1.2 Résultats

Les documents d'enquête ont fait l'objet d'une analyse présentée ci-après, afin de servir de support pour l'atelier tenu à Mtsamboro début juillet. Parmi les personnes interrogées, 6 habitent la partie haute du bassin versant de Mtsamboro (zones cultivées), 10 la partie intermédiaire (habitat avec jardins), et 4 la partie basse (habitat dense).

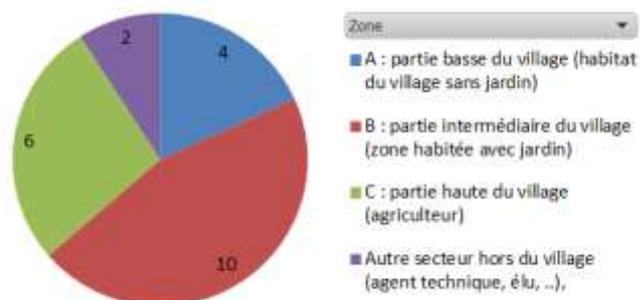


Illustration 54 : Répartition des personnes interrogées sur la bassin de Mtsamboro

Les chantiers (30%), les talus (28%) et la ravine elle-même (25%) apparaissent comme les principaux responsables de l'érosion. Selon une personne, « la terre vient toujours d'en haut. L'érosion vient toujours des zones urbaines (plus que des zones agricoles) à cause des maisons. Les padzas et les champs sont des sources négligeables ».

Mais ce sont surtout les chantiers qui sont mis en avant lorsqu'on demande la source d'érosion qui impacte le plus (67%). « Les travaux de construction d'une crèche ont entraîné la descente de la terre empilée au-dessus de ma maison » déclare une autre personne.

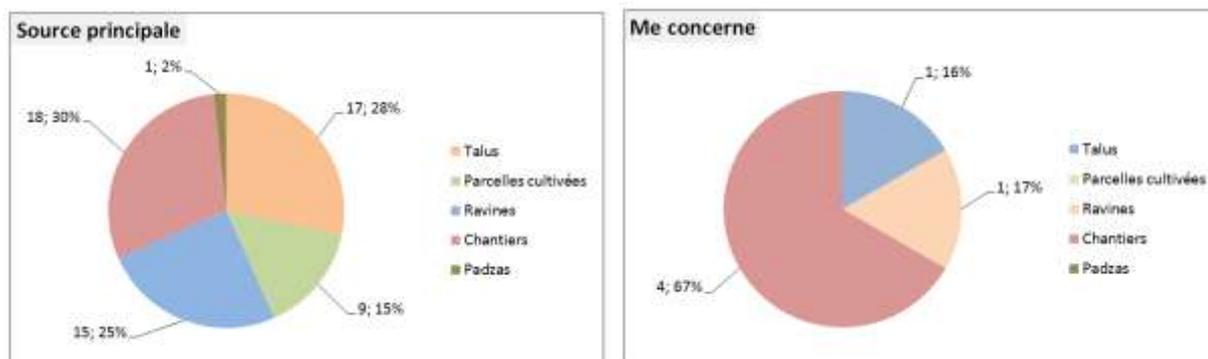


Illustration 55 : Evaluation de l'origine de l'érosion

Selon les enquêtés, les solutions doivent être apportées prioritairement sur les talus de bord de routes, au niveau de la ravine et lors de chantiers d'aménagements collectifs (à priori responsables des nuisances principales). Les notions d'efficacité sont également abordées avec des solutions jugées plus ou moins performantes selon la typologie de réalisation :

- concernant la problématique des chantiers, le respect des règles de l'art est jugé très efficace, tout comme l'application de la réglementation « *Le permis de construire : c'est la base* ». La mise en place de bâches, comme protection est quant à elle jugée peu efficace (alors que c'est une règle de l'art) ;

- pour la réalisation / protection des talus, la réalisation de murs en dur est bien jugée comme la solution efficace, alors que les murs en pneus ou les géotextiles ne retiennent pas l'attention. « Les murs en pneus ne tiennent pas, c'est salissant et ce n'est pas beau ». Sans doute que la bonne conception et mise en œuvre de ces solutions alternatives aux ouvrages béton serait à développer dans le futur ;
- concernant les zones de cultures en milieu d'habitat rural, les techniques proposées sont reprises depuis les approches agro-conservatoires mises en place sur le bassin de Dzoumogné, avec l'objectif de voir leur application en zone urbaine, dans les jardins. Le rejet est la première réaction concernant les fascines ou le paillage : « *Les gens n'aiment pas trop la verdure, car cela fait sale* », « *Le paillage, c'est dégueulasse* ». Par contre l'association de cultures ou la réalisation de terrasses apparaissent comme des approches efficaces.

4.1.2. Enquête en zone agricole

L'enquête a pour objectif d'appréhender le niveau de sensibilité des agriculteurs des bassins versants de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro au problème de l'érosion de leurs sols et de connaître les mesures de remédiation actuellement appliquées et potentiellement applicables (et appropriables) sous réserves de certaines conditions (contraintes à lever pour leurs adoptions). Les enquêtes ont été conduites au champ par les agents de la CAPAM en mai-juin 2017 auprès d'un échantillon de 32 agriculteurs. Le faible effectif de l'échantillon ne permet pas de considérer l'échantillon comme statistiquement représentatif de la population d'agriculteurs ; il reflète seulement une vision de la problématique sur l'érosion des sols agricoles qu'ont les agriculteurs de Dzoumogné / Mtsamboro. Dans l'analyse des résultats, un parallèle est fait avec les résultats d'autres enquêtes menées dans le cadre d'autres projets (recensement agricole de 2010, étude de faisabilité technique et financière des Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) du Programme de développement rural (PDR) 2014-2020 de Mayotte, enquête en zone urbaine LESELAM)

Le questionnaire d'enquête est de type semi-ouvert. Il est composé de 10 parties : (1) données générales relatives à l'exploitation familiale, (2) description du parcellaire cultivé, (3) couverture arborée, (4) systèmes de culture pratiqués, (5) conduite des cultures pour l'année 2016-2017, (6) perception de la dégradation des sols, (7) connaissance et (8) intérêt qu'a l'agriculteur envers techniques de lutte antiérosive et de conservation de l'eau et, de leur application effective ou potentielle sur ses parcelles, (9) contraintes socioéconomiques vis-à-vis de ces techniques de conservation, et (10) perception générale qu'à l'agriculteur de l'origine de l'érosion des sols sur Mayotte.

Les résultats détaillés de l'enquête sont disponibles dans le rapport d'étude :

Lopez JM et Saïd K., Octobre 2017, Rapport CIRAD. « Rapport d'enquête en milieu agricole sur la perception de l'érosion des sols et des mesures de remédiation de type agroenvironnementale - Bassins versants de Mro Oua Bandrani et de Mtsamboro - Composante "Démonstrateur de Lutte contre l'Erosion" »

Les agriculteurs enquêtés cultivent de faibles surfaces (SAU inférieure à 1ha pour 65% d'entre eux), peu d'entre eux disposant à ce jour de titre foncier. Ces parcelles ont une couverture arborée faible à moyenne, et sont cultivées essentiellement avec des cultures vivrières traditionnelles (bananes, manioc, ambrevade, maïs), visant à satisfaire les besoins alimentaires familiaux et locaux. La fertilité des sols est considérée par près de 75% des

interrogés comme stable, mais oralement, de nombreux agriculteurs disent que les rendements étaient meilleurs à l'époque de leurs parents, ce qui dans les faits traduit une baisse de fertilité ! Le maintien de la fertilité pourrait s'expliquer par les résidus végétaux issus des cultures vivrières et de la couverture arborée, car plus de 95% des enquêtés affirment ne pas appliquer de matière organique ni d'engrais minéraux sur leurs parcelles. Il s'agit là de l'objectif même du concept du jardin mahorais, dont le maintien de la fertilité constitue l'objectif premier.

L'enquête montre un niveau de perception faible de la dégradation des sols. Pour beaucoup d'agriculteurs, il s'agit simplement de conséquences normales de la pluie, sans qu'ils fassent un lien avec les pertes liées de fertilité si ceci n'est pas maîtrisé. L'érosion en tant que telle n'est perçue que lorsqu'il s'agit de départs massifs de terre.

Parmi les techniques antiérosives reconnues, la couverture morte du sol (paillis de surface), les cultures associées arrivent prioritairement (plus de 50%) (avant la couverture arborée et les bandes végétalisées (28%). On retrouve clairement dans les techniques mises en avant celles qui correspondent aux techniques ancestrales du jardin mahorais, les approches plus mécaniques mises en avant (cordons pierreux, demi-lunes) arrivant au second plan, car plus difficiles à mettre en œuvre et surtout directement liés à la lutte contre l'érosion, qui ne constitue pas la préoccupation de base de l'agriculteur.

Selon la plupart des agriculteurs enquêtés, le paillage comme le couvert végétal permet de maintenir l'humidité du sol, notamment en saison sèche. L'association de culture lui permet d'optimiser sa faible surface d'exploitation en insérant le maximum de produits divers pour assurer ses besoins alimentaires. Ces agriculteurs sont conscients que l'association permet (1) d'augmenter la fertilité, notamment en y associant des légumineuses comme le pois d'angle et aussi (2) de lutter contre certains ravageurs.



Illustration 56 : le jardin Mahorais : association de culture et paillage au pied des bananiers

Mais ces techniques sont utilisées à des fins de conservation de l'eau, d'augmentation de la fertilité ou de lutte contre les ravageurs. Elles ont un effet positif dans la lutte contre l'érosion, mais les enquêtés n'évoquent pas ce point de vue, car ce n'est pas la finalité de leur mise en œuvre. L'*Illustration 56* montre clairement l'association des cultures, le paillage avec les résidus de récolte, mais aussi le sarclage.

Cette absence de prise en compte de la problématique de l'érosion nous amène à observer sur certaines exploitations des plantes de couvertures (patate douce,..) menées en association implantées sur des pentes faibles et les zones de pentes plus importantes occupées par du manioc sans aucune plante de couverture ni aménagements antiérosifs. Dans certains cas où on observe des ananas en association sur zones en pente, ceux-ci sont disposés en petites touffes disparates sans aucune logique de lutte contre l'érosion.

L'analyse des résultats de l'enquête, la perception de l'érosion de la part des agriculteurs qu'elle met en évidence, et enfin le constat des pratiques culturales observées montrent que le travail de conseil avec les agriculteurs est prépondérant, visant à démontrer que les pratiques proposées sont très majoritairement celles qu'ils pratiquent de façon ancestrale avec les jardins mahorais, mais qu'une application adaptée permettrait un double gain : maintenir la fertilité des sols qui reste leur objectif premier, tout en luttant contre l'érosion des sols, qui constitue une menace pour le maintien même de la fertilité.

Ceci passe par une prise de conscience des agriculteurs, et donc un travail d'explication et de pédagogie sur le lien direct qu'il y a entre l'érosion, même celle difficilement perceptible, et la perte de fertilité. Le fait de considérer comme une base l'usage de techniques connues et pratiquées par les agriculteurs devrait éviter le risque déstabilisateur de nouvelles techniques, perçues comme difficiles à intégrer, onéreuses, etc. Il conviendra dans l'avenir de partir donc sur la base de ce qui se pratique au sein du jardin mahorais pour y insérer de petits ajustements qui vont apporter des effets significatifs en matière de lutte contre l'érosion. Nous allons surtout appuyer cette pédagogie en donnant à l'agriculteur les clefs de lecture des processus érosifs afin qu'il puisse acquérir une autonomie, donc une certaine liberté de manœuvre dans l'aménagement de son exploitation en lien avec la problématique de l'érosion.

Cette démarche devra s'appuyer sur la mise en place à venir des MAEC (Mesures agro-environnementales et climatique) par la DAAF de Mayotte. Ces mesures doivent permettre d'accompagner les exploitations agricoles qui s'engagent dans le développement de pratiques combinant performance économique et performance environnementale ou dans le maintien de telles pratiques lorsqu'elles sont menacées de disparition.

4.2. TRANSFERT DE COMPETENCE ET SENSIBILISATION EN ZONE AGRICOLE

4.2.1. Mai 2016 : rappel synthétique des conclusions de l'atelier

L'atelier du 21 mai 2016 (animation CAPAM, Naturalistes, pilotage BRGM) organisé chez Attoumani, agriculteur adepte de l'agriculture de conservation, avait permis d'échanger avec plusieurs agriculteurs référents et une trentaine d'agriculteurs du bassin versant de Dzoumogné.

Les agriculteurs ont pu voir ce que leur collègue réalise, ensuite se sont exprimés sur une synthèse des techniques principales, résumées sur 4 posters :

- pratique n°1 (pratique agricole antiérosive la plus développée) : le paillage. (*Illustration 57*)



Illustration 57 : Photos de pratique agricole anti-érosive : paillage

- pratique n°2 (fascines dans les parcelles en pente et rigoles permettant de réduire la vitesse de l'écoulement et d'augmenter l'infiltration d'eau dans le sol)



Illustration 58 : Photos de pratique agricole anti-érosive : fascines

- pratique n°3 : association de diverses plantes de couverture pour réduire l'érosion.



Illustration 59 : Photos de pratique agricole anti-érosive : associations de cultures

- pratique n°4 : implantation des cultures le long des courbes de niveau, en quinconce, avec alternance de diverses espèces, installations de haies d'arbustes



Illustration 60 : Photos de pratique agricole anti-érosive : plantations haies

L'équipe de projet a alors 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.

Concernant les pratiques agricoles mises en discussions, les agriculteurs confirmaient 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'œuvre ou autre), 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 : le paillage (8 sur 17), les fascines (3 sur 17), les plantes de couverture (5 sur 17). Suite à cet atelier :

- quatre (4) agriculteurs motivés ont été identifiés pour installer chez eux des parcelles de ruissellement, avec mise en place de techniques agro-conservatoires, afin que ces parcelles servent à terme d'exemple à Dzoumogné même pour l'ensemble des agriculteurs de la zone

- le contact avec les autres agriculteurs devra être maintenu, avec la mise en place à terme d'un groupement d'agriculteurs impliqué par la mise en place de ces techniques, encadrés par la CAPAM. Ce développement ne pourra pas être lié qu'à un seul souci environnemental, mais à (1) la prise de conscience de la nécessité de conserver le potentiel de production du sol et (2) à des aides conditionnées aux respects de ces pratiques culturelles conservatrices.

4.2.2. Juillet 2017 : Atelier à Dzoumogné

L'atelier sur l'érosion des sols en milieu agricole fait suite à l'enquête sur la perception des agriculteurs réalisée par la CAPAM en mai - juin 2017. L'objectif est de présenter les résultats de l'enquête menée en mai-juin, les résultats de projet (sur la quantification de l'érosion à Mtsamboro et Dzoumogné) et les solutions envisageables, afin de générer un dialogue constructif entre l'équipe de projet et les agriculteurs.

L'atelier est organisé sur le bassin versant pilote de Dzoumogné (Mro Oua Bandrani), sur l'exploitation de Monsieur Salami, à proximité des équipements mis en place dans le cadre du projet. Il a été structuré en deux parties : une présentation « classique » des résultats du projet et de l'enquête (panneaux traduits en shimaoré), suivie d'une présentation terrain des équipements de mesure en place (station hydro-sédimentologique, ruissellomètres).



Illustration 61 : Présentation des résultats de projet et d'enquête



Illustration 62 : Présentation des équipements

23 agriculteurs ont participé à l'atelier, ce qui constitue un taux de participation relativement élevé, avec des échanges instructifs et riches entre l'équipe de projet et les participants, confirmant globalement les résultats de l'enquête. On peut distinguer deux types de remarques :

1. Une perception de la problématique érosion liée à leur connaissance du terrain :
 - a. visibilité des conséquences de l'érosion en période sèche, lorsque la végétation est limitée,
 - b. les pertes de terre sont perçues par certains agriculteurs comme un problème important sur leur propre parcelle, alors que d'autres perçoivent la nuisance du fait de coulées venant de l'amont. Ils en concluent qu'il est important de travailler de façon concertée au niveau du versant, et non pas de façon isolée chez un seul agriculteur,
 - c. la pratique du paillage permet certes de maintenir l'humidité et améliorer la fertilité du sol, mais elle a aussi des inconvénients, notamment d'attirer des ravageurs de culture, voire dangereux pour l'Homme (scolopendres),
 - d. La possibilité d'utiliser une espèce herbacée sur les pentes, sachant que cette solution est rejetée par d'autres agriculteurs qui lui reproche une concurrence avec le développement des cultures.
2. Une nécessité d'organisation au niveau du bassin versant
 - a. les agriculteurs manifestent un réel désir de voir la mise en place de réels aménagements au niveau de leur bassin versant : chemins d'accès, accès à l'eau, etc.). Le manque d'eau est mis en avant, certains agriculteurs l'associant à la destruction partielle de la ripisylve,
 - b. la constitution en association (mise en place d'un GVA) apparaît intéressante, mais ils font remarquer qu'ils sont déjà en association pour certains d'entre eux (sans statut déclaré). Ils font remarquer la nécessité d'une bonne représentation : hommes, femmes, jeunes...
 - c. plusieurs agriculteurs font remarquer que plutôt de créer une structure nouvelle, il serait souhaitable d'aller vers une structure existante comme l'ADINM, très active sur Mtsamboro. Le président a une formation agricole et des techniciens pourraient accompagner les agriculteurs sur les aspects administratifs.

Suite à cet atelier, l'ADINM a organisé une réunion d'information, et une cinquantaine d'agriculteurs des bassins de Dzoumogné et Mtsamboro ont intégré l'ADINM, qui constitue désormais une structure associative forte pour la sensibilisation et la transmission des savoirs faire sur les bassins versants pilotes de LESELAM.

4.3. JUILLET 2017 : SENSIBILISATION EN ZONE URBAINE A MTSAMBORO

Cet atelier fait suite à l'enquête sur la perception de l'érosion par les habitants du village de Mtsamboro, réalisée par les Naturalistes de Mayotte en mai 2017. Il a pour objectif de présenter les résultats de l'enquête, les derniers résultats du projet et les solutions envisageables, afin de générer un dialogue entre l'équipe de projet, les habitants du village de Mtsamboro et les autres acteurs concernés (services techniques de la mairie, élus locaux, entreprise de terrassement, etc.) autour des enjeux de l'érosion. Pour créer des conditions favorables au dialogue, il a été décidé :

- d'organiser l'atelier à la MJC de Mtsamboro, située dans le centre du village, près de la mosquée pour une plus grande accessibilité ;

- de structurer l'atelier en deux parties : une présentation « classique » des résultats en salle et une présentation terrain dans le village ou une habitante a proposé de présenter les problèmes auxquels elle devait faire face chez elle à cause l'érosion des sols ;
- de faire venir un élu de la commune et d'impliquer au maximum les services techniques et agents de mairie.



Illustration 63 : Présentation des résultats de l'enquête en zone urbaine

Le public ciblé était en priorité les habitants du village de Mtsamboro : les habitants ayant répondu à l'enquête, les associations villageoises (Mtsamboro la Messo et Outsaha), un échantillon d'agriculteurs habitant dans le village de Mtsamboro (ciblés par la CAPAM), les services techniques de la Mairie de Mtsamboro et les représentants élus, des représentants du Conseil Départemental, de la DAAF, de la DEAL, du Réseau Rural.

Environ 40 à 50 personnes étaient présentes, avec cependant très peu de femmes (prévu sur une seule demi-journée, l'atelier a dû être interrompu suite à un décès dans le village, et a repris deux jours après). L'atelier a été introduit par un élu de la commune. Une introduction rapide a ensuite été réalisée sur les sols par les Naturalistes de Mayotte et la vidéo LESELAM a été diffusée. Les résultats de projet (mesure de l'érosion dans le village) ont ensuite été présentés par le BRGM.

Les échanges entre l'équipe de projet et les participants ont été instructifs. Les points qui ressortent pour la population sont la nécessité d'entretien des réseaux par les collectivités, les risques induits comme les inondations, les dommages associés (coulées de boue, dommages aux habitations...), l'appauvrissement des sols (en milieu agricole ou urbain) et les pertes de revenus du fait des baisses de rendement, l'envasement du lagon et diminution de la richesse marine (plus ou peu de pêche à pied, moins de poissons...).

La problématique de l'érosion en tant que telle, du point de vue genèse / transfert / dépôt importe peu in-fine. La recherche de solutions concrètes et leur application sont en revanche pointées.

L'atelier a permis de faire ressortir un certains nombres d'idées, et de tirer aussi des enseignements sur la suite à donner en termes de sensibilisation des villageois :

- les gens se sentent déjà concernés ou sensibilisés par le problème, mais souhaitent voir des solutions concrètes. La mise en place de « jardins modèles » pourrait les intéresser plus directement, et créer une émulation. L'équipe de projet a évoqué l'idée de mettre en

place un « concours » de jardins, s'appuyant sur le témoin mis en place par la CAPAM. Ce genre de concours a déjà été mis en place à Mayotte par le passé. Il s'agissait des « villages fleuris ». Une action de ce type pourrait avoir un impact très positif sur l'érosion, et mettre en avant Mtsamboro comme village exemplaire sur l'appropriation en zone urbaine par les habitants de techniques de lutte antiérosive ;

- les gens sont prêts à s'organiser collectivement, par quartier, pour mettre en place des solutions pour la gestion du phénomène. Un accompagnement en ce sens sera à prévoir ;
- il est très difficile de mobiliser la population, les jeunes en particulier. Il conviendra donc d'être innovant pour ne pas tomber dans l'effet répétitif des ateliers informatifs. Des solutions de mobilisation et d'implication plus motivantes doivent être cherchées.

5. Communication externe (tâche 5)

5.1. SITE INTERNET

Le site internet LESELAM, créé sur la plateforme WIX (www.leselam.com) a fait l'objet de mises à jour avec les documents générés en 2017 : rapports d'avancement (2015-2016), rapport sur l'analyse hydro-sédimentologique (Cirad).

Pour rappel, 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 médias (photos, vidéos, publications, etc.),
- les retombées « presse ».



Illustration 64 : Site Web LESELAM

5.2. VIDEO INSTITUTIONNELLE LESELAM

Dans le cadre du projet LESELAM, une première vidéo sur l'érosion des sols a été réalisée en 2015 par AB Motion : <https://www.youtube.com/watch?v=72TGwXdT7kc>. Cette vidéo de 8 minutes explique le phénomène de l'érosion à Mayotte et ses impacts dans différents milieux (agricoles, urbains, sur le lagon). Dans le cadre des objectifs de projet, la réalisation d'une deuxième vidéo présentant les résultats de projet (de 2015 à 2017) a été réalisée par les Naturalistes de Mayotte avec l'agence CLAP.

Cette vidéo a pour objectif de présenter l'ensemble des actions réalisées dans le cadre du projet LESELAM et a pour public cible les partenaires financiers et institutionnels du projet. La

vidéo dure 3 minutes. Dans la vidéo interviennent 4 porteurs de projet (BRGM, CIRAD, CAPAM et Naturalistes de Mayotte).

La vidéo peut-être visualisée sur la chaîne YouTube des Naturalistes de Mayotte : <https://youtu.be/42c6R84KRnY> et est également accessible depuis le site Web du projet.

5.3. REVUE DE PRESSE 2017

La communication externe du projet se fait via la diffusion à la presse de communiqués. L'ensemble des retombées presse concernant le projet LESELAM sur l'année 2017 sont présentées Annexe 5.

- **Evènement n°1 : Lancement du site internet LESELAM (janvier 2017) :** KWEZI RADIO (18/01/2017), KWEZI TV JTM (16/01/2017) Flash Info – 03/01/2017 Le Journal de Mayotte – 03/01/2017
- **Evènement n°2 : Café Naturalistes sur les sols (avril 2017) :** Mayotte 1ère radio (07/04/2017), Nouvelle de Mayotte (05/04/2017) et What's Up in Mayotte (04/04/2017)
- **Evènement n°3 : Conférence LESELAM au CUFR (avril 2017) :** Le Journal de Mayotte (04/04/2017), Flash Info (04/04/2017) et KWEZI TV JTM (03/04/2017)
- **Evènement n°4 : Séminaire de clôture du projet Leselam (15 novembre 2017) :** Le Journal de Mayotte (16/11/2017), Flash Info (16/11/2017), Les Nouvelles de Mayotte (16/11/2017)

6. Conclusion

Les deux axes majeurs de LESELAM (mai 2015 – décembre 2017) sont :

- l'observatoire Erosion mis en place sur les trois bassins versants de Mtsamboro, Dzoumogné (Mro Oua Bandrani) et Salim Be, afin de quantifier le ruissellement et l'érosion sur des contextes représentatifs des problématiques urbaines, agricoles et naturelles.
- la sensibilisation des populations, à travers :
 - la mise en place en milieu agricole et urbain de sites de démonstration de lutte contre l'érosion (adaptation de techniques agro-conservatoires, jardin témoin, ..),
 - une communication directe (ateliers au champ, enquêtes, ..),
 - une communication indirecte (medias, film, organisation d'un séminaire, présentation en milieu scolaire).

Observatoire Erosion sur Mtsamboro, Dzoumogné, Salim Be

L'observatoire Erosion multi échelle de la parcelle au bassin versant a permis lors des deux dernières saisons des pluies, de quantifier le ruissellement et l'érosion de l'échelle parcellaire (100m²) jusqu'au bassin versant.

Le BV à forte composante urbaine de Mtsamboro montre des niveaux d'érosion très forts : 5.3t/ha en 2015-2016 et 4.2 t/ha en 2016-2017(pluviométrie mieux répartie sur l'année). Sur ce bassin, une dynamique très forte au niveau de l'occupation du sol impacte le bassin, que ce soit en zone totalement urbaine (jardins, talus) ou en zone périphérique agricole : décaissements pour constructions, brulis et évolution d'une agriculture traditionnelle (jardin mahorais) vers de la monoculture.

Sur le bassin agricole et naturel de Dzoumogné (Mro Oua Bandrani), les taux d'érosion sont faibles (< 0.3 t/ha) pour ces deux premières années de suivi.

Ces résultats à l'échelle des bassins sont cohérents avec les résultats observés sur les dispositifs parcellaires. Ces parcelles de 100m² permettent un suivi du ruissellement / érosion sur padza, parcelles agricoles, forêts, et jardin urbain. Un dispositif adapté permet un suivi sur talus. Les coefficients de ruissellement et les taux d'érosion sont très forts sur padza (CR 8 à 15%, érosion 15-20t/ha), forts en jardin urbain (CR < 3%, érosion 3.7t/ha), et négligeables sur sols agricoles (CR < 1%, érosion 0.1 à 0.5t/ha) et en forêt (CR < 0.3%, pas d'érosion). Sur talus, les exports de sédiments sont extrêmes (280t/ha sur talus nu).

Ces résultats devront être confirmés lors des prochaines saisons des pluies.

L'observatoire constitue un outil de suivi et de quantification, mais aussi un outil de démonstration. Les parcelles Wishmeir de 100m² ont été doublées de parcelles de démonstration devant être utilisées comme outil de sensibilisation pour les différents acteurs (population urbaine, agriculteurs, collectivités) lors d'ateliers au champ. En zone agricole, des techniques agro-conservatoires (bandes végétalisées, cultures associées, paillage) sont mises place. Une protection par végétalisation est appliquée sur padza (ONF) et sur talus (DEAL).

Sur talus, la protection par plantation de vétiver a démontré une baisse de l'érosion de 2.5 dès la première année. En zone agricole, la mise en place des techniques conservatoires n'ont pas

montré de résultats significatifs lors de cette première année (année sans évènement climatique ruisselant).

Sensibilisation des populations

En zone agricole, une dynamique a été mise en place au niveau des agriculteurs du bassin de Dzoumogné. Cette dynamique passe par des phases d'information (réunions), de sensibilisation par l'exemple (ateliers avec parcelles de démonstration chez des agriculteurs référents ou bien désormais sur Dzoumogné), puis d'émulation (adhésion de la plupart des agriculteurs du bassin à l'ADINM, association de développement basée à Mtsamboro sur laquelle il conviendra de s'appuyer).

En zone urbaine, l'implication des populations doit s'appuyer aussi sur le tissu association existant. Suite à la phase d'information initiée dans Leselam, l'implication de la population va passer par la mise en place d'actions (concours de jardins basé sur les démonstrateurs en place), la sensibilisation au respect de l'environnement (propreté et entretien de la ravine qui sont du ressort des autorités, mais aussi des habitants),..

L'ensemble des réalisations du projet LESELAM a été présenté lors d'un séminaire de clôture organisée le 15 novembre à Mamoudzou.

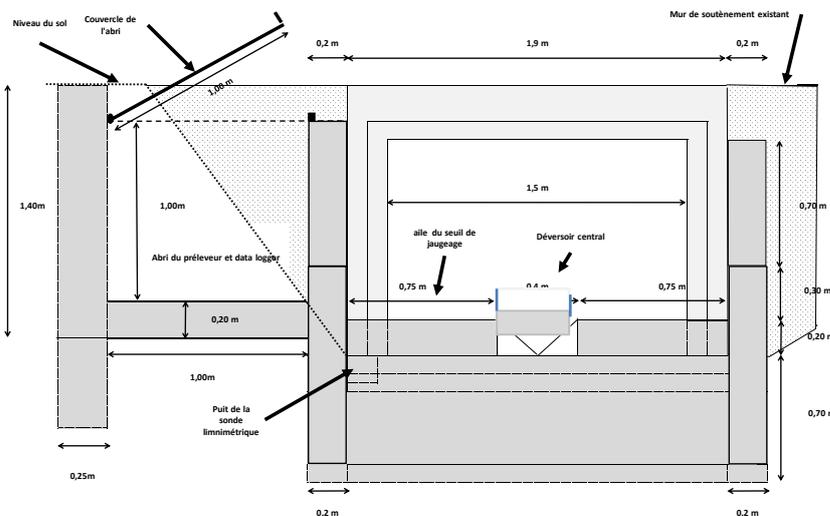
Le site Web du projet LESELAM (www.leselam.com) permet d'accéder aux rapports, comptes rendus, présentations Powerpoint, films du projet.

Annexe 1 : Caractérisation des seuils

Les seuils de jaugeages des bassins de Mtsamboro (aval du bassin et partie intermédiaire), Dzoumogné, et Salim Bé ont été mis en place en 2015 (Dzoumogné, Mtsamboro) et 2016 (Salim Bé). La description est une reprise du rapport 2016.

Seuil de jaugeage de Mtsamboro amont

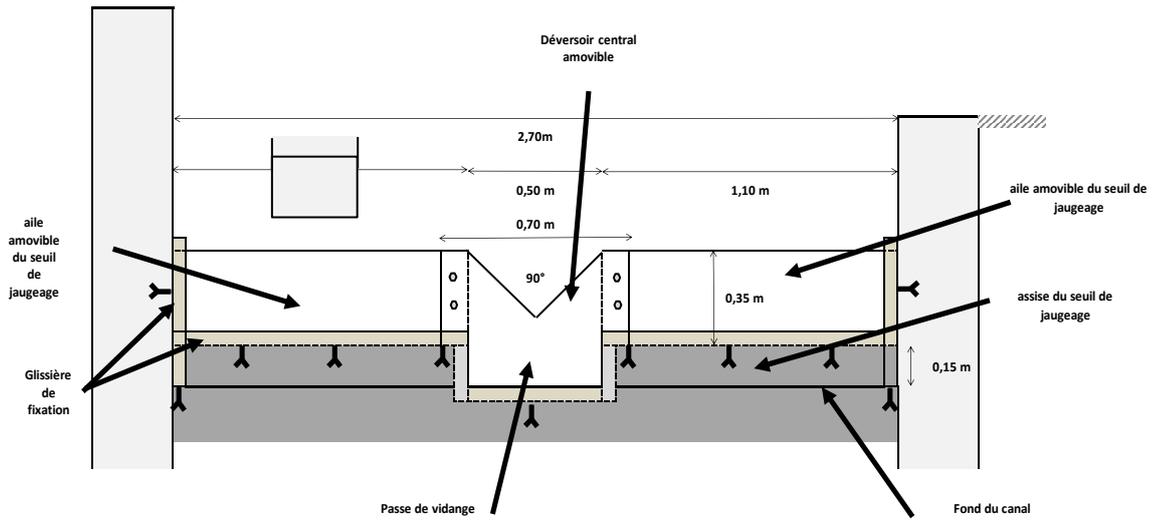
Le site de mesure est situé en aval de la zone agricole du bassin versant de Mtsamboro, à une centaine de mètres des premières habitations de la ville, plus précisément au niveau de l'ouvrage de franchissement (dalot) de la piste forestière aménagée qui traverse le bassin versant (Lat. : 12°41'46.04" 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 m³, 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.



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

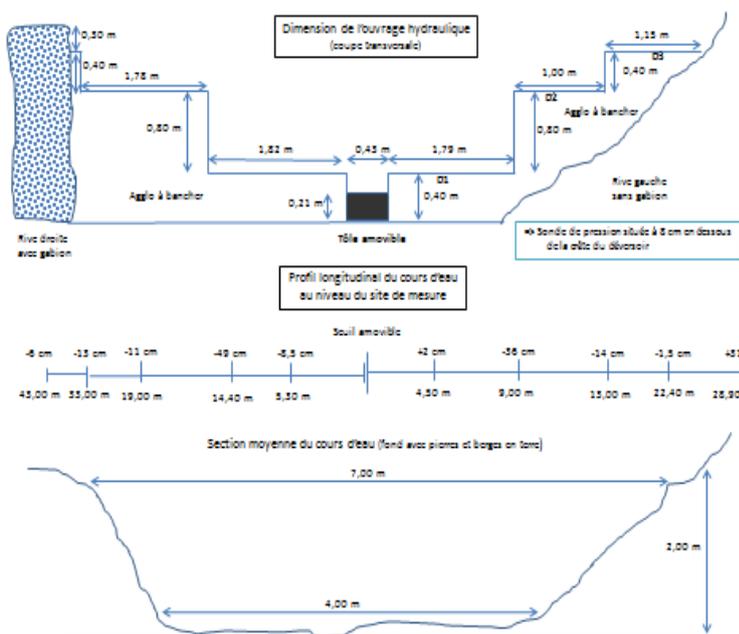
Le site de suivi est situé à proximité de l'école maternelle de Mtsamboro, à 30 mètres du haut de la plage (Lat. : 12°41'48.14" S - Long. : 45°4'10.87"), le long du canal d'évacuation des eaux pluviales de la ville. Le canal revêtu de béton, est de forme rectangulaire d'une profondeur de 1,0 m pour une 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.



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

Seuil de jaugeage de Dzoumgné sur le Mro Oua Bandrani

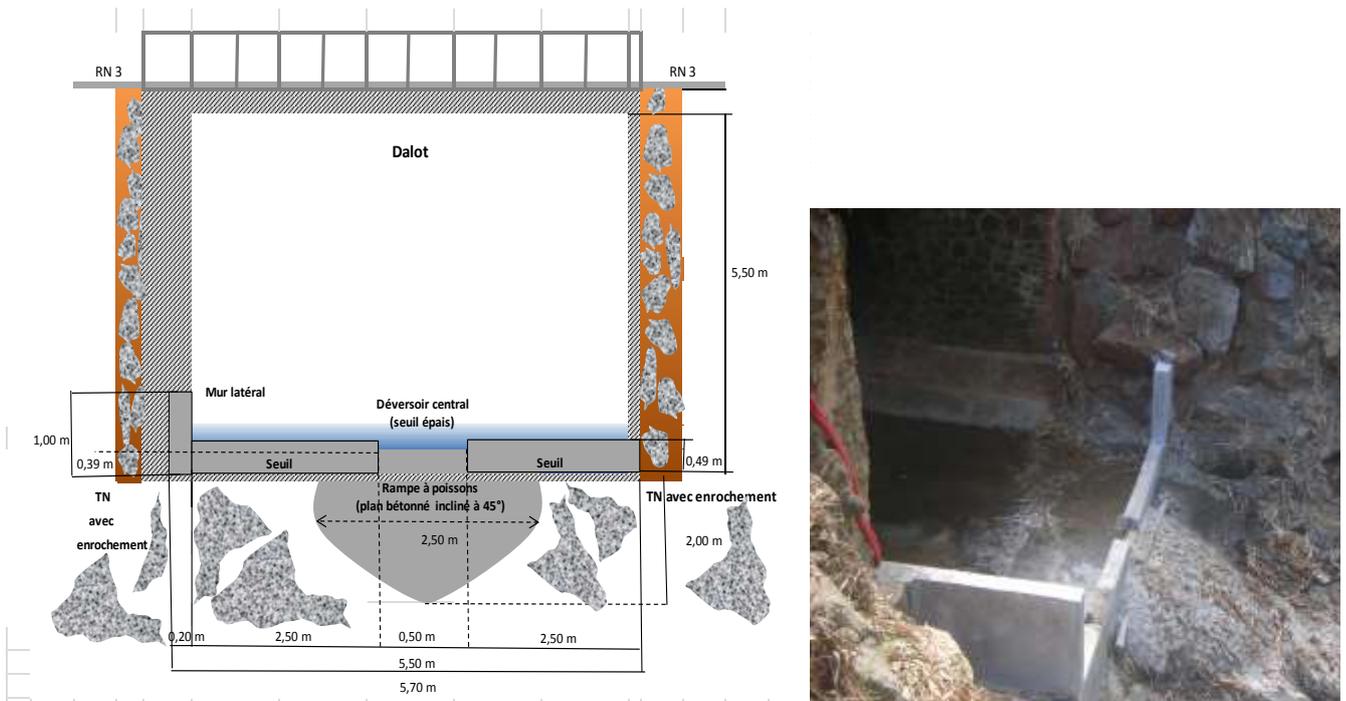
Le seuil de jaugeage construit sur le bassin versant de Mro Oua Bandrani est situé près de 200 m en amont de la retenue collinaire de Dzoumgné (Lat. : 12°43'0.81" S - Long. : 45°6'0.85"). Il coupe le cours d'eau sur une longueur de 8,0 m pour une hauteur maximale de 1,60 m au niveau des berges. Il est 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.



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

Seuil de jaugeage de Mro Oua Salim Bé

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.



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

Annexe 2 : Instrumentation : localisation et caractérisation

Coordonnées géographiques des différentes stations et des ruissellomètres sur les 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

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

Principales caractéristiques des stations hydro-météo-sédimentologiques

Les stations hydro-météo-sédimentologiques 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 suivants récapitulent les types de variables enregistrées (et la fréquence des mesures) et les principales caractéristiques des équipements électroniques de mesure.

Type de station	Bassin versant.	Données mesurées	Pas de temps des mesures
Automatique			
- 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)	- Pluie	- Minute

	- Mro Oua Salim Bé (zone amont)		
--	------------------------------------	--	--

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/m ²] ± 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

Principales caractéristiques des sondes utilisées dans les stations de mesure.

L'illustration suivante 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)



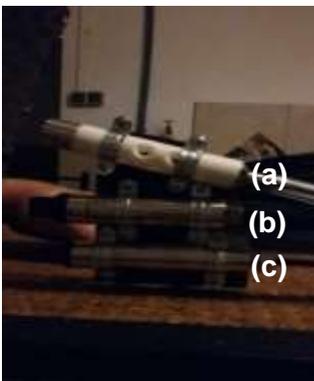
Seuil de jaugeage de Mtsamboro amont (b)



(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

Photos des aménagements

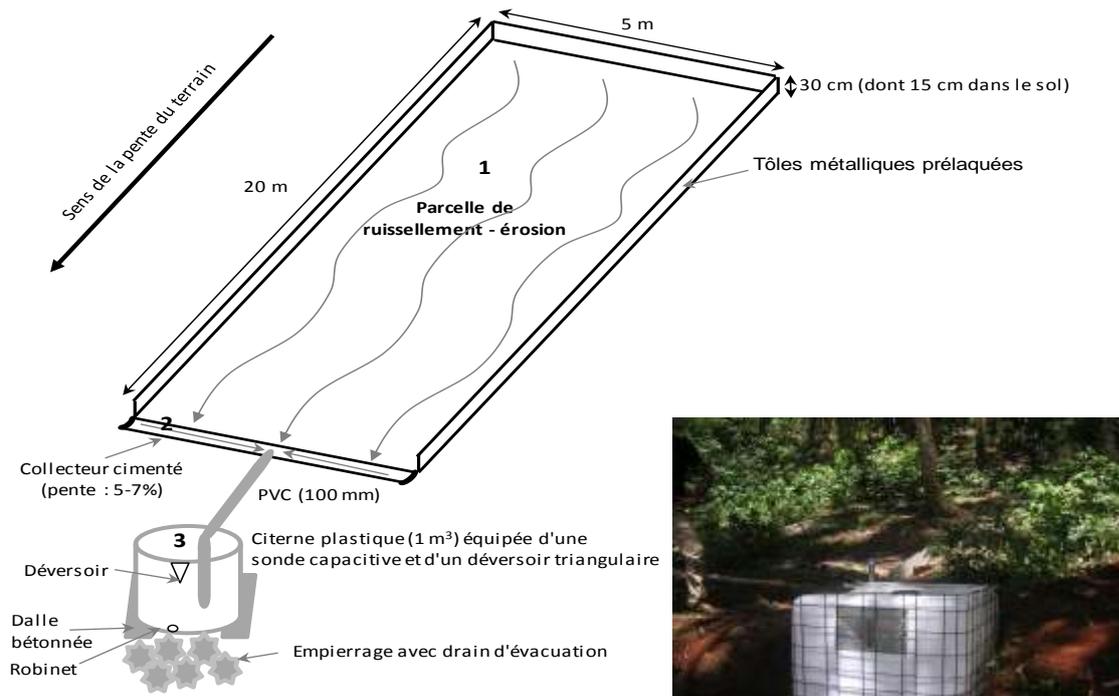
Les centrales de mesure et d'enregistrement des données hydro-météo-sédimentologiques:

- enregistrent la hauteur d'eau au droit des seuils. 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, permettant le calcul des débits (Rapport CIRAD - Annexe 1)
- commandent le préleveur d'échantillons qui, en période de crue, déclenche les prélèvements sur la base d'un volume d'eau fixé. Des relations entre turbidité et concentration en m.e.s ($g\ l^{-1}$) ont été établies sur la base des résultats de m.e.s. prélevées et quantifiées en laboratoire. 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).

Annexe 3 : Dispositif de suivi à la parcelle

Les parcelles de ruissellement et d'érosion Wishmeir

Elles ont une superficie standardisée de 100 m² (20 m de long dans le sens de la pente x 5 m de large). Les différents éléments du dispositif de mesure du ruissellement et de l'érosion à l'échelle des 100 m² sont illustrés ci-après.



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



Ruissellomètre sur parcelle agricole



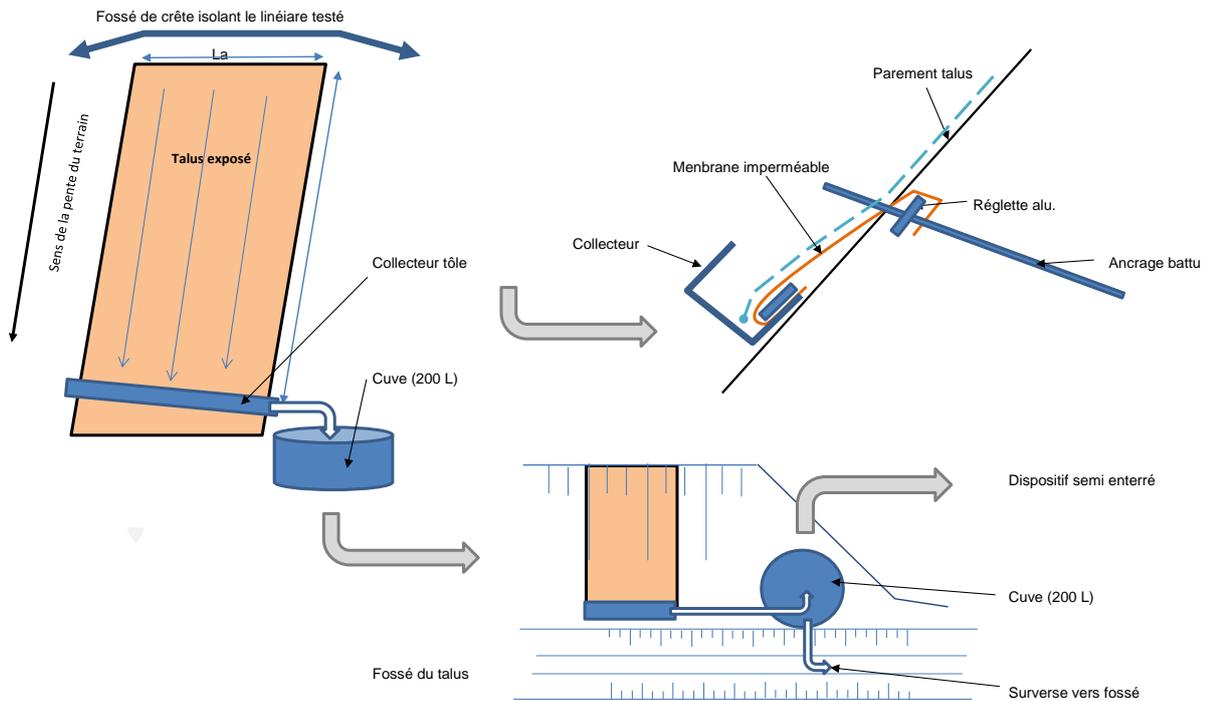
Ruissellomètre sur padza

Ruissellomètres Agricole et Padza

Les parcelles de ruissellement sur talus

Les parcelles de ruissellement et d'érosion ont une superficie variable de quelques m² (entre 3 et 6 m²) caractérisés par une bande de talus de 1 m de largeur et de hauteurs variable selon la géométrie du parement.

Les différents éléments du dispositif de mesure du ruissellement et de l'érosion en talus sont illustrés sur l'illustration suivante



Ruissellomètre de « talus », schéma



Ruissellomètre de talus Mtsamboro amont

Annexe 4 : Enquêtes sur la perception de l'érosion

Enquête en zone agricole



LESELAM 2015-2017

PERCEPTION DES MESURES CONTRE L'ÉROSION DES SOLS À MAYOTTE

Questionnaire en milieu rural en vue de la réalisation d'ateliers d'acteurs :
origine de l'érosion & solutions de gestion





1. Système de culture saison 2016-2017

Surface cultivée (ha) : Parcelle : Groupé Dispersé

Pente : Faible Moyenne Forte

Cultures principales et associées :

Banane Manioc Poids d'Angola Ananas Patate douce

Piment Gingembre Fruitières :

Maraichères : Fourragères :

Commerciales (vanille, poivre, ylang-ylang, etc.) :

Travail des opérations culturales : Manuel Mécanisé :

Fertilisation : Aucune Fumier Minérale :

Entretien : Aucun Démarriage Sarclage

Désherbage chimique : Traitement phytosanitaire :

Irrigation : Non Oui Quelle culture :

Main d'œuvre agricole : familiale (nombre) : externe/ouvrier (nombre) :

Devenir des produits agricoles : autoconsommé vendu :

Cheptel : Bovin : Caprin : Autre :

2. Constatez-vous les conséquences que l'on peut associer aux pertes de sol ?

a. **Amener l'agriculteur à s'exprimer librement :** « Quelles sont les conséquences des pertes de terre sur votre champ ? »

.....

.....

b. **Questions ciblées :** La perte de terre entraîne plusieurs conséquences. Quelles sont celles qui vous semblent le plus importantes ?

- ✓ Cocher les photos qui correspondent aux trois sources les plus importantes de terre selon vous ?
- ✓ Barrez celles qui sont à votre avis négligeable
- ✓ Cochez celles qui vous concernent directement chez vous

<p>Rigoles / ravines</p>  <p><input type="checkbox"/> important <input type="checkbox"/> ne concerne</p>	<p>Rachas apparentés</p>  <p><input type="checkbox"/> important <input type="checkbox"/> ne concerne</p>	<p>Changement couleur</p>  <p><input type="checkbox"/> important <input type="checkbox"/> ne concerne</p>	<p>Baisse rendement</p>  <p><input type="checkbox"/> important <input type="checkbox"/> ne concerne</p>	<p>Sédiments rivières</p>  <p><input type="checkbox"/> important <input type="checkbox"/> ne concerne</p>
--	--	---	--	---

2. Quelles sont les raisons de ces pertes de terre ?

a. **Amener l'agriculteur à s'exprimer librement :** « À votre avis, quelles sont les explications de cette perte de sol ? »

.....

.....

b. **Questions ciblées :** « Quelles sont parmi ces explications celles qui vous semblent le plus importantes ? »

- ✓ Cocher les explications possibles qui correspondent aux trois raisons les plus importantes de terre selon vous ?
- ✓ Barrez celles qui sont à votre avis négligeable
- ✓ Entourez celles qui vous concernent directement chez vous

- Déforestation et/ou brulis (Sur) pâturage
- Pluie Pente des terrains
- Mauvaise gestion des parcelles / Méthodes techniques inadaptées
- Insécurité foncière
- Présence de charbonnets
- Manque de savoir-faire, d'appuis techniques et/ou financiers en matière d'AC-DRS

3. (a) Les solutions pour ... limiter le départ la terre

a. **Amener l'agriculteur à s'exprimer librement :** « Quelles solutions selon vous peuvent être mises en place sur votre parcelle ? »

.....

b. **Questions ciblées :** « Il existe des techniques pour limiter cela (en photo après) »

- ✓ Est-ce que ces techniques vous semblent bonnes ? OUI – NON – NE SAIT PAS
- ✓ Évaluez leur efficacité : (0) pas efficace à (3) très efficace
- ✓ en avez-vous d'autres ?

<p>Cultures en terrasses</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Fascines aménagées perpendiculaires à la pente</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Associations de cultures, plantes de couverture</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Paillage</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>
<p>Polyculture arborée</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Passes</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Bandes enherbées, arbres au bord de cours d'eau</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Rotation cultures</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>

3. (b) Parmi ces solutions proposées pour l'agriculture...

✓ quelles sont les difficultés principales (colonne 1 du tableau) ? Classez par ordre de priorité (1 peu important à 3 très important)

✓ quelle solution est la plus faisable selon les cas et par les acteurs concernés (lignes du tableau) ? cocher les meilleures solutions selon vous

Contraintes de réalisation	Priorité	Culture en terrasses	Faïches	Association de cultures	Pallage
					
Coût (Argent)	1 2 3				
Surplus de travail	1 2 3				
Trouver des semences / plants	1 2 3				
Outils	1 2 3				

✓ Vous personnellement, avez-vous déjà mis en place une de ces solutions (rouge) ? quelle solution seriez-vous prêt à mettre en place (rouge) ?

Notes :

4. De façon plus générale, d'où vient la terre quand il pleut ?

A votre avis, d'où vient la terre que l'on retrouve dans les rivières et le lacun ?

✓ Cocher les photos qui correspondent aux trois sources les plus importantes de terre selon vous ?

✓ Barrez celles qui sont à votre avis négligeables

✓ Cochez celles qui vous concernent directement chez vous

Des talus le long des routes ?	Des champs cultivés	Des bords de rivières ?	Des travaux pour les maisons ?	Des zones naturelles ? (nadia)
				
<input type="checkbox"/> source principale <input type="checkbox"/> me concerne	<input type="checkbox"/> source principale <input type="checkbox"/> me concerne			

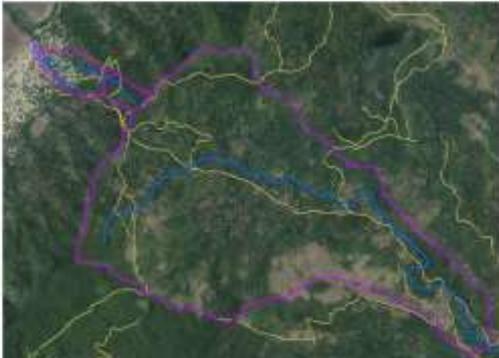
Notes :

5. Quelques questions vous concernant

Nom (surnom) : _____ Tel : _____

Âge : _____ Sexe : _____ Activité principale : _____

Localisation sur Itambeco ou Dazumgéné [cocher la zone sur la carte et/ou l'emplacement du sondé]



Enquête en zone urbaine

LESELAM 2015-2017

PERCEPTION DES MESURES CONTRE L'ÉROSION DES SOLS À MAYOTTE - Commune de MTSAMBORO

Questionnaire en milieu d'habitat rural en vue de la réalisation d'ateliers d'acteurs : origine de l'érosion & solutions de gestion




LESELAM 2015-2017

PERCEPTION DES MESURES CONTRE L'ÉROSION DES SOLS À MAYOTTE - Commune de MTSAMBORO

1. D'où vient la terre quand il pleut ?

Beaucoup de terre est emportée par les pluies, traverse Mtsamboro et arrive à la fin dans le lagon. À votre avis, d'où vient-elle ?

- ✓ Cochez les photos qui correspondent aux trois sources les plus importantes de terre selon vous ?
- ✓ Barrez celles qui sont à votre avis négligeables
- ✓ Cochez celles qui vous concernent directement dans vous

<p>Des talus le long des routes ?</p>  <p><input type="checkbox"/> source principale <input type="checkbox"/> ne concerne</p>	<p>Des champs cultivés ou des jardins ?</p>  <p><input type="checkbox"/> source principale <input type="checkbox"/> ne concerne</p>	<p>Des bords de routes ?</p>  <p><input type="checkbox"/> source principale <input type="checkbox"/> ne concerne</p>	<p>Des travaux pour les maisons ?</p>  <p><input type="checkbox"/> source principale <input type="checkbox"/> ne concerne</p>	<p>Des zones naturelles ? (forêts)</p>  <p><input type="checkbox"/> source principale <input type="checkbox"/> ne concerne</p>
--	--	---	---	---

Notes : _____

2. Les solutions pour les talus le long des routes

Les talus des bords de route ou de piste sont souvent laissés sans protection. Petit à petit, la terre s'en va, et tombe dans les fossés ou sur la route, avant d'être emportée par la pluie vers les ravines ou ailleurs. Au fur et à mesure ces talus reculent vers les terrains du dessus : vers un jardin, un champ ou directement vers des maisons. Il existe des techniques pour limiter cela, elles sont en photo ci-dessous :

- ✓ Est-ce que ces techniques vous semblent bonnes ? OUI - NON - NE SAIT PAS
- ✓ Évaluez leur efficacité : (0) pas efficace à (3) très efficace
- ✓ ou avez-vous d'autres ?

<p>Les murs en pierre</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Les murs en bois</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Végétalisation</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>	<p>Protection du talus : géotextile</p>  <p>Efficacité : 0 1 2 3</p>
---	---	---	--

Notes : _____

Les solutions pour les talus le long des routes

Pour les talus le long des routes ou des chemins où passent des voitures :

- ✓ où faut-il agir en priorité (colonne 1 du tableau) ? Classez par ordre de priorité (1 peu important à 3 très important)
- ✓ quelle solution est la plus faisable selon les cas et par les acteurs concernés (lignes du tableau) ? cochez les meilleures solutions selon vous

Où ? (par qui ?)	Priorité	Les murs en pierre	Les murs en dur	Végétalisations	Protection
Bord des routes (par l'Etat)	1 2 3				
Rues en zone habitée (par les communes)	1 2 3				
Plats agricoles (par les agriculteurs)	1 2 3				
Chemins privés (par les particuliers)	1 2 3				
Sentiers piétons (par tous)	1 2 3				

✓ Vous personnellement, avez-vous déjà mis en place une de ces solutions [grassement] ? quelle solution seriez-vous prêt à mettre en place [] ?

Notes : _____

3. Les solutions pour ... la terre des parcelles cultivées (jardins en zone habitée, champs)

Les cultures (en jardins ou en zones agricoles) mettent la terre à nu (désherbages, feu). Quand é plant ces terres sont entraînées vers les bas des pentes jusqu'aux zones habitées. Il existe des techniques pour limiter cela (en photo après) :

- ✓ Est-ce que ces techniques vous semblent bonnes ? - OUI - NON - NE SAIT PAS
- ✓ Évaluez leur efficacité : (0) pas efficace à (3) très efficace
- ✓ en avez-vous d'autres ?

Cultures en terrasses	Fascines	Associations de cultures	Paillage
			
Mise en place de cultures sur les courbes de niveau	Batteries aménagées perpendiculaires à la pente	Mélanges de plantations pour une meilleure couverture du sol	Maintien des résidus de récolte ou de coupe sur le sol
Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3

Notes : _____

Les solutions pour ... la terre des parcelles cultivées (jardins en zone habitée, champs)

Pour la terre qui vient des parcelles cultivées (jardins en zone habitée, champs) :

- ✓ où faut-il agir en priorité (colonne 1 du tableau) ? Classez par ordre de priorité (1 peu important à 3 très important)
- ✓ quelle solution est la plus faisable selon les cas et par les acteurs concernés (lignes du tableau) ? cochez les meilleures solutions selon vous

Où ? (par qui ?)	Priorité	Cultures en terrasses	Fascines	Associations de cultures	Paillage
Champs cultivés (agriculteurs)	1 2 3				
Jardins en zone habitée (particuliers)	1 2 3				
Autres contextes (précher)	1 2 3				

✓ Vous personnellement, avez-vous déjà mis en place une de ces solutions [grassement] ? quelle solution seriez-vous prêt à mettre en place [] ?

Notes : _____

4. Les solutions pour les chantiers de construction



La construction d'une maison sur des pentes souvent fortes conduit à des travaux de terrassement, avec un déblai sur une partie de la parcelle, et un remblai sur l'autre partie. Les surplus de terre sont évacués dans les pentes au sud des tas de terre. Ces travaux conduisent à des stocks de terre qui peuvent être exportés lors des pluies. Il existe des techniques pour limiter cela (en photo après) :

- ✓ Est-ce que ces techniques vous semblent bonnes ? : OUI - NON - NE SAIT PAS
- ✓ Évaluez leur efficacité : (0) pas efficace à (3) très efficace
- ✓ en avez-vous d'autres ?

Application de la réglementation	Respect des règles de l'art	Protection des tas / des talus	Gérer les eaux de ruissellement
 Ne pas laisser démarquer des chantiers sans autorisation (dans des zones en pentes notamment)	 Organiser le chantier pour limiter le départ de terre (travaux hors saison pluvieuse, compactage des remblais... cf. fiche annexe)	 Mise en place de bâches provisoires sur les tas / talus	 Canaliser les eaux de ruissellement et leur évacuation
Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3

Notes : _____

Les solutions pour les chantiers de construction

Pour la terre qui vient des chantiers de construction (maisons d'habitation, habitat collectif...) :

- ✓ où faut-il agir en priorité (colonne 2 du tableau) ? Classez par ordre de priorité (1 peu important à 3 très important)
- ✓ quelle solution est la plus faisable selon les cas et par les acteurs concernés (ligne du tableau) ? cochez les meilleures solutions selon vous

Où ? (par qui ?)	Priorité	Réglementation	Respect des règles de l'art	Protection des tas / talus	Gérer les eaux
Pour les constructions isolées (particuliers)	1 2 3				
Pour les habitats collectifs (ex. SIM)	1 2 3				

✓ Vous personnellement : avez-vous déjà mis en place une de ces solutions [gommette] ? quelle solution seriez-vous prêt à mettre en place [] ?

Notes : _____

5. Les solutions pour les berges des ravines



Les ravines, quand il pleut, se remplissent et entraînent les berges (glissement, ravinement). Les terres sont immédiatement transportées vers le bas et vers la mer en particulier sur des zones très pentues comme à Mwanabony. Le recul des berges peut affecter les jardins ou des maisons construites proches. Les matériaux déposés dans la ravine peuvent être transportés à nouveau lors d'une prochaine grosse pluie. Il existe des techniques pour limiter cela (en photo après) :

- ✓ Est-ce que ces techniques vous semblent bonnes ? : OUI - NON - NE SAIT PAS
- ✓ Évaluez leur efficacité : (0) pas efficace à (3) très efficace
- ✓ en avez-vous d'autres ?

Protection souple	Protection en dur	Entretien de ravine	Protection végétale
 Paroi en gabions ou entassement sur les berges	 Bétonnage des berges (sur de faible hauteur)	 Nettoyage, entretien de végétation pour faciliter le passage d'eau	 Plantations sur des pentes droites uniquement, avec géotextile
Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3	Efficacité : 0 1 2 3

Notes : _____

Les solutions pour les berges des ravines

Pour la terre qui vient des berges des ravines, en bord de jardin ou à proximité des habitations :

✓ où faut-il agir en priorité (selon le tableau) ? Classez par ordre de priorité (3 peu important à 3 très important)

✓ quelle solution est la plus faisable selon les cas et par les acteurs concernés (lignes du tableau) ? cochez les meilleures solutions selon vous

Où ? (par quoi ?)	Priorité	Protection souple	Protection en dur	Entretien de ravine	Protection végétale
Partie basse de la ravine (forêt)	1 2 3				
Partie haute de la ravine (zones cultivées)	1 2 3				
Partie habitée (jardins)	1 2 3				
Partie aval (totallement construite)	1 2 3				

✓ Vous personnellement, avez-vous déjà mis en place une de ces solutions (gommette ●) ? quelle solution seriez-vous prêt à mettre en place (●) ?

Notes :

6. Quelques questions vous concernant

Nom (famille) : _____ Tel : _____

Âge : _____ Sexe : _____ Activité principale : _____

Localisation sur **Stansborg** (cochez la zone sur la carte et/ou l'emplacement du sondé)

A : partie basse du village (habitat du village sans jardins)

B : partie intermédiaire du village (zone habitée avec jardins)

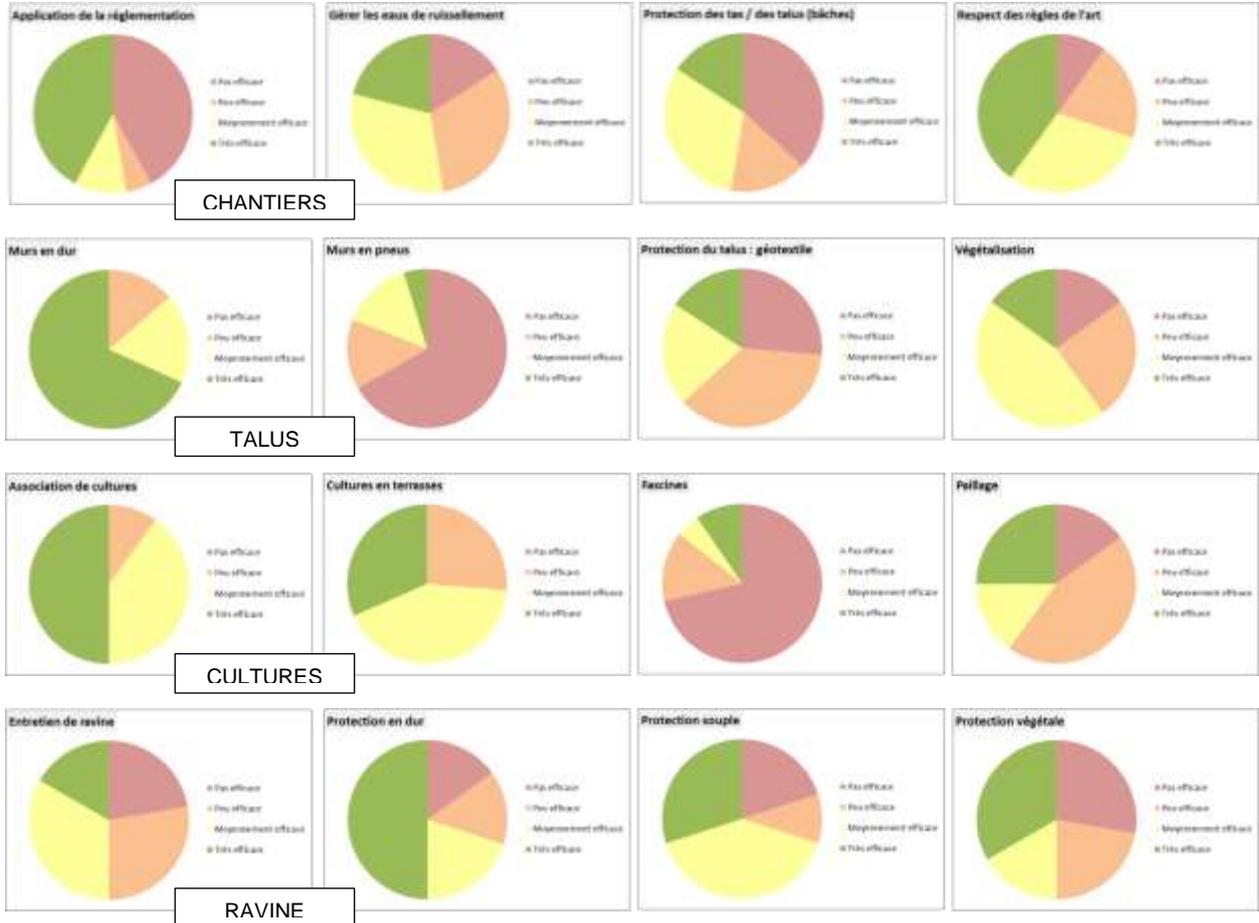
C : partie haute du village (agriculteur)

Autre secteur hors du village (agent technique, etc...) précisez : _____

Gestion d'un chantier de terrassement pour des constructions

CONCEPTION	TRAVAUX	SUIVI
Évaluer la sensibilité du site à l'érosion	Gestion des matériaux de déblais accidentés (évacuer à l'avancement vers sites de stockage / réutilisation)	Maîtriser le ruissellement sur les chemins d'accès
Limiter les mouvements de terre (déblais / remblais)	Conserver / protéger les premières terres de déblais (organiques) pour réutilisation in situ	Entretien la végétation possible
Optimiser les pentes de talus au regard de la stabilité mécanique et de l'érosion	Protéger les accès chantier en saison des pluies	Entretien les ouvrages
Stabiliser mécaniquement les talus en amont et en aval tout que de besoin	Identifier les végétaux (arbre / couvert végétal) à préserver	Entretien les dispositifs de gestion des eaux de ruissellement (gestion des eaux de ruissellement (fosse, fanchage, réseau pluvial)
Prévoir systématiquement des dispositifs de retenue de terres (anti-écouls) pour les talutages	Garantir la stabilité des sols et freiner le ruissellement (plantations, protections...)	
Interdire de construire aux abords d'une ravine (FPR)	Garantir la gestion des eaux de ruissellement en phase chantier (fosse, palis, filtres...)	
Préserver le végétal arboré déjà existant	Éviter la saison des pluies	
Intégrer la morphologie dans l'architecture (construction sur pilotis...) / les profils des accès	Protéger les entrées en terres (ouvrages de protections provisoires / pérorons)	
Limiter les hauteurs de constructions	Limiter l'exposition des ouvertures en déblai, remblai (surveiller la réalisation des ouvrages)	
Assurer l'implantation héli / végétal en effectuant des plantations	Protéger les stocks éventuels de terres à réutiliser	
Maîtriser des eaux de ruissellement (parcelles, accès, voiries) et gérer leur évacuation (fosse, décanteurs...)	Respecter le domaine public	
Respecter les tracés existants des chemements piétons		

Annexe 5 : Evaluation de l'efficacité des solutions de gestion



Annexe 6 : Démonstrateur de lutte contre l'érosion (Tâche 3) : Mise en place d'un jardin témoin à Mtsamboro

La mise en place de techniques agro-conservatoire déclinées en zone urbaine et péri-urbaine apparaissait comme une évidence au vu des constats suivants :

- Les zones urbaines et péri-urbaines sont extrêmement vulnérables (entre 5 et 10 tonnes/ha sur l'année 2015-2016 à Mtsamboro)
- Les zones cultivées y sont conséquentes, dans la partie intermédiaire du village, sous forme de jardins
- La parcelle érosion située à Mtsamboro a montré des niveaux d'érosion important lors des deux dernières années

L'aménagement d'un jardin vise donc à démontrer par l'exemple, de l'intérêt de mise en place de techniques agro-conservatoires en zones d'habitat rural, en l'occurrence, la mise en place de plantes de couverture, de cultures associées en strates, de paillage, l'absence de travail du sol et quand c'est nécessaire (zones de pentes importantes), la mise en place de fascines et d'andains.

Identification du jardin

La CAPAM a dans un premier temps présenté le projet à la Mairie de Mtsamboro (appui sur le principe mais aussi par la mise à disposition de personnel lors de la mise en place), avant de rechercher un site adéquat. La parcelle devait être :

- Localisée dans le bassin versant étudiée (3 parcelles sur lieu-dit Mafoumbouniqui présentant des caractéristiques intéressantes n'ont pas été retenues pour cette raison)
- Représentative des jardins situés en zone urbaine ou pré-urbaine, c'est-à-dire pas très grands (50 à 200m² environ) avec une association de culture diversifiée (aromatiques, vivrier, fruitiers...) nécessaires aux besoins quotidiens des ménages, notamment pour les préparations culinaires.

Le jardin de Mme Soumaila Kalathoume a finalement été identifié, suite à l'atelier mené par le BRGM, la CAPAM et les Naturalistes le 05 Juillet 2017. Mme Kalathoume, institutrice à Mtsamboro, très au fait de la problématique de l'érosion, a une implication sociale forte au sein du village Ceci la place dans une position de potentielle ambassadrice des techniques agro-conservatrices auprès des habitants du village. Il se situe au sein du bassin-versant urbain de Mtsamboro en rive droite de la ravine principale du bassin-versant, à 100 m de la RN1.

Ce jardin, représentatif des jardins en zone urbaine / péri-urbaine présente les caractéristiques suivantes :

- Faible surface (100m²)
- Pente moyenne à forte avec sol nu
- Diversité de cultures

Ce site était fortement impacté par des phénomènes érosifs liés à des traversées de boues provenant de la parcelle amont. Pour limiter ce phénomène érosif, la famille Soumaila a construit un imposant mur de soutènement sur l'ensemble du périmètre de leur jardin.

Par ailleurs, le jardin est constitué d'amas de blocs de roches issus des matériaux de construction de la résidence des propriétaires du jardin. Au niveau du jardin, consciente de l'impact négatif de l'érosion des sols, Mme Soumaila avait implanté quelques pieds d'ananas associés à quelques bananiers, un bilimbi, un manguier et un corossolier. Cependant, au vue de l'importance de la pente, la disposition des cultures engendre peu d'effets de limitation des phénomènes érosifs.



Localisation du jardin témoin

Plan d'aménagement (Illustration dans le rapport)

L'aménagement du jardin doit intégrer des éléments de limitation de l'érosion, ainsi que des aspects d'esthétisme. La limitation de l'érosion implique la réduction du ruissellement. Pour cela, l'aménagement doit jouer sur deux volets principaux :

- Améliorer l'infiltration du sol
- Réduire la vitesse d'écoulement

De fait, il est nécessaire de mettre en place des plantes qui, de par leur enracinement, vont augmenter la porosité du sol. Ensuite, il convient de disposer les plantes ou les végétaux morts de sorte à créer un barrage au ruissellement. Pour optimiser le tout, l'implantation de végétaux en strates va permettre de réduire l'effet « splash », un phénomène qui tend à favoriser l'érosion.

Dans le contexte de ce jardin, il y avait un paillage composé de feuilles mortes de bananiers. Cependant, pour des raisons d'esthétique, les propriétaires du jardin ont proposé d'enlever ce paillage qui donnait un aspect « sale » au jardin. Cet aspect a été mis en avant lors de l'enquête en milieu urbain. Les mahorais sont attaché au côté esthétique du jardin, de leur champ, ..

Ainsi, il a été proposé d'implanter deux lignes d'ananas en quinconce parallèlement aux courbes de niveaux pour constituer un barrage à l'écoulement. Ces lignes d'ananas sont complétées d'un andain de pierres (blocs) vers le bas de pente.

Entre les lignes, il est proposé d'implanter une plante de couverture. La plante choisie est la patate douce qui est une plante qui couvre parfaitement bien le sol et s'adapte aux expositions semi-ombragées. L'inconvénient de cette culture est qu'en saison sèche, elle tend à disparaître mais reprend dès les premières pluies.

Ceci est peu contraignant en contexte de lutte antiérosive dans la mesure où en saison sèche les faibles précipitations n'engendrent quasiment pas d'érosion. Des plantes ornementales sont implantées pour délimiter un petit chemin de passage au sein du jardin. Le croton a été choisi pour assurer cette délimitation qui se veut esthétique.

Mise en œuvre

Le jardin a été nettoyé, les blocs de roches enlevés, ainsi que les feuilles mortes de bananiers. Les bananiers ont été « arrangés », puis 2 courbes de niveaux ont été tracées avec alignement des blocs de roches en andain.

Les rejets d'ananas et la patate douce ont été achetés auprès d'un agriculteur. Les lignes d'ananas ont été plantées en quinconce en intégrant les orientations de pente (courbe de niveau) pour constituer des barrages perpendiculaires aux sens d'écoulements d'eau. Entre les bandes d'ananas, la patate douce est implantée (cercles rose sur la photo) afin de couvrir le sol en saison pluvieuse. Parallèlement aux marches d'escalier, des tiges de croton sont plantées pour délimiter un petit chemin de passage au sein du jardin.

Perspectives

Les espaces nus dédiés aux jardins sont très nombreux dans la partie péri-urbaine du bassin versant, et donc dans la plupart des villages et petites villes de Mayotte. Ces petites espaces généralement à sol nu à côté des maisons où s'observent d'éparses cultures vivrières et/ou des amas de terre et de roches qui jonchent le sol.

Faire évoluer ces sources d'érosion notables en jardins agréables passe par une sensibilisation de la population aux enjeux de l'érosion et aux enjeux de la mise en valeur des paysages. L'application des techniques validées en contexte agricole doit être une des solutions avancées, mais cela nécessite l'adhésion des propriétaires, et la compréhension des techniques proposées.

Par exemple, certains propriétaires rencontrés se sont montrés sensibilisés à la problématique érosion. Pour limiter cette érosion, ils ont implanté quelques cultures dont de l'ananas. Mais, la disposition des cultures, en l'occurrence en ligne, engendrait des effets très limités dans la limitation du ruissellement et de l'érosion.

Afin de faire avancer les mentalités, il est primordial de continuer à assurer un travail de sensibilisation aux enjeux de l'érosion tout en focalisant des efforts de transfert de connaissances sur les techniques de lutte, en lien avec les mécanismes de l'érosion.

En milieu agricole, les techniciens agricoles associent l'érosion à la perte de fertilité des sols, ce qui peut ou va interpeller l'agriculteur. De fait, l'agriculteur est amené à mettre en place des mesures de lutte antiérosives pour réduire la perte de fertilité de son sol.

En zone d'habitat rural le villageois ne se focalise pas sur des problèmes de rendements de cultures. En ce sens, quelle « artifice » utiliser pour assurer l'adhésion du plus grand nombre de ruraux sur cette problématique ? Démontrer l'impact de l'érosion des sols sur l'environnement

sera-t-il suffisant ? La sensibilisation et l'émulation au sein de la population, éventuellement associée à de la réglementation apparaissent comme des pistes à envisager. Le jardin mis en place doit constituer dans les mois à venir un outil de sensibilisation utilisé dans le cadre des prochains ateliers.

Annexe 7 : Revue de presse 2017

Evènement n°1 : Café Naturalistes sur les sols (avril 2017)

Mayotte 1ère radio (07/04/2017), Nouvelle de Mayotte (05/04/2017) et What's Up in Mayotte (04/04/2017)

<p>“Café Naturalistes” Conférence sur l'érosion des sols au 5/5</p> <p>Vendredi 7 avril à 18h aura lieu un nouveau “café Naturalistes” sur la thématique des sols au bar-restaurant le 5/5 à Mamoudzou. La discussion sera animée par Jean-François Desprats du BRGM, Diane Rakotomanga du CIRAD et Eve Denéchère des Naturalistes de Mayotte.</p> <p>Les sols constituent la base de notre alimentation et de notre santé. En effet, “95% de ce que l'on mange dépend des sols” selon France Nature Environnement (FNE). Pourtant, les sols aujourd'hui sont en souffrance : érosion, étouffement, pollution dégradent ce socle de vie. Ces phénomènes résultent notamment des activités humaines (déforestation, urbanisation, agriculture industrielle, etc.), et aucune réglementation ne protège les sols.</p> <p>À Mayotte, les sols souffrent d'une érosion très importante qui met en péril la bonne santé du lagon ainsi que l'agriculture. Jean-François Desprats (chef de projet Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du Lagon à Mayotte, du BRGM Montpellier), Diane Rakotomanga (projet BIOFERM, du CIRAD) et Eve Denéchère seront présents vendredi 7 avril pour échanger sur ces défis à relever.</p> 	<p>What's up Mayotte? le 04/04/2017</p> <p>VENDREDI 7 AVRIL 2017 A 18H00 « CAFÉ NATURALISTES » à MDZ ... sur la THÉMATIQUE DES SOLS</p> <p>Les sols constituent la base de notre alimentation et de notre santé. En effet, “95% de ce que l'on mange dépend des sols” selon France Nature Environnement (FNE). Pourtant, les sols aujourd'hui sont en souffrance : érosion, étouffement, pollution dégradent ce socle de vie. Ces phénomènes résultent notamment des activités humaines (déforestation, urbanisation, agriculture industrielle, etc.), et aucune réglementation ne protège les sols.</p> <p>À Mayotte, les sols souffrent d'une érosion très importante qui met en péril la bonne santé du lagon ainsi que l'agriculture. Jean-François Desprats (chef de projet Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du Lagon à Mayotte, du BRGM Montpellier), Diane Rakotomanga (projet BIOFERM, du CIRAD) et Eve Denéchère seront présents pour échanger sur ces défis à relever.</p> <p>LIÉU : Restaurant le 5/5 - en face de la barge - Mamoudzou Plus d'infos : https://www.facebook.com/Bar-goldenlagon-55-1489121743346...</p> 
<p>Les Nouvelles de Mayotte – 05/04/2017</p>	<p>What's Up in Mayotte – 04/04/2017</p>

Evènement n°3 : Lancement officiel du site internet LESELAM (janvier 2017)

	<p style="text-align: center;">UN SITE INTERNET POUR LUTTER CONTRE L'ÉROSION DES SOLS EST NÉ</p> <p>Piloté par le BRGM (Bureau de Recherche Géologiques et Minières) en partenariat avec le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), l'IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture), les Naturalistes de Mayotte et la CAPAM (Chambre de l'Agriculture de la Pêche et de l'Aquaculture de Mayotte), le projet LESELAM (Lutte contre l'Erosion des Sols et l'Envasement du L'Agon à Mayotte) vise à répondre à l'objectif de faire émerger une prise de conscience collective quant à la situation et l'évolution de l'érosion des sols à Mayotte. Un site internet a été lancé dans le but de rendre accessible à tous des informations sur l'érosion des sols et sur l'avancement du projet : www.leselam.com.</p> <p>La réalisation du site internet LESELAM entre dans le volet communication du projet. Vulgariser l'information autour de la problématique de l'érosion des sols semble indispensable à l'heure de mettre en place des mesures efficaces de lutte contre ce phénomène. Le site informe également de l'avancement du projet LESELAM, et rend public toutes les informations relatives à ce dernier.</p> <p>Le site présente ainsi toutes les actions menées dans le cadre du projet depuis son lancement en 2015 (mise en place de l'Observatoire de l'érosion sur trois bassins versants de l'île, tenue d'ateliers de sensibilisation auprès des agriculteurs et des élèves, etc.), les publications et rapport d'activités du projet ainsi que des photos et vidéos explicatives du phénomène érosif à Mayotte.</p>
<p style="text-align: center;">KWEZI RADIO – 18/01/2017 et KWEZI TV JTM – 16/01/2017</p> <p style="text-align: center;">https://www.youtube.com/watch?v=oj97zRHmYwI</p>	<p style="text-align: center;">Flash Info – 03/01/2017</p>



Les Nouvelles de Mayotte – 16/11/2017



Le Journal de Mayotte – 16/11/2017

Evènement n°4 : Séminaire de clôture LESELAM (15 novembre 2017)



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