Pacific Community
Communauté du Pacifique

RESCCUE

RAPPORT DE MISE EN PLACE ET DE TEST DU DISPOSITIF DE SUIVI HYDROLOGIQUE, METEOROLOGIQUE ET DE L'EROSION POUR LA ZONE ATELIER DE TIWAE (TIOUAE) PWÖ-I (POYES) :

PHASE 2 DE LA PLANIFICATION OPERATIONNELLE

AFD

PROVINCE NORD

FONDS FRANÇAIS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

L'Opérateur RESCCUE en province Nord consiste en un groupement de 3 entreprises partenaires :

ONFI
Quentin Delvienne, coordinateur local
Quention.delvienne@onfinternational.org

Bioeko Consultants
Yannick Dominique
ydominique@bioeko.nc

Vertigo Lab
Thomas Binet
thomas.binet@vertigolab.eu

Version	Date d'envoi	Rédacteur Principal/Contributeur
Version 1	15/11/2017	Quentin Delvienne et Etienne Ebrard
Commentaires	23/11/2017	Raphael Billé –SIEC RAS
Version finale	28/02/2018	Quentin Delvienne

Photo de couverture : Nicolas Sauvan, stagiaire dans le cadre du projet RESCCUE, en cours de vérification du fonctionnement de l'instrumentation sur une parcelle en milieu forestier. Photo de Quentin Delvienne, 11/05/2017.

Rappel des objectifs et composantes du projet

Le projet RESCCUE (Résilience des Ecosystèmes et des Sociétés face au Changement Climatique) vise à contribuer à accroître la résilience des pays et territoires insulaires du Pacifique face aux changements globaux par la mise en œuvre de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC). Il prévoit notamment de développer des mécanismes de financement innovants pour assurer la pérennité économique et financière des activités entreprises. Ce projet régional opère sur un à deux sites pilotes dans chacun des pays et territoires suivants : Fidji, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française et Vanuatu.

RESCCUE est financé principalement par l'Agence française de développement (AFD) et le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), pour une durée de cinq ans (01/01/2014 - 31/12/2018). Le montant global du projet est estimé à 13 millions d'Euros. La CPS bénéficie d'un financement total de 6,5 millions d'euros : une subvention de l'AFD octroyée en deux tranches (2013 et 2016 à hauteur de 2 et 2,5 millions d'Euros respectivement), et une subvention du FFEM de 2 millions d'Euros. Le projet RESCCUE fait en complément l'objet de cofinancements. Sa maîtrise d'ouvrage est assurée par la CPS, assistée par les gouvernements et administrations des pays et territoires concernés.

Le site pilote de la « Zone Côtière Nord Est » est un des deux sites pilotes retenus pour ce projet en Nouvelle-Calédonie. La maîtrise d'ouvrage est assurée par la Communauté du Pacifique (CPS), assistée de la province Nord. La maîtrise d'œuvre est quant à elle assurée par le consortium ONF international, Bio eKo Consultants et Vertigo Lab.

RESCCUE est structuré en cinq composantes :

Composante 1 - Gestion intégrée des zones côtières : Il s'agit de soutenir la mise en œuvre de la GIZC « de la crête au tombant » à travers l'élaboration de plans de GIZC, la mise en place de comités ad hoc, le déploiement d'activités concrètes de terrain tant dans les domaines terrestres que marins, le renforcement des capacités et le développement d'activités alternatives génératrices de revenus.

Composante 2 - Analyses économiques : Cette composante soutient l'utilisation d'une large variété d'analyses économiques visant d'une part à quantifier les coûts et bénéfices économiques liés aux activités de GIZC, d'autre part à appuyer diverses mesures de gestion, politiques publiques et mises en place de mécanismes économiques et financiers.

Composante 3 - Mécanismes économiques et financiers : Il s'agit de soutenir la mise en place de mécanismes économiques et financiers pérennes et additionnels pour la mise en œuvre de la GIZC : identification des options possibles (paiements pour services écosystémiques, redevances, taxes, fonds fiduciaires, marchés de quotas, compensation, certification…) ; études de faisabilité ; mise en place ; suivi.

Composante 4 - Communication, capitalisation et dissémination des résultats du projet dans le Pacifique : Cette composante permet de dépasser le cadre des sites pilotes pour avoir des impacts aux niveaux national et régional, en favorisant les échanges d'expérience entre sites du projet, les expertises transversales, la dissémination des résultats en particulier au cours d'événements à destination des décideurs régionaux, etc.

Composante 5 - Gestion du projet : Cette composante fournit les moyens d'assurer la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre du projet, l'organisation des réunions des comités de pilotage, des évaluations et audits, etc.

Le présent livrable constitue un élément de la composante 1 du projet de RESCCUE en province Nord. L'objectif de ce livrable est de rapporter la mise en œuvre de la phase 2 relative à la mise en place et au test du dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion.

Table des matières

RESUME EXECUTIF 7

CHAPITRE 1 : CONTEXTE DU LIVRABLE 9

CHAPITRE 2 : MISE EN PLACE DU DISPOSITIF 10

1 IMPLANTATION DES PLUVIOMETRES 11

2 REALISATION DES MODULES DE COLLECTE DES FLUX RUISSELES 12

3 IMPLANTATION DES PARCELLES 15

4 INSTRUMENTATION DES PARCELLES 17

5 MISE EN PLACE D'UN LABORATOIRE DE TERRAIN 19

6 IMPLANTATION DES CUVES TOTALISATRICES 20

7 CONCLUSION DE L'IMPLANTATION ET SYNTHESE 23

CHAPITRE 3 : TEST DU DISPOSITIF 26

1 CARACTERISTIQUES GENERALES DU TEST 26

2 LAME D'EAU PRECIPITEE 28

3 LAME D'EAU RUISSELEE 33

4 TURBIDITE 35

5 ANALYSE DES DONNEES VALIDEES 37

6 CONCLUSION DU TEST DU DISPOSITIF 38

CHAPITRE 4 : PROTOCOLES AFFINES 39

1 PROTOCOLE DE MESURE ET DE CONTROLE (APPAREILS ET MESURES) 39

2 PROTOCOLE D'ENTRETIEN DU DISPOSITIF 42

3 PROTOCOLE DE RECOLTE DES DONNEES 47

4 PROTOCOLE D'ANALYSE LABORATOIRE 47

5 PROTOCOLE D'ARCHIVAGE, DE TRAITEMENT, DE VALIDATION ET D'ANALYSE DES DONNEES 48

CHAPITRE 5 : CONSTRUCTION DE LA PHASE 3 49

CHAPITRE 6 : CONCLUSION GENERALE 51

BIBLIOGRAPHIE 52

ANNEXES 54

Liste des figures

FIGURE 1: CARTE DE SITUATION DES PARCELLES 8
FIGURE 2: MISE EN PLACE DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES EN FEVRIER 2017 11
FIGURE 3: MONTAGE A BLANC EN ATELIER DES MODULES D'UNE PARCELLE. 13
FIGURE 4: COLLECTEUR (A) VUE AMONT DU COLLECTEUR AVEC LA PRESENCE DE LA GRILLE DE FILTRATION ET B) INTERIEUR DU COLLECTEUR AVEC L'ALESAGE DE SUPPORT DU CAPTEUR DE TURBIDITE ET UNE LANGUETTE POUVANT FAIRE OFFICE DE RETENUE DE SONDE 14
FIGURE 5: ECHANTILLON DE PRISES DE VUE REPRESENTATIVES DE LA DEMARCHE D'IMPLANTATION DES MODULES DE COLLECTE DES FLUX RUISSELES 15
FIGURE 6: TEST DE TRANSPORT DES PLAQUES DE BORDURE AVEC UNE STRUCTURE EN BAMBOU 16
FIGURE 7: SILLON COURBE REALISE A LA BARRE A MINE POUR FICHER LA BORDURE ET EVITER D'IMPACTER LE MILIEU 16
FIGURE 8: SCHEMA DE LA METHODE DE MESURE SURFACIQUE DES PARCELLES 17
FIGURE 9: HS-FLUME ET SES AILES DE FIXATION PRE-PERCEES ET BOULONNEES AU CANAL D'APPROCHE A L'ATELIER 17
FIGURE 10: HS-FLUME, SON PUITS DE MESURE ET LE CABLE D'INTERFACE DE LA SONDE 18
FIGURE 11 : CABLE D'INTERFACE TRUBLUE 853 ET SON CONNECTEUR DE SORTIE 18
FIGURE 12 : CONNECTEUR DE SORTIE DU CABLE D'INTERFACE TRUBLUE 853 18
FIGURE 13 : VUE DU HAUT D'UN COLLECTEUR ET DE SA SONDE DE TURBIDITE INSTALLEE ET CONNECTEE 18
FIGURE 14 : AQUATROLL 600 ET SON EMBOUT DEVISSE POUR INCORPORATION DANS LE COLLECTEUR 18
FIGURE 15 : LABORATOIRE ET MATERIEL DISPONIBLE 19
FIGURE 16 : BAC DE CHUTE INSTALLE SUR SITE REALISE EN CONTREPLAQUE EPOXY 20
FIGURE 17 : CUVE TOTALISATRICE ET SES DIVISEURS 20
FIGURE 18 : INSTALLATION DES CUVES SUR LES PARCELLES 22
FIGURE 19 : APERÇU GLOBAL DE LA PARTIE AVAL D'UNE PARCELLE ET ZOOM SUR LES DEUX CUVES TOTALISATRICES 23
FIGURE 20 : ETAT DES CANIVEAUX ET DU CANAL D'APPROCHE APRES LE PASSAGE DU CYCLONE COOK 26
FIGURE 21 : CHRONOGRAMMES DE MISE EN ROUTE DES CAPTEURS ET DISFONCTIONNEMENT DES SONDES 26
FIGURE 22 : APERÇU DU FICHIER DE SORTIE DU DATA LOGGER DU PLUVIOMETRE 28
FIGURE 23 : SCHEMA DE COMPTABILISATION DES IMPULSIONS DE BASCULEMENT DE L'AUGET 28
FIGURE 24 : ILLUSTRATION DES DONNEES BRUTES DE PLUIE ISSUES DES 3 PLUVIOMETRES 30
FIGURE 25 : CARTE DES PRECIPITATIONS ENREGISTREES DU 10 AVRIL 2017 AU 11 AVRIL 2017 (METEOFRANCE, 2017) 31
FIGURE 26 : ERREUR RELATIVE SUR L'ESTIMATION DES DEBITS 33
FIGURE 27 : : ILLUSTRATION DES DONNEES BRUTES DES SONDES PRESSION DES 3 PARCELLES 34
FIGURE 28 : ILLUSTRATION DES DONNEES BRUTES DES TURBIDIMETRES DES 3 PARCELLES 36
FIGURE 29 : GRAPHIQUE LAME D'EAU RUISSELEE/LAME D'EAU PRECIPITEE EN FONCTION DU TEMPS (PARCELLE FDH SCAR – EPISODE 37) 37
FIGURE 30 : MATERIEL NECESSAIRE AU CONTROLE DE FONCTIONNEMENT DES SONDES ET L'ENTRETIEN DU DISPOSITIF EN FONCTIONNEMENT 43
FIGURE 31 : TRAVAUX DE DEBROUSSAILLAGE SUR LA PARCELLE EN SAVANE 44
FIGURE 32 : CODE COULEUR METTANT EN EVIDENCE LA DUREE DE VIE DU DESSICCATEUR 45
FIGURE 33 : INTERFACE DU LOGICIEL PC200W DE CAMPBELL SCIENTIFIC© 47
FIGURE 34 : INTERFACE DU LOGICIEL TRUWARE 47

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : PROGRAMMATION DE LA MISE EN PLACE ET DU FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF DE MESURE DE L'EROSION 9
TABLEAU 2 : ETAPES RELATIVES A L'IMPLANTATION DES PARCELLES 15
TABLEAU 3 : SURFACES DES PARCELLES DE MESURE DE L'EROSION 17
TABLEAU 4 : TABLEAU DES MATERIELS ET CONSOMMABLES COMMANDES ET LIVRES 19
TABLEAU 5 : TABLEAU DES DISTANCES EN METRES ENTRE LES PARCELLES ET LES PLUVIOMETRES 24
TABLEAU 6 : TABLEAU DES ALTITUDES DES PARCELLES ET PLUVIOMETRES 24
TABLEAU 7 : TEMPS DE CHEMINEMENT DEPUIS DE LA TRIBU DE TIWAE POUR L'ATTEINTE DES PARCELLES 24
TABLEAU 8 : SYNTHESE DES BESOINS HUMAINS POUR L'IMPLANTATION DES PARCELLES 25
TABLEAU 9 : ANALYSE EN LABORATOIRE DU FONCTIONNEMENT DES SONDES PRESSION « TRUEBLUE 555 LEVEL » 27
TABLEAU 10 : DIFFERENTES VALEURS D'INTERCEPTION DES PLUIES EN FORETS TROPICALES (RAJCEK, 2012) 29
TABLEAU 11 : CARACTERISTIQUE DU L'EVENEMENT 37 (PARCELLE FDH SCAR) 37
TABLEAU 12 : CARACTERISTIQUES DES SONDES UTILISEES (DONNEES CONSTRUCTEURS) 39
TABLEAU 13 : VALEURS DE SCRUTATION A UTILISER ET PERIODICITE DU REMPLACEMENT DES BATTERIES 40
TABLEAU 14 : RESUME DES ACTIONS INHERENTES AU PROTOCOLE DE MESURE ET DE CONTROLE 42
TABLEAU 15 : PROGRAMMATION DE LA MISE EN PLACE ET DU FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF REVUE EN FIN DE PHASE 2... 51

Liste des abréviations et acronymes

AFD	Agence Française de Développement
ANRT	Association Nationale de la Recherche et de la Technologie
CIFRE	Conventions Industrielles de Formation par la REcherche
COPIL	Comité de Pilotage
CPS	Communauté du Pacifique
DAVAR	Direction des Affaires Vétérinaires et Alimentaires
DDEE	Direction du Développement Economique et de l'Environnement de la PN
EE	Espèces envahissantes
GIZC	Gestion Intégrée des Zones Côtières
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
MES	Matières En Suspension
NC	Nouvelle-Calédonie
ONF	Office National des Forêts
PM	Patrimoine Mondial
PN	Province Nord
RA	Résultats attendus (du cadre logique)
RESCCUE	Restauration des Services Ecosystémiques et Adaptation au Changement Climatique
SIEC	Service Impact Environnemental et Conservation
SMRA	Services des Milieux et Ressources Aquatiques de la DDEE-PN
SMRT	Services des Milieux et Ressources Terrestres
UNC	Université de Nouvelle-Calédonie
ZCNE	Zone Côtière Nord Est

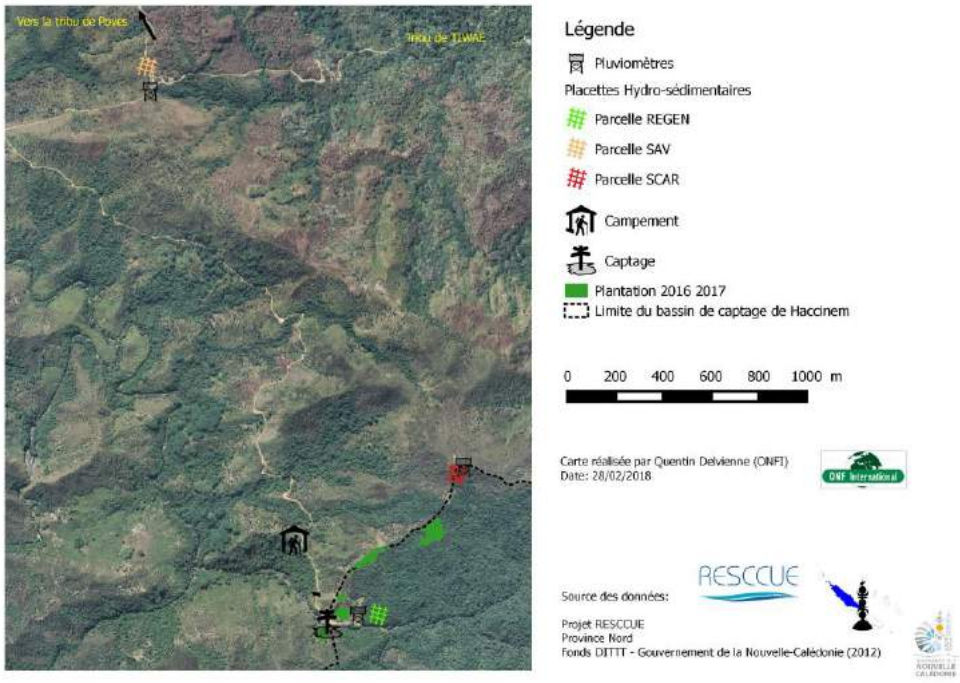
RESUME EXECUTIF

La composante 1 du projet RESCCUE en PN a notamment été axée, à la demande de la province Nord, sur la mise en place d'un dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion sur la zone atelier de Tiwaé (Tiouaé) Pwö-i (Poyes). Le projet RESCCUE a étudié plusieurs options techniques en 2015 et 2016 et la PN s'est ensuite orientée vers la mise en place de parcelles de suivi de l'érosion (hydro-sédimentaire). L'opérationnalisation de ce dispositif a été subdivisée en 4 phases (affinage du design et commande du matériel, mise en place et test des parcelles, fonctionnement du dispositif en continu et pour terminer, extension éventuelle après bilan du fonctionnement). Le présent livrable rapporte la mise en œuvre de la phase 2, la phase 1 ayant été restituée dans le cadre du livrable précédent. Le tableau synthétique de programmation été adapté comme suit en fin de phase 2 :

Phases	Résultats obtenus/attendus	Temporalité
Phase 1 : Adaptation pour une mise en place des parcelles en régie	**Résultats obtenus :** le design des parcelles est adapté et précisé en fonction des résultats de terrain, le matériel clé et les instruments de mesure principaux sont commandés et caractérisés.	Août 2016 – Décembre 2016
Phase 2 : Mise en place des parcelles, test et adaptations du dispositif	**Résultats obtenus :** Un dispositif composé de parcelles est fonctionnel sur le terrain, génère de la donnée de qualité et le traitement local des échantillons peut être réalisé.	Janvier 2017 – **octobre** 2017 *(initialement fin août 2017)*
Phase 3 : Collecte des données et valorisation	Le dispositif génère de la donnée en flux continu, donnée qui est archivée, sécurisée, traitée et valorisée	**Novembre 2018** *(initialement septembre 2017)* **– Décembre 2020**
Phase 4 : Fonctionnement et extension du dispositif (Optionnel et fonction du bilan de la phase 3)	La phase 3 permet la mise en valeur du dispositif, son développement et son fonctionnement à plus long terme	**2021** - 2030

La phase 2 a permis de finaliser la construction des modules nécessaires du dispositif et d'assurer la mise en place (chapitre 2 du présent livrable) et le test de 3 parcelles hydro-sédimentaires (chapitre 3 du présent livrable) :

- Une parcelle en savane (= Parcelle SA) ;
- Une parcelle en forêt dense présentant une litière et une strate de régénération forestière importante (= Parcelle REGEN) ;
- Une parcelle en forêt dense présentant une litière et une strate de régénération peu importante et un état du sol présentant des signes distinctifs du passage répété des gros gibiers envahissants tel que le cerf et le cochon sauvage (= Parcelle SCAR[1]) .



[1] SCAR pour scarifiée

Figure 1: Carte de situation des parcelles

Chaque parcelle est équipée de la même manière : caniveaux, collecteur où se fait la mesure de la turbidité, canal d'approche, seuil jaugeur et son puits de tranquillisation où se fait la mesure de pression (hauteur d'eau), bac de chute, tuyau pvc de 140 vers la première cuve totalisatrice qui joue le rôle de diviseur également et tuyau de 140 depuis la section divisée vers la deuxième cuve.

La mise en place des parcelles a nécessité l'implication de 96,5 homme.jours des membres d'une association locale (Cèmi Acuut A Mulip) ayant pour objectif la préservation et la conservation des forêts. Les manœuvres des deux tribus continueront à être partie prenantes de la phase opérationnelle 3, ils connaissent bien le dispositif, se sont appropriés les objectifs et pour certains portent un intérêt à la visualisation des résultats (exemple : évolution de la lame d'eau ruisselée au cours d'un évènement).

Pour chaque parcelle, un pluviomètre propre a été implanté. Leur implantation se trouve aux abords des parcelles, dans un périmètre restreint. Les distances varient en fonction de la topographie des lieux. Les pluviomètres se trouvent sur des surfaces non arborées.

Le test de dispositif a bien été réalisé et a permis de mettre en évidence divers points qui auront un impact direct sur l'exécution de la phase 3 :

- Un fonctionnement partiel des sondes sur le terrain durant la phase de test. Cela a mis en évidence la nécessité de procéder à des contrôles réguliers de fonctionnement des sondes ;
- Le temps nécessaire à l'exécution des tâches relatives à l'entretien et au fonctionnement du dispositif (un minimum de 2 jours toutes les deux semaines justifie pleinement la nécessité d'affecter un personnel dédié);
- La nécessité de procéder à une validation des données sur base de comparaison des jeux des différentes stations ou de données validées par des institutions extérieures;
- La nécessité de réaliser certaines adaptations du dispositif (protection des caniveaux, du seuil jaugeur et du bac de chute notamment).

Le test du dispositif a permis d'affiner les protocoles suivants (chapitre 4 du présent livrable):

- Protocole de mesure et de contrôle : il donne les temps de scrutation des divers appareils de mesure et prévoit les vérifications d'usage et leur périodicité ;
- Protocole d'entretien du dispositif : il donne la marche à suivre pour la visite des parcelles, le matériel et les points de vérification nécessaires ainsi que les entretiens à faire sur l'appareillage ;
- Protocole de récolte des données : il donne la marche à suivre pour la connexion et le téléchargement des données des sondes ;
- Protocole d'analyse laboratoire : il vise à étudier et définir la relation entre la turbidité, les matières en suspension (MES) et la granulométrie. La phase 3 utilisera le protocole développé à ce titre dans le cadre du projet Hydromine en 2013 ;
- Protocole d'archivage, de traitement, de validation et d'analyse des données : ce protocole détaille les étapes qui vont de l'enregistrement des données sur un ordinateur portable de terrain à la présentation des résultats.

Un laboratoire de terrain a été installé (point 6 du chapitre 2 du présent livrable) ainsi que son matériel dans les locaux de la DDEE à Tuo Cèmuhî (Touho) pour permettre la quantification des matières en suspension des échantillons qui seront prélevés au pied des parcelles. Ce laboratoire sera opérationnalisé dans le cadre de la phase 3. La mise en œuvre effective de cette phase repose sur l'hypothèse de la présence continue d'un jeune chercheur dédié. Dans ce cadre, la coordination du projet RESCCUE s'est investie dans le développement du contenu d'un projet de recherche CIFRE en juin 2017 (chapitre 5). Cette proposition de projet a été affinée avec l'IRD et l'UNC au cours des mois de juillet et août 2017. La province s'est engagée définitivement le 9 novembre 2017 pour l'accueil d'un CIFRE Provincial à condition de l'obtention d'une bourse de l'Agence Nationale pour la Recherche Technologique (ANRT). Le dossier est en cours de traitement par l'ANRT.

Chapitre 1 : Contexte du livrable

La composante 1 du projet RESCCUE en PN a notamment été axée, à la demande de la province Nord lors de la phase de design final du projet (2014), sur la mise en place d'un dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion sur la zone atelier de Tiwaé (Tiouaé) Pwö-i (Poyes). Les termes de référence généraux du projet RESCCUE en PN ont donc inclus l'étude de faisabilité du dispositif et l'appui à l'opérationnalisation de celui-ci.

Après diverses révisions de la faisabilité pour des raisons budgétaires en 2015 et 2016, la PN s'est orientée vers la mise en place de parcelles de suivi de l'érosion et s'est engagée sur la mise en œuvre d'une planification subdivisée en 4 phases pour l'opérationnalisation du dispositif (pour plus de détails, voir les livrables antécédents[2] portant sur le design et l'opérationnalisation du dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion):

Tableau 1 : Programmation de la mise en place et du fonctionnement du dispositif de mesure de l'érosion

Phases	Résultats obtenus/attendus	Temporalité
Phase 1 : Adaptation pour une mise en place des parcelles en régie	**Résultats obtenus :** le design des parcelles est adapté et précisé en fonction des résultats de terrain, le matériel clé et les instruments de mesure principaux sont commandés et caractérisés.	Août 2016 – Décembre 2016
Phase 2 : Mise en place des parcelles, test et adaptations du dispositif	Un dispositif composé de parcelles est fonctionnel sur le terrain, génère de la donnée de qualité et le traitement local des échantillons peut être réalisé.	Janvier 2017 – Août 2017
Phase 3 : Collecte des données et valorisation	Le dispositif génère de la donnée en flux continu, donnée qui est archivée, sécurisée, traitée et valorisée	Septembre 2017 – Août 2020
Phase 4 : Fonctionnement et extension du dispositif (Optionnel et fonction du bilan de la phase 3)	La phase 3 permet la mise en valeur du dispositif, son développement et son fonctionnement à plus long terme	Septembre 2020 - 2030

Un livrable spécifique relatif à la finalisation de la phase 1 a été émis et validé en fin d'année 2016 et a présenté l'ensemble des matériels commandés par la PN en particulier l'instrumentation (sondes de mesures, data logger et seuils jaugeurs)[3]. Ce dernier livrable avait également permis de préciser des plans sous AutoCad pour que le dispositif de parcelles soit modulaire et puisse être utilisé pour effectuer des campagnes de mesure successives sur des sites différents.

Sur base de ces dernières productions, le projet RESCCUE et sa coordination à Touho ont suivi la réalisation des modules de collecte des flux ruisselés et se sont engagés pour l'implantation et le test des parcelles sur le terrain avec l'association Cèmi Acuut A Mulip partie prenante du projet sur les questions liées à la restauration. Le présent livrable entend faire le rapportage de la phase 2 portant sur la mise en place du dispositif, le test de l'instrumentation prévue et le traitement des premières données. Outre le rapportage de ces différentes parties, le livrable présentera également les efforts consentis par le projet pour contribuer à la mise en œuvre de la phase 3.

[2] *Mise en place d'un dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion sur le bassin versant de la Thiem (commune de Touho)*
http://www.spc.int/wp-content/uploads/2016/12/Dispositif-suivi-Bassin-Thiem.pdf
Etude de faisabilité pour la mise en place d'un dispositif de suivi de l'érosion adapté et opérationnalisation
http://www.spc.int/wp-content/uploads/2016/12/Etude-op%C3%A9rationnalisation-dispositif-suivi.pdf

[3] *Voir site RESCCUE CPS – pas encore en ligne au 28/02/2018*
http://www.spc.int/resccue/country-activities/resccue-en-nouvelle-caledonie-province-nord/?lang=fr

Chapitre 2 : Mise en place du dispositif

Pour rappel, le dispositif prévu et financé par la PN est composé de 3 parcelles de ruissellement. Chacune de ses parcelles est située sur une station environnementale différente (voir figure 1 dans le résumé exécutif). Une parcelle est située en savane herbacée (parcelle SAV), une en forêt dense présentant une litière et une strate de régénération forestière importante (parcelle REGEN) et une troisième est située en forêt dense présentant une litière et une strate de régénération peu importante et un état du sol présentant des signes distinctifs du passage répété des gros gibiers envahissants tels que le cerf et le cochon sauvage (parcelle SCAR).

Les critères ayant permis le choix d'un site d'implantation de parcelle ont été précisés dans le cadre de l'étude de faisabilité adaptée.

L'opérationnalisation du dispositif de suivi a prévu que chaque parcelle ou son environnement proche soit équipé du matériel suivant :

- un capteur de pluie à auget basculeur (CS701) de marque Campbell Scientific en lien avec une centrale d'acquisition CR200X du même fabricant (station pluviométrique) ;
- des bordures en acier galvanisé de 2 mm d'épaisseur pour la délimitation des parcelles;
- un ensemble de canaux et collecteurs permettant d'acheminer les flux ruisselés afin de les mesurer ;
- un canal jaugeur en fibre de type « 0,8 foot HS flume » fabriqué et calibré en usine chez OpenchannelFLow et son puits de mesure équipé d'une sonde pression TRUEBLUEE 555 level de la société TE Connectivity ;
- une sonde Aqua Troll 600 de la société IN-SITU pour la mesure de la turbidité ;
- un bac de chute post seuil jaugeur (HS flume);
- une connectique de tubes permettant d'acheminer les flux ruisselés ;
- des cuves totalisatrices de 1 m³ permettant la totalisation des flux ruisselés.

Hormis l'ensemble modulaire de canaux et collecteurs permettant d'acheminer les flux ruisselés dont il a fallu suivre la réalisation technique par une entreprise de soudure, l'ensemble du matériel était livré ou en attente de livraison en fin de phase 1.

En ce qui concerne la mise en place d'un laboratoire de terrain dans les locaux de la DDEE à Touho, des devis ont été mobilisés en cours de phase 2.

Les divers points de ce chapitre sont présentés par ordre chronologique de leur mise en œuvre au cours de cette phase.

1 IMPLANTATION DES PLUVIOMETRES

L'implantation des stations pluviométriques a été réalisée en février 2017 avec un technicien du bureau d'étude A2EP qui a fourni ce matériel à la PN. Chaque capteur de pluie est disposé sur un mât en acier galvanisé qui est fiché dans le sol à l'aide d'une masse. Pour la situation exacte de chaque pluviomètre, se référer à la figure 1.

Afin d'assurer la stabilité de la structure de manière durable, 3 tendeurs sont mis en place. Sur le socle rond du mât en acier galvanisé vient se fixer la croix qui va permettre d'assurer la mise à niveau du capteur (voir figure 2). Il faut pour cela que la mise en place des tendeurs aient permis une mise à niveau grossière préalable. Une boite étanche comportant la batterie et le data logger CR200X est posée et reliée à la sonde par le câble issu de la sonde. L'étanchéité entre l'environnement extérieur et la boîte est effectuée avec une gomme industrielle. Un paquet de dessiccant est inséré dans la boîte et doit permettre de conserver un niveau hygroscopique faible.

a)

b)

Figure 2: Mise en place des stations pluviométriques en février 2017

(a) vue d'ensemble d'une station, b) croix d'accueil de la sonde et c) sonde et son niveau propre)

c)

Une bulle de niveau est inscrite dans la masse de la sonde, il s'agit lors de la mise en place et des contrôles de vérifier l'exactitude du niveau (la bulle doit coïncider avec les deux cercles concentriques). Le réglage se fait uniquement via les 3 vis de la croix placées sur ressort et permettant un équilibrage triaxial. La qualité des données et le bon fonctionnement de la sonde sont directement dépendants de cette mise à niveau et sa vérification régulière.

L'auget et son mécanisme sont assez légers et il est possible que des éléments fins (petites brindilles, insectes, araignées et œufs) viennent entraver son bon fonctionnement. L'ouverture du pluviomètre et le basculement doit être vérifié régulièrement. La périodicité de ces vérifications est précisée dans le protocole d'entretien du dispositif au chapitre 4.

Le démontage de la station et sa mise en place sur un autre site est simple et peu chronophage. Il faut compter deux journées à deux intervenants pour démonter et remonter sur un autre site le jeu des trois sondes. Une journée entre le démontage et le remontage sera utile pour nettoyer délicatement la sonde et faire un tarage conformément aux procédures en vigueur (voir les différents protocoles au chapitre 4). On veillera lors de cette manipulation à protéger la sonde lors du transport particulièrement sa partie sommitale (le blocage de l'auget avec un élastique est fortement conseillé).

2 REALISATION DES MODULES DE COLLECTE DES FLUX RUISSELES

Les modules ont été réalisés en acier inox par l'entreprise Poindimié Soudure. Le projet RESCCUE a fourni les plans détaillés (disponibles sous format Autocad) ainsi que le développé de chaque pièce (cotations et angles) afin de faire un pré-découpage de l'ensemble des parties sur Nouméa. L'entrepreneur a ensuite pointé chaque module. Le pointage a été vérifié par la coordination afin de permettre à l'entrepreneur de procéder à une soudure sur toute la longueur des pièces. Une option aurait été d'assurer l'étanchéité avec de la silicone après soudure par point mais cela n'a pas été retenu étant donné le souhait de disposer de pièces dont l'étanchéité est assurée sur le long terme.

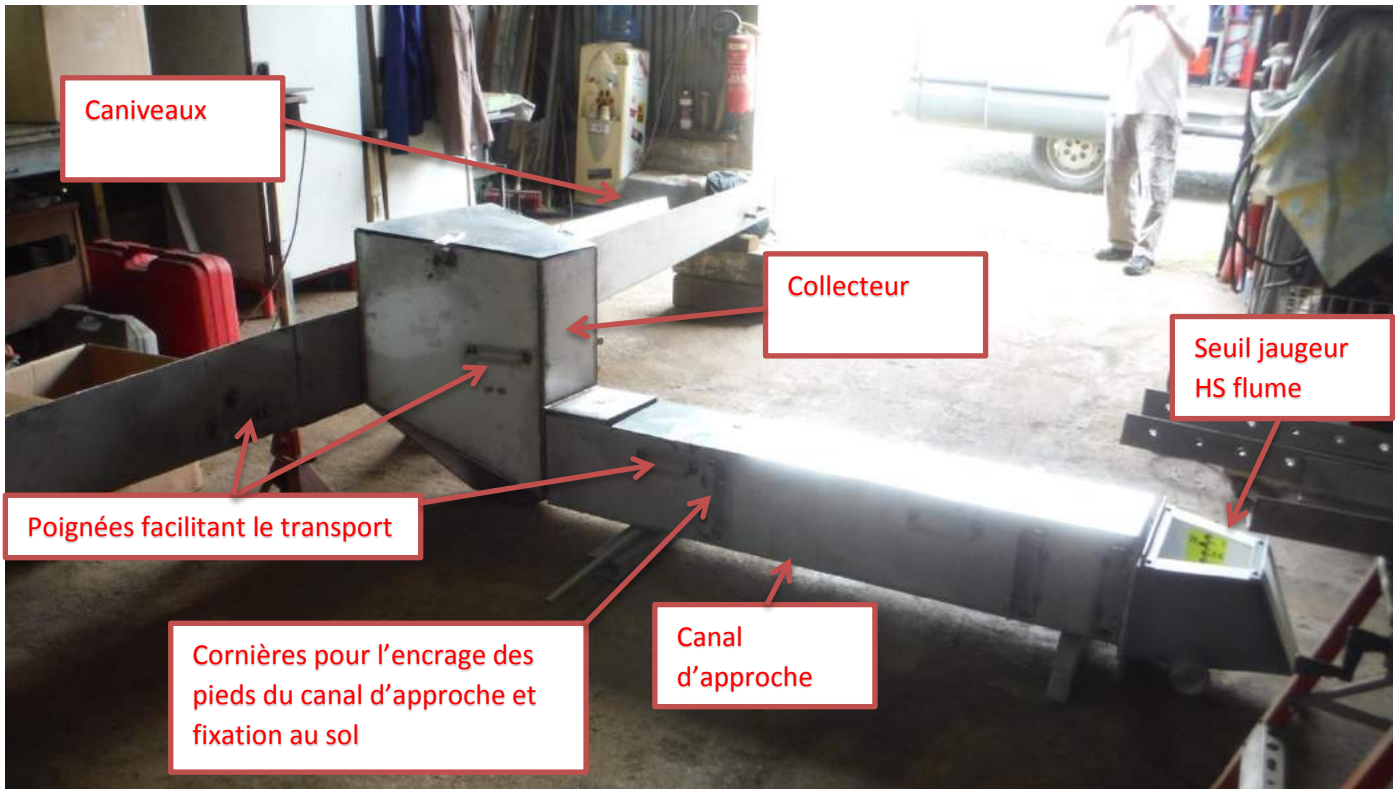


Figure 3: Montage à blanc en atelier des modules d'une parcelle.

Afin de faciliter le transport, l'ensemble de l'équipement est composé de 4 éléments distincts (modules) qui sont ensuite assemblés sur site : 2 caniveaux, 1 collecteur et 1 canal d'approche.

Pour rappel, les caniveaux sont placés perpendiculairement à la pente et servent à capter les eaux de ruissellement provenant des parcelles. Les flux sont ensuite dirigés vers le collecteur où la mesure de turbidité est effectuée. Le fond du collecteur est en forme de cuvette afin de favoriser l'effet « chasse » et de limiter l'envasement de ce dernier. Les eaux de ruissellement passent ensuite par un canal d'approche de faible pente (inférieure à 1%), permettant un passage en flux laminaire. Ce changement d'état limite les variations « parasites » du niveau d'eau dans le puits de mesure.

L'assemblage des modules a été testé en atelier de manière à vérifier le bon agencement des modules les uns avec les autres. Chaque module a été équipé de poignées afin de faciliter le transport sur site. Le collecteur est le module le plus lourd (environ 80 kg) et se déplace à quatre opérateurs sur le terrain. Celui-ci est équipé d'une grille de filtration permettant de capter les débris végétaux et d'un espace d'accueil pour le turbidimètre (tube d'un diamètre légèrement supérieur à celui du turbidimètre – ce tube peut être changé en fonction du type de sonde utilisé et son inclinaison adaptée).

a) b)

Figure 4: Collecteur (a) Vue amont du collecteur avec la présence de la grille de filtration et b) Intérieur du collecteur avec l'alésage de support du capteur de turbidité et une languette pouvant faire office de retenue de sonde

Sur le terrain, les caniveaux sont à poser à même le sol ainsi que le collecteur. Etant donné le fait que le canal d'approche doit présenter une pente de l'ordre de 1%, un système de pattes extensibles a également été ajouté au module (cornières pré-trouées en inox qui viennent prendre attache sur un morceau de cornière soudé au canal d'approche). Le réglage de la longueur des pattes se fait sur le terrain à l'atteinte de la pente souhaitée.

Les modules inox destinés à une parcelle (deux caniveaux, un collecteur et un canal d'approche et ses pieds) peuvent être transportés par un pick-up double cabine. On veillera lors du transport à éviter les chocs afin de ne pas rompre les soudures. Pour se faire, les modules seront fixés par leurs poignées aux attaches de la benne.

Le collecteur et le canal d'approche disposent d'un toit réalisé en tôle d'aluminium qui assure l'étanchéité (pas d'apport de flux extérieur à la parcelle) et qui permet pour le collecteur la sécurisation de la sonde de turbidité (fermeture possible avec un cadenas). Une bande de mousse entre la tôle aluminium et le canal d'approche en inox permet d'éviter la naissance d'un phénomène de corrosion électrolytique et la détérioration accélérée du matériel. L'absence de couverture des caniveaux entraine la nécessité de prendre en compte cet apport de flux lors du traitement des données.

L'étanchéité des modules se réalise par enchevêtrement des modules sur une vingtaine de centimètres et par l'application de silicone aux jointures apparentes.

Les modules ont été conçus et dimensionnés avec le logiciel Autocad. Le collecteur, de forme complexe a révélé quelques erreurs de conception lors de la réalisation (nécessité d'incliner plus que prévu l'ensemble du collecteur pour obtenir les parois verticales). Des ajustements ont été nécessaires afin de permettre le raccordement des éléments les uns avec les autres. Dans le cadre de ce livrable, les plans ont été corrigés. Ils sont donnés en annexe 1.

3 IMPLANTATION DES PARCELLES

Le projet RESCCUE a pu s'appuyer sur un stagiaire hydrologue (Nicolas Sauvan - Université de Montpellier – Master 2 Eau parcours Hydre 2016 - 2017) et une équipe de 4 jeunes hommes issus des deux tribus (Pwö-i (Poyes) et Tiwae) et faisant partie de l'association « Cèmi Acuut A Mulip » pour la mise en place de parcelles (pose des bordures, caniveaux, collecteurs, canaux jaugeurs, instruments de mesure et cuves totalisatrices). Les travaux se sont déroulés en 4 étapes afin de pouvoir profiter de la fin de la saison pluvieuse pour pouvoir tester le fonctionnement du dispositif :

Tableau 2 : Etapes relatives à l'implantation des parcelles

Etape	Date de début	Date de fin
Etape 1 : Mise en place des modules et des bordures	01/04/2017	03/05/2017
Etape 2 : Mise en place de l'instrumentation	04/05/2017	06/05/2017
Etape 3 : Fonctionnement du dispositif	06/05/2017	20/06/2017
Etape 4 : Mise en place des cuves	24/07/2017	31/10/2017

3.1 IMPLANTATION DES MODULES DE COLLECTE DES FLUX RUISSELES

Les modules ont été acheminés sur les parcelles à dos d'homme par l'équipe de terrain. L'acheminement sur la parcelle la plus éloignée a pris une journée à l'équipe (5 hj pour une parcelle). La mise en place des modules a pris également une journée par parcelle (5 hj pour une parcelle).

Figure 5: Echantillon de prises de vue représentatives de la démarche d'implantation des modules de collecte des flux ruisselés

La démarche utilisée et recommandée pour la mise en place des équipements est la suivante :

1. Recherche d'une rupture de pente pouvant accueillir le dispositif (la partie haute du début du canal d'approche doit impérativement être hors sol) ;
2. Délimitation de la parcelle avec des pieux et du fil (voir point a de la figure 5);
3. Délimiter l'emplacement du collecteur et des caniveaux (voir point a de la figure 5)[4];

[4] *Il est préférable d'adapter la pente des caniveaux à celle de la pente pour créer le moins de perturbation possible dans la microtopographie en amont du caniveau. La précision de la délimitation et de l'ouverture de la tranchée est extrêmement importante car elle va directement influer sur le volume remblayé en amont des caniveaux et entrainer une perturbation lors des premières campagnes de mesures. On préférera utiliser une bèche plate pour inciser l'amont du décaissement et minimiser la perturbation.*

4. Rechercher sur le transect le point le plus bas qui nous servira de « référence » pour le décaissement (voir point a de la figure 2),;
5. Réaliser la tranchée pour enterrer les caniveaux et pour que leur partie amont soit à fleur du sol (voir point b de la figure 2);
6. Veiller à respecter au mieux le recouvrement entre les caniveaux et le collecteur (20cm de part et d'autre). On décaisse pour enterrer le collecteur afin qu'il s'emboîte sans forcer dans les caniveaux. On jointe les pièces entre elles ;
7. Le collecteur doit-être mis de niveau (voir point h de la figure 2);
8. On remblaye la face amont des caniveaux pour qu'ils soient à fleur du sol (voir point f de la figure 2) ;
9. Le canal d'approche est encastré dans le collecteur. Sa pente doit être de 1 %. Pour cela on utilise une règle de maçon et un niveau (voir point g de la figure 2);
10. Une fois le canal d'approche mis en place (de niveau, avec sa pente et jointé), on le fixe à ses pieds, qui ont été enfoncé dans le sol (voir point g de la figure 2).

Tous les joints sont réalisés en silicone et nécessiteront d'être repris régulièrement.

Les pieds du canal d'approche, outre leur rôle pour maintenir le canal d'approche dans une pente satisfaisante (inférieure à 1 %), contribuent à la stabilité des autres modules dans la pente.

3.2 IMPLANTATION DES BORDURES

Les plaques de bordure (300*37*0.2) ont été acheminés sur les parcelles à dos d'homme par l'équipe de terrain. Vu les dimensions de celles-ci, diverses techniques de transport ont été testées mais il s'avère au final que le transport d'un plaque par homme et sur la tête est la solution la moins pénible et chronophage. Pour la parcelle la plus éloignée, il a fallu environ une journée à l'équipe pour assurer le transport de l'ensemble des plaques sur site (5 hj pour une parcelle).

Figure 6: Test de transport des plaques de bordure avec une structure en bambou

L'installation les plaques de bordure se fait en suivant la délimitation précédemment faite. Pour limiter l'impact sur la zone d'implantation, il est préférable de contourner tout arbre ou racine importante présent sur le tracé précédemment balisé. Avant d'enfoncer les bordures à la masse, on prépare le terrain à l'aide d'une barre à mine en créant un sillon de 15 centimètre de profondeur. Les plaques sont ensuite enfoncées sur environ 15 cm et maintenues avec des pieux en bois. Chaque plaque recouvre la précédente de 15 cm. On remblaye légèrement la base des plaques par l'extérieur de la parcelle pour consolider le tout.

Figure 7: Sillon courbe réalisé à la barre à mine pour ficher la bordure et éviter d'impacter le milieu

Le temps nécessaire à la mise en place en place des bordures est d'une journée par parcelle (5 hj par parcelle).

3.3 SURFACE DES PARCELLES

La surface de chaque parcelle, du fait de son inscription dans un environnement naturel, a été calculée en divisant cette dernière en sous unité de forme trapézoïdale (trapèze rectangle). En appliquant la formule de l'aire d'un trapèze à chaque sous-unité on peut déterminer la surface totale de chaque parcelle d'étude.

Les mesures ont été réalisées à pas de hauteur variable en fonction de l'hétérogénéité de la forme du bord de la parcelle. Le détail de mesures effectuées pour le calcul exact des surfaces des parcelles est disponible en annexe 2.

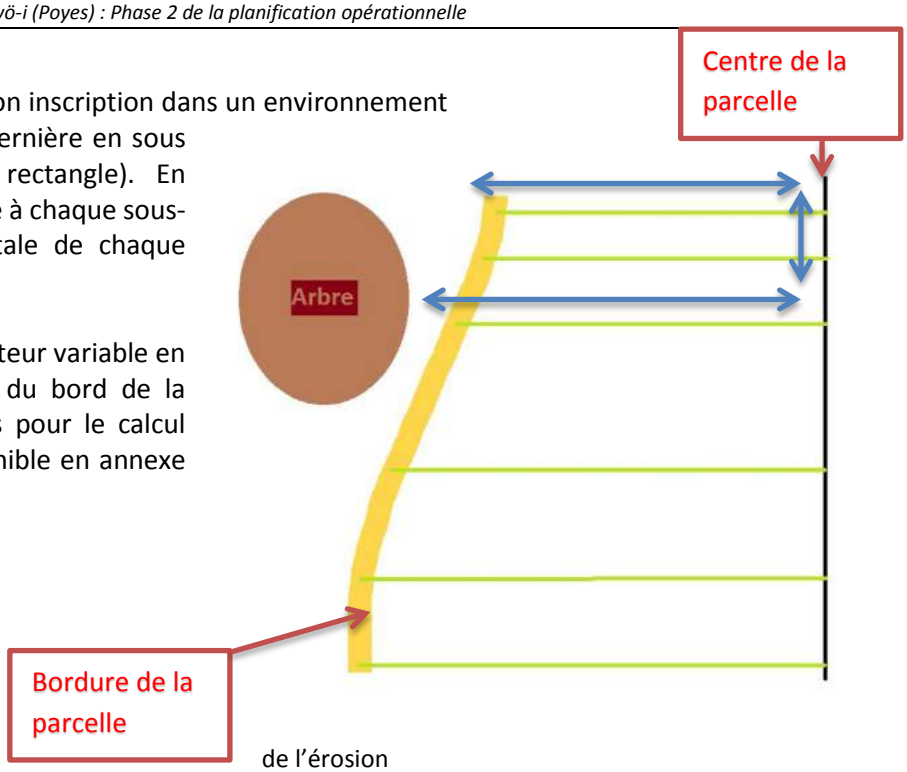


Figure 8: Schéma de la méthode de mesure surfacique des parcelles

Tableau 3 : Surfaces des parcelles de mesure de l'érosion

Parcelles	Surface (m²)
Parcelle FDH SCAR	120, 984
Parcelle FDH REGEN	85.130
Savane SA	115.366

4 INSTRUMENTATION DES PARCELLES

4.1 SEUIL JAUGEUR

Le HS-flume 0,8 pied est placé sur la sortie du canal d'approche, elle-même équipée d'une cornière pré-trouée permettant le boulonnage du seuil. Chaque HS-flume correspond à un jeu de module car la trouaison des pièces pour le système de fixation a été faite en atelier (assemblage millimétré).

Figure 9: Hs-FLume et ses ailes de fixation pré-percées et boulonnées au canal d'approche à l'atelier

Après fixation du HS flume, il est nécessaire de procéder à une jointure entre le seuil et le canal d'approche à la silicone par l'intérieur.

4.2 PUITS DE MESURE

On place le puits de mesure et on le raccorde au Hs-flume. Le puit de mesure doit-être de niveau. On imprime une légère pente au tube PVC servant de raccord. Le puits de mesure est donc légèrement en deçà du niveau du canal d'approche. On veille à remplir le puits d'eau jusqu'écoulement dans le canal d'approche.

Les puits de mesure ont été placés dans un premier temps dans des constructions non durable faite de piquets bois, de bambous et de terre (voir figure 10). Celles-ci vont être remplacées par des poteaux en Y et des traverses (tiges filetées englobée dans du tuyau souple) pour assurer un maintien du puits de mesure sur le long terme.

4.3 SONDE PRESSION

Les sondes pression (Trublue 555 level) autonomes sont placées dans les puits de mesure pour lequel un chapeau a été réalisé en polyester. Cela évite un apport de flux externe à la parcelle.

Figure 10: Hs-FLume, son puits de mesure et le cable d'interface de la sonde

La sonde est retenue par un élément en mousse dans chaque puits de mesure afin que celle-ci soit fixe et verticale. La calibration des sondes a été réalisée dans cette position d'où la nécessité de la conserver durant la campagne de mesure.

Après le test du dispositif (voir chapitre 3), on recommande que la sonde ne se situe pas dans le fond du puits, des sédiments parasites pouvant influer la mesure. Une distance de 2 cm entre la sonde et le fond du puits sera adoptée.

Les sondes Trublue 555 level sont dites ventilées, elles se raccordent à un câble (câble d'interface TruBlue 853) qui dispose d'un tube de pression de référence qui permet la mesure de la pression extérieure instantanée et dès lors de renvoyer une hauteur d'eau mesurée corrigée. Il est recommandé que ce câble ne forme pas des coudes courts ou que celui-ci soit cassé. On préférera dès lors étendre, dans la mesure du possible, ce câble qui reste en place durant la durée de la campagne de mesure (l'exemple contraire est présenté ci-dessus à la figure 10).

Figure 11 : Cable d'interface Trublue 853 et son connecteur de sortie

L'extrémité du câble d'interface avec le connecteur de sortie est protégée par un petit bouchon qui est extrêmement fragile et qui a tendance à s'enlever facilement.

Le filtre en Gore-tex permet l'aération de la sonde et la mesure de la pression extérieure.

Figure 12 : Connecteur de sortie du câble d'interface TruBlue 853

Les sondes pressions Trublue 555 level ont été fournies avec un câble de communication qui vient se brancher au connecteur de sortie lors de la collecte des données.

4.4 TURBIDIMETRE

L'implantation des turbidimètres Aquatroll 600 se fait facilement en glissant ceux-ci dans le tube prévu à cet effet dans le collecteur. Il est possible de régler l'inclinaison de la sonde mais cela ne s'est pas avéré nécessaire.

Figure 13 : Vue du haut d'un collecteur et de sa sonde de turbidité installée et connectée

Pour que la sonde soit bien plongée dans l'eau de la cuvette du collecteur où l'effet chasse doit avoir lieu, il faut retirer le support en plastique de l'extrémité de la sonde.

Figure 14 : Aquatroll 600 et son embout dévissé pour incorporation dans le collecteur

5 MISE EN PLACE D'UN LABORATOIRE DE TERRAIN

Un laboratoire de terrain a été installé dans les locaux de la DDEE à Tuo Cèmuhî (Touho) pour permettre la quantification des matières en suspensions des échantillons qui seront prélevés au pied des parcelles. Les travaux ont consisté en la transformation d'une chambre de passage peu usitée en une chambre laboratoire équipée d'une paillasse avec ses étagères et d'un évier. Ces travaux ont été réalisés par l'entreprise Nordwood de Tuo Cèmuhî (Touho) .

Figure 15 : Laboratoire et matériel disponible

Le matériel de laboratoire nécessaire a été commandé par la PN à Techmed et Intermed et est venu équiper le local dédié. L'étuve qui sera utilisée (récupération d'un projet passé) est un incubateur de marque Memmert série INB 500 (manuel en annexe 3).

Tableau 4 : Tableau des matériels et consommables commandés et livrés

Matériel	Consommables
- Balance de précision AS 220 - Dispositif complet de filtration (Buchner) - Trompe à eau ; - Dessicateur à robinet - Agitateur magnétique - Tuyau à vide - 3 béchers de 1l et 3 béchers de 500 ml	- seringues 50 ml – boîte de 60 unités - Pinces anatomiques – 2 unités - Filtres en fibre de verre – 100 unités (47 mm – porosité 1,2 µm) - Boîtes de Pétri 90 mm de diamètre – 3 sacs de 33 - 3 solutions standards pour étalonnage turbidimètre à 10 NTU.

Au cours de cette phase 2, ce matériel n'a pas été testé en situation de fonctionnement réelle étant donné l'absence de mise à disposition d'un échantillonneur d'eau. Pour la phase 3, un échantillonneur automatique de type ISCO sera mis à disposition du fonctionnement du dispositif par l'IRD de Nouméa.

Dès l'installation du chercheur doctorant sur le site (voir chapitre 5 : hypothèse de l'inscription d'un CIFRE provincial sur le dispositif de Tuo Cèmuhî (Touho)), des campagnes d'échantillonnage seront exécutées en étroite collaboration avec l'IRD et l'UNC afin de pouvoir corréler la turbidité et les matières sèches présentes dans les flux hydro-sédimentaires (ruissellement des parcelles). Le protocole de mesure de MES à utiliser est celui développé dans le rapport Hydromine (Hydromine,2012), il a déjà été testé et validé lors de ce projet.

Un projet de recherche sur la leptospirose en lien avec dispositif de suivi sera déposé à l'ANRT et devrait pouvoir également tirer parti de l'équipement ci-dessus mentionné (voir également la conclusion du présent livrable).

6 IMPLANTATION DES CUVES TOTALISATRICES

Pour rappel, le design du dispositif a prévu de mettre en place un système de totalisation des flux ruisselés à travers la mise en place de cuves de 1000l (2 par parcelles dont un diviseur pour permettre de capter l'ensemble des flux d'un évènement centennal). Cette totalisation a le double objectif d'être démonstratif et de pouvoir vérifier les mesures d'hauteur d'eau effectuées.

Les flux ruisselés transitant dans le HS-Flume doivent se jeter dans un bac de chute, la hauteur de la chute doit être suffisante pour que la loi hydraulique soit vérifiée au niveau du seuil jaugeur. La hauteur standard minimale donnée par le fabriquant est de 30 cm. La PN a fait réaliser localement trois bacs de chute en contreplaqué marin époxy. Les dimensions intérieures de ces bacs sont :

- Hauteur : 50 cm ;
- Largeur : 60 cm ;
- Longueur : 80 cm ;

Figure 16 : Bac de chute installé sur site réalisé en contreplaqué epoxy

Ces bacs de chute disposent d'une sortie de 14 cm de diamètre (sur la face aval) devant accueillir un tuyau pvc de cette dimension. Ce tuyau pvc a vocation à acheminer le flux vers la première cuve qui jouera le rôle de diviseur.

Afin d'assurer une certaine longévité aux bacs de chute une grille en fer à béton a été réalisée pour poser chaque bac elle-même portée par des fers en y (voir figure 18).

Les cuves de 1000 litres utilisées sont des cuves alimentaires ayant contenu de l'huile végétale. Celles-ci sont graduées tous les 100 litres. Ces graduations ont été vérifiées par ajout de sceaux de 10 litres. On peut donc facilement évaluer la quantité d'eau dans les cuves en mesurant la hauteur d'eau.

Pour ce qui est de la calibration du diviseur, des trous ont été effectués à la scie à cloche à un même niveau sur chaque cuve concernée. Les débits de sortie du diviseur ont été vérifiés par ajout d'eau, il a été noté que les débits de sortie étaient similaires et que le diviseur jouait bien son rôle. Par contre l'option de mettre en place un connecteur de flux sur un des diviseurs n'est pas envisageable car elle change le niveau du diviseur concerné et les débits de sortie ne sont plus égaux. Cette option a donc été abandonnée et les sorties du diviseur ont été laissées libres, le flux divisé est collecté à l'aide d'un tube pvc de 14 cm de diamètre qui ne vient pas interférer sur la forme de la cuve sous pression et donc sur la division des débits.

Chaque diviseur divise en sortie les débits en 3 parts égales. Une de ces parts est acheminée vers la cuve en aval de parcelle.

Figure 17 : Cuve totalisatrice et ses diviseurs

Pour le raccordement des cuves, des tuyaux de 140 de diamètre ont été utilisés ainsi que des coudes d'angle différent en fonction de la configuration de chaque site. L'ouverture supérieure des cuves est de 14 cm de diamètre et permet l'introduction parfaite d'un tuyau de ce calibre. L'arrivée d'eau se fait via un coude de 90°, au quel est joint un tube de 80 cm qui plonge dans la cuve pour éviter les perturbations (mise en mouvement des matières en suspension).

Pour ce qui est des supports de cuves, afin que ces dernières soient de niveau, ceux-ci ont été réalisés localement en bois et ont été montés sur place.

La démarche suivante a été utilisée pour la mise en place de cette partie basse des parcelles :

1. Identification des sites d'implantation des cuves (on se réfère au niveau de sortie du HS flume et on soustrait la hauteur du bac de chute, des tuyaux d'arrivée d'eau (tuyau et coude), de la cuve et de son futur support bois) ;
2. Réalisation du support bois de chaque cuve à l'aide de poteaux de Niaouli et de traverses en bois (le cadre d'accueil en bois a été réalisé pour 2 cuves en atelier, c'est plus évident que de le construire sur site) – les supports sont mis de niveau avant fixation ;
3. Mettre en place les cuves et vérifier les niveaux ;
4. Etablir le décaissement nécessaire pour l'implantation du support et du bac de chute, ce premier peut être installé à 2 cm du sol (il s'agit uniquement de surélever légèrement le bac de chute par rapport au sol) ;
5. Imprimer une légère pente vers l'aval au bac de chute ;
6. Pose des tuyaux et des appuis sur des poteaux de Niaouli (on peut s'aider d'un niveau fixable sur un fil pour guider la construction et s'assurer des niveaux) ;
7. Assurer l'étanchéité à la silicone de la connexion bac de chute et tuyau (on peut vérifier ensuite que l'écoulement de l'eau se fait bel et bien).

a)

b)

c)

d)

e)

Figure 18 : Installation des cuves sur les parcelles

a) Construction des supports de cuves ; b) installation des cuves ; c) décaissement et installation du support de bac de chute ; d) installation du bac de chute ; e) installation des tuyaux et de leurs supports.

b)

7 CONCLUSION DE L'IMPLANTATION ET SYNTHESE

Le dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion a été installé conformément à la planification opérationnelle de la phase 2 avec un décalage de deux mois. Les efforts consentis ont permis la mise en place de 3 parcelles situées sur des stations distinctes :

1. Une parcelle en savane (= Parcelle SA) ;
2. Une parcelle en forêt dense présentant une litière et une strate de régénération forestière importante (= Parcelle REGEN) ;
3. Une parcelle en forêt dense présentant une litière et une strate de régénération peu importante et un état du sol présentant des signes distinctifs du passage répété des gros gibiers envahissants tel que le cerf et le cochon sauvage (= Parcelle SCAR[5]) .

Chaque parcelle est équipée de la même manière : caniveaux, collecteur où se fait la mesure de la turbidité, canal d'approche, seuil jaugeur et son puits où se fait la mesure de pression (hauteur d'eau), bac de chute, tuyau pvc de 140 vers la première cuve totalisatrice qui joue le rôle de diviseur également et tuyau de 140 depuis la section divisée vers la deuxième cuve.

Figure 19 : Aperçu global de la partie aval d'une parcelle et zoom sur les deux cuves totalisatrices

[5] SCAR pour scarifiée

Pour chaque parcelle, un pluviomètre propre a été implanté. Leur implantation se trouve aux abords des parcelles, dans un périmètre d'une centaine de mètre. Les distances varient en fonction de la topographie des lieux. Les pluviomètres se trouvent sur des surfaces non arborées pour ne pas biaiser les mesures.

Tableau 5 : Tableau des distances en mètres entre les parcelles et les pluviomètres

Distance en mètres	Parcelle FDH SCAR	Parcelle FDH REGEN	Parcelle SA	Pluviomètre FDH SCAR	Pluviométre FDH REGEN	Pluviomètre SA
Parcelle FDH SCAR	0	662	2148	56	723	2072
Parcelle FDH REGEN		0	2498	702	108	2361
Parcelle SA			0	2149	2465	96
Pluviomètre FDH SCAR				0	783	2048
Pluviométre FDH REGEN					0	2672
Pluviomètre SA						0

Les divers éléments du dispositif sont situés à des altitudes différentes.

Tableau 6 : Tableau des altitudes des parcelles et pluviomètres

Nom	**Altitude (m)**
Parcelle FDH SCAR	365
Parcelle FDH REGEN	241
Parcelle SA	187
Pluviomètre FDH SCAR	377
Pluviomètre FDH REGEN	234
Pluviomètre SA	189

L'accessibilité des éléments du dispositif est variable et conjugue des déplacements en voiture et à pied depuis la tribu voisine de Tiwae.

Tableau 7 : Temps de cheminement depuis de la tribu de TIWAE pour l'atteinte des parcelles

Nom de la parcelle	**Trajet en voiture**	**Trajet à pied**
Parcelle FDH SCAR	30 minutes	30 minutes
Parcelle FDH REGEN	30 minutes	10 minutes
Parcelle SA	10 minutes	Bas de la parcelle accessible en voiture

Les besoins en temps pour l'implantation des parcelles et donc le coût humain sont directement dépendants de l'accessibilité des parcelles. La partie la plus pénible de l'implantation a sans nul doute été le transport à dos d'homme de l'ensemble du matériel.

Tableau 8 : Synthèse des besoins humains pour l'implantation des parcelles

Temps en HJ pour la réalisation des actions ***Manœuvre (hj)*** ***Opérateur Scientifique (hj)***	***Stations pluviométriques***	***Modules de collecte des eaux ruisselées***		***Bordures***		***Transport, Implantation du seuil jaugeur et de son puits de mesure***	***Baques de chute, cuves et tubes***			***Implantation des sondes***	***Total***
		Transport	***Implantation***	***Transport***	***Implantation***		***Transport***	***Création support en bois des cuves***	***Implantation***		
Parcelle FDH SCAR	0	4	4	4	4	1	4	4	4	1	**30**
	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	**8,5**
Parcelle FDH REGEN	0	4	4	4	4	1	4	4	4	1	**30**
	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	**8,5**
Parcelle SA	0	2	4	2	4	1	2	4	4	1	**24**
	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0,5	**7**

96,5 hj de manœuvre ont été utilisés à la fin octobre 2017 pour la mise en œuvre du dispositif, cela s'explique notamment par la réalisation par les manœuvres de certaines pièces (exemple : grille réalisée en fer à béton pour l'accueil du bac de chute et ses supports). Les manœuvres des deux tribus continueront à être partie prenantes de la phase opérationnelle 3, ils connaissent bien le dispositif, se sont appropriés les objectifs et pour certains portent un intérêt à la visualisation des résultats (exemple : évolution de la lame d'eau ruisselée au cours d'un évènement).

Chapitre 3 : Test du dispositif

1 CARACTERISTIQUES GENERALES DU TEST

Les trois parcelles ont été aménagées durant les mois d'avril et de mai 2017. Les modules en acier construits en atelier à Touho ont été amenés sur site et implantés en s'adaptant aux irrégularités du sol (terrain accidenté et racines d'arbres). Les bordures ont permis de délimiter l'emprise de la zone de réception des eaux météoriques et les modules ont été installés de niveau afin de garantir un fonctionnement optimal. Certaines adaptations de terrain ont parfois été nécessaires mais le montage à blanc des multiples éléments a permis de limiter considérablement les ajustements de dernière minute.

Les terrassements ont été réalisés avec précaution afin de ne pas modifier les caractéristiques pédologiques de la parcelle à tester. Néanmoins, l'implantation des caniveaux à fleur de terrain naturel a immanquablement conduit à perturber localement le sol. Par conséquent, les premières mesures (pendant une saison végétative afin que la parcelle retrouve son état originel) vont permettre d'identifier le bon fonctionnement du dispositif, et le cas échant d'apporter des corrections aux défauts constatés.

Figure 20 : Etat des caniveaux et du canal d'approche après le passage du cyclone Cook

Les 4 et 6 mai 2017, les capteurs de hauteur d'eau (sonde TruBlue) et de turbidité (AcquaTroll) ont été installés sur les trois parcelles. Les pluviomètres avaient déjà été installés depuis le 21 février 2017. Dès le début du mois de mai, les premières chroniques de données sont produites et les matériels testés.

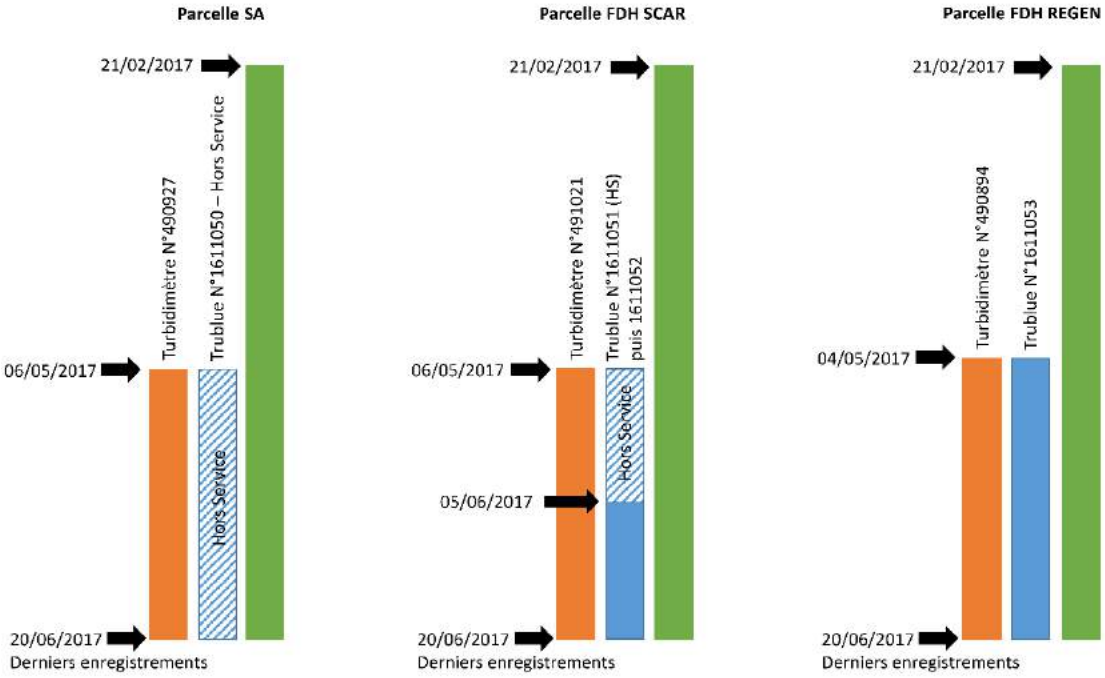


Figure 21 : Chronogrammes de mise en route des capteurs et disfonctionnement des sondes

Lors de la phase de collecte des données, un certain nombre de sondes ont présenté des disfonctionnements. Pour diverses raisons inhérentes à la planification des travaux de mise en place des parcelles, le contrôle du bon fonctionnement des sondes n'a pu être réalisé sur des délais courts.

Afin de vérifier les incohérences dans ces jeux de données, toutes les sondes du dispositif ont été récupérées pour vérification, nettoyage et contrôle en laboratoire. Les sondes de pression ont été testées (plongées dans un récipient, les informations produites par les capteurs ont été comparées aux quantités d'eau réellement versées). La manipulation a été faite à deux reprises. Les résultats du dernier test effectué renvoient les problèmes matériels suivants :

Tableau 9 : Analyse en laboratoire du fonctionnement des sondes pression « TrueBlue 555 level »

Numéro sonde	Firmware version	Connection	Lecture directe	Test	Téléchargement	A faire
1611052	2.7	ok	ok	ok	ok	
1611051	2.7	ok	ok	ok	ok	A vérifier
1611050	2.7	ok	ok	change pas de temps automatiment mais valeurs renvoyées	ok	
1611053	2.7	ok	ok	ok	ok	

La sonde n°1611051 présente à priori un fonctionnement normal en laboratoire ce qui pourrait être expliqué par le fait que le câble d'interface Trublue 853 n'était pas parfaitement disposé sur le terrain (voir à ce titre le 4.3 du chapitre 2).

La sonde n°1611050 modifie le pas de temps entre les mesures de façon autonome et aléatoire. Après ré-analyses des informations produites par la sonde TruBlue n°1611050, bien que le pas de temps varie de manière aléatoire, les informations ne paraissent pas erronées. Il s'avère que les données peuvent être valorisées dans les traitements. Une réinstallation du Firmware sera exécutée et la sonde sera ensuite testée avant la prochaine ré-instalation. Dans le cas où le pas de temps présenterait toujours des modifications en cours d'acquisition, la PN demandera à son fournisseur la réparation de la dite sonde.

Cette problématique majeure de fonctionnement des sondes observée durant le test nous a fait modifier en profondeur le protocole initial de mesure et de contrôle en ajoutant la nécessité de pratiquer régulièrement un contrôle du bon fonctionnement des sondes (voir chapitre 4).

2 LAME D'EAU PRECIPITEE

2.1 GENERALITES

Pour ce type de pluviomètre, chaque auget possède un volume de collecte équivalent à une lame d'eau de 0,2 mm. Dès que l'auget est rempli, il bascule générant une impulsion électrique (signal analogique) qui est ensuite converti en signal numérique par le biais des data loggers CR200X. Le pas de temps de scrutation choisi est de 6 minutes. Les données brutes se présentent sous la forme suivante :

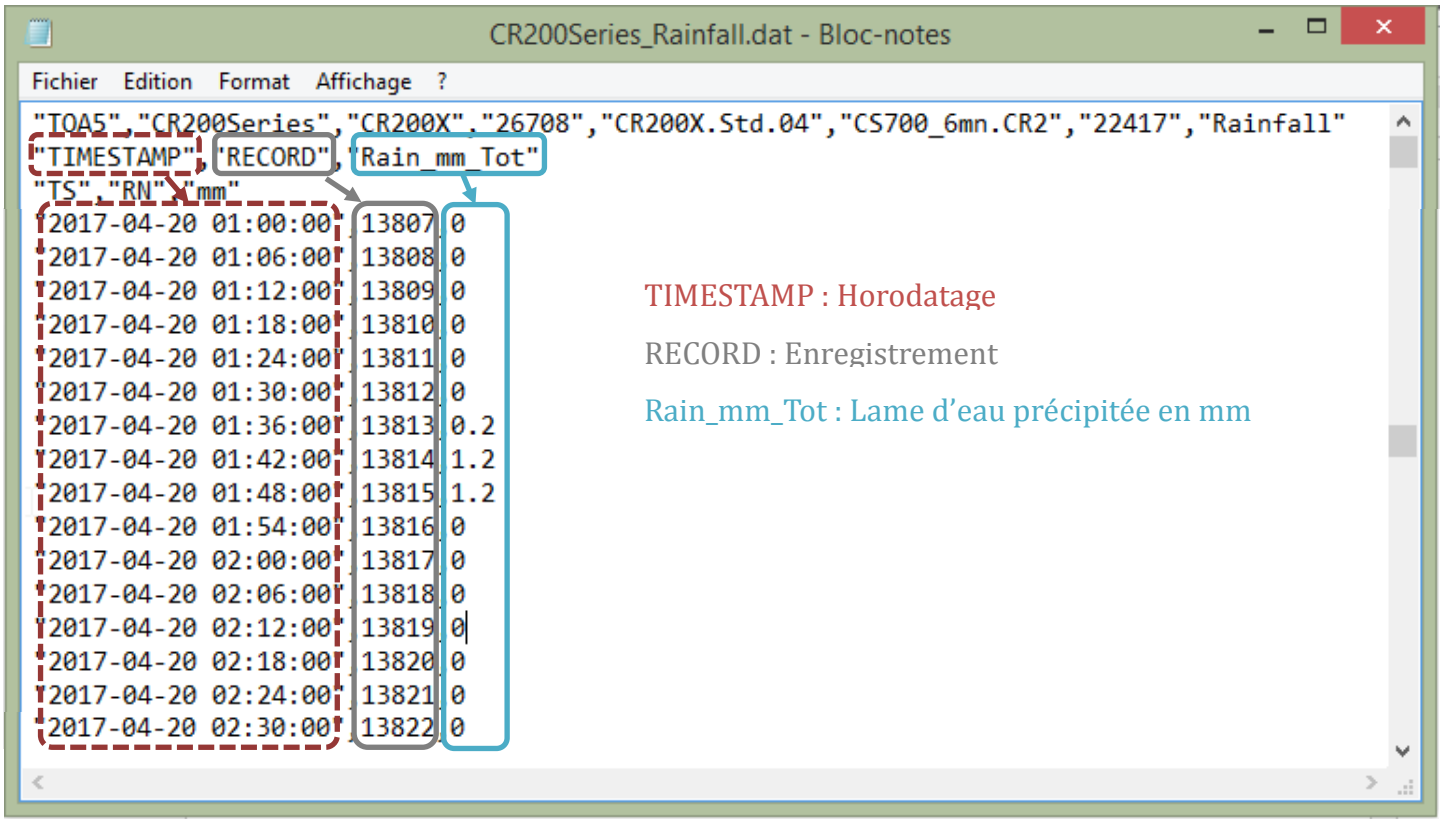


Figure 22 : aperçu du fichier de sortie du data logger du pluviomètre

Par pas de temps de 6 minutes, l'information de pluie mesurée est un multiple de 0,2 mm. Par tradition, la représentation de la pluie est donnée en histogramme. Pour pouvoir être représentée en histogramme sur les graphiques combinés avec le débit, il est impératif (sur Microsoft Excel) d'avoir des données de pluie et de débit à la même fréquence. Dans notre cas, les temps de scrutation sont différents. C'est pourquoi nous représenterons les graphiques de pluie en nuage de point.

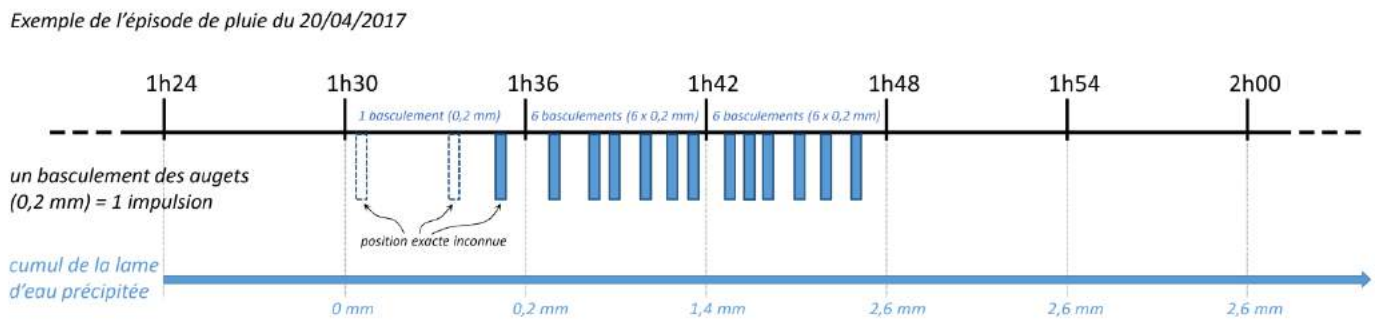


Figure 23 : Schéma de comptabilisation des impulsions de basculement de l'auget

La donnée produite à l'heure 1h30 donne le nombre d'impulsions électriques générées pendant l'intervalle de temps [1h24 – 1h30]. Dans le cas présent, il ne s'est produit aucune impulsion. La donnée produite à l'heure 1h36 donne le

nombre d'impulsions électriques générée pendant l'intervalle de temps [1h30 – 1h36]. Ici il s'est produit une impulsion, donc un basculement de l'auget pendant cette période (soit 0,2 mm).

La donnée de pluie est donc fortement discrétisée, mais compte tenu des fortes intensités recherchées, le faible volume unitaire (0,2 mm) permet de lisser la variable. En terme de répartition temporelle, on sait que le basculement des augets a eu lieu entre 1h30 et 1h36 sans davantage de précision. Il a très bien pu se produire en début comme en fin d'intervalle. Par ailleurs, l'auget a aussi pu se remplir pendant la ou les période(s) précédente(s). Au bilan, sur cet épisode, il est mesuré 2,6 mm sur la période [1h30 – 1h48].

Le design du dispositif a fait l'hypothèse que la distance entre les parcelles et les pluviomètres est suffisamment faible pour considérer que la pluie incidente est identique sur les deux surfaces. On part également du principe que la pluie incidente mesurée par le pluviomètre sera la pluie « estimée » incidente sur notre parcelle.

La mesure de l'interception de la pluie incidente par la végétation est difficile à évaluer. L'interception varie énormément dans l'espace, principalement en fonction des espèces végétales et des conditions météorologiques. Très nombreux, les facteurs qui contrôlent la capacité de la canopée à intercepter et stocker l'eau concernent le feuillage (la forme, la taille, la rugosité, l'état de turgescence au moment de l'épisode pluvieux, l'orientation, la caducité…) (Rajcek, 2012).

Tableau 10 : Différentes valeurs d'interception des pluies en forêts tropicales (Rajcek, 2012)

Végétation, pays et source	Evénement pluvieux + spécification	Pertes d'interception	Précipitation au sol	Ecoulement supercortical	Précipitation au sol nettes
Climat tropical à pluviomètrie élevée					
Forêts tropicales, Surinam (Jackson 1975)	2,5mm 20mm	48% 21%			52% 79%
Forêt tropicales humides, Tanzanie (Jackson 1975)	2mm 20mm	60% 12%			40% 88%
Forêts tropicales humides (Bruijnzeel 1989)	A base annuelle	12-14%	86%	0,5-2,0%	86-88%

Etant donné la spécificité des forêts denses humides calédoniennes d'un point de vue floristique et l'absence de données particulières d'interception des pluies, nous travaillerons avec la pluie incidente mesurée par le pluviomètre comme donnée d'entrée. Nous gardons bien évidemment en mémoire l'existence d'une interception par le couvert végétal mais le mettons en exergue du fait de l'objectif poursuivi (mieux appréhender la capacité de protection des couvertures végétales).

2.2 EVENEMENTS PRINCIPAUX MESURES ET VALIDATION

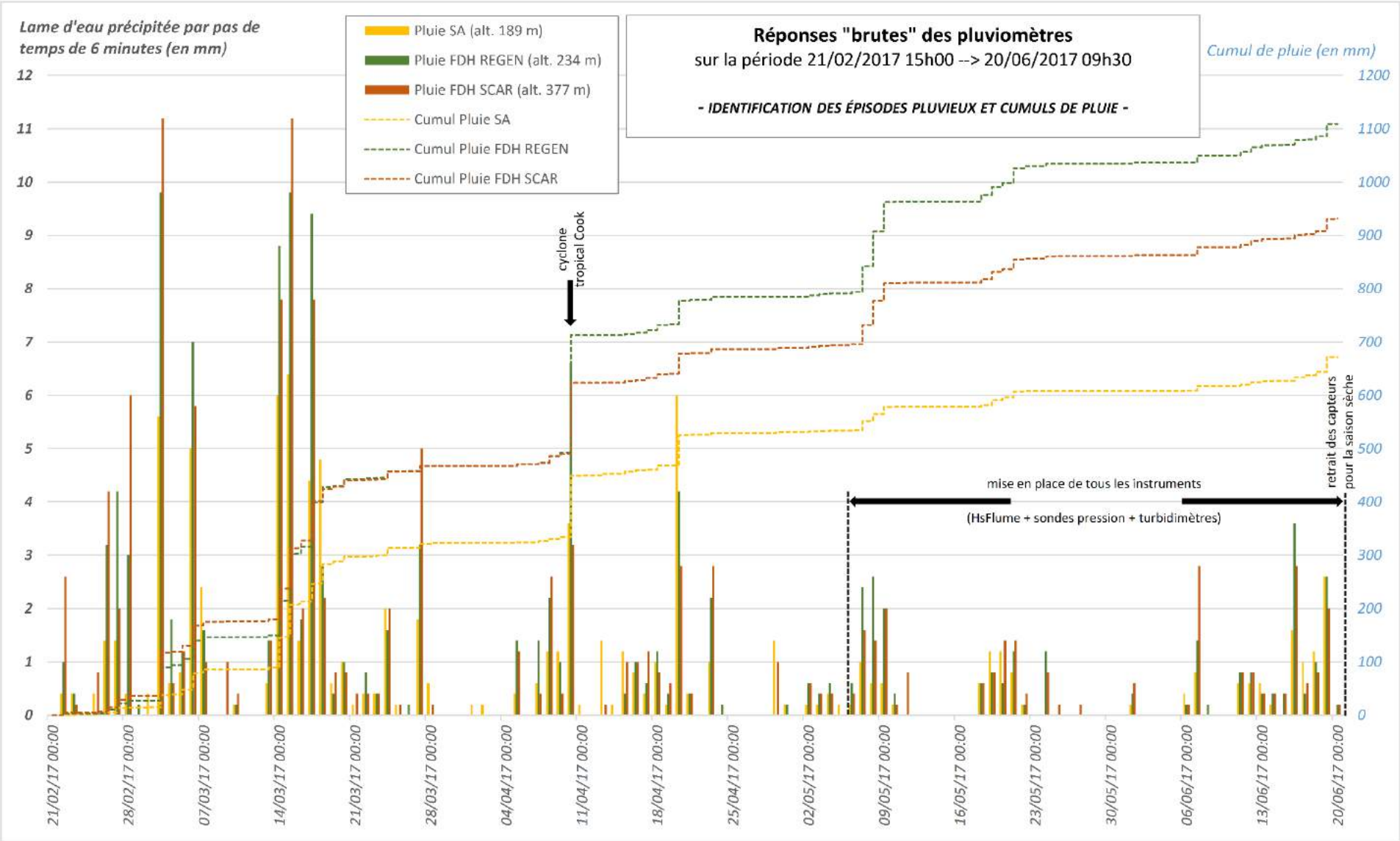


Figure 24 : Illustration des données brutes de pluie issues des 3 pluviomètres

Le graphique précédent est une illustration des données « brutes » de pluie issues des « pluviomètres. Cette vue globale est riche d'enseignements et permet de mettre en évidence :

- Comme attendu, les épisodes de pluie se produisent en saison des pluies (de novembre à avril) et l'installation tardive des capteurs de débit (hauteurs d'eau et loi de conversion hauteur/débit du HsFlume) et de turbidité ne permettent pas d'avoir une chronique riche en 2017 ;
- Les épisodes de pluie de février/mars/avril durent plus longtemps et offrent des cumuls de pluie sur chaque épisode de l'ordre de 100 mm à 200 mm, voire parfois plus. A contrario, les épisodes de pluie de mai/juin sont plus brefs et de moindre intensité ;
- Les précipitations sont globalement plus fortes au droit du pluviomètre de la parcelle FDH SCAR. Cette caractéristique s'explique par une altitude supérieure. De manière générale, la logique altitudinale est respectée : plus on se situe en altitude, plus importante est l'intensité pluvieuse ;
- Le pluviomètre de la parcelle FD REGEN donne un cumul plus important que les autres lors de l'épisode du 10 avril (cyclone Cook). La courbe des cumuls s'en trouve alors décalée pour la suite et pose question car du fait de la proximité des autres pluviomètres, il semble curieux d'obtenir une telle différence ;
- Les cumuls mesurés pendant 4 mois de fonctionnement sont :
  - Parcelle SA = environ 680 mm
  - Parcelle FDH REGEN = environ 1100 mm
  - Parcelle FDH SCAR = environ 930 mm
- On retient la survenue de 15 principaux épisodes pluvieux :
  a. Du 22 au 23 février
  b. Du 26 au 28 février
  c. Du 3 au 7 mars
  d. Du 13 au 24 mars
  e. Le 5 avril
  f. Du 7 au 9 avril
  g. Le 10 avril
  h. Du 15 au 21 avril
  i. Le 23 avril
  j. Du 2 au 4 mai
  k. Du 6 au 10 mai
  l. Du 18 au 22 mai
  m. Le 1 juin
  n. Du 6 au 7 juin
  o. Du 11 au 19 juin

Pour valider les données des pluviomètres, il est important de comparer les données mesurées avec les données validées données par Météo France. Pour exemple, prenons à ce titre le passage du cyclone tropical Cook lors de la Journée du 10 avril 2017 (durée 24 h) et comme station de référence celle de l'aérodrome de TOUHO : 136 mm (station Météo France).

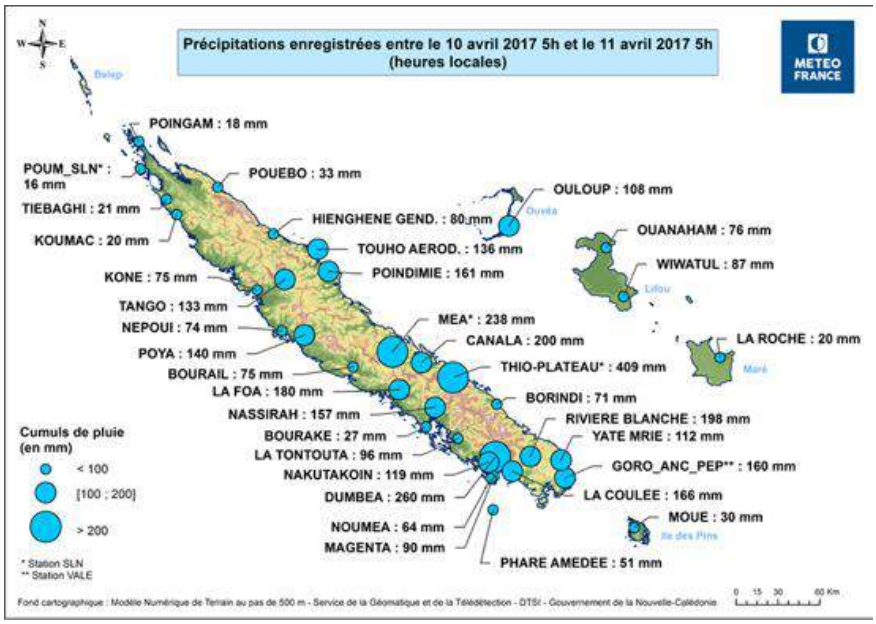


Figure 25 : Carte des précipitations enregistrées du 10 avril 2017 au 11 avril 2017 (MeteoFrance, 2017)

A titre de comparaison :

- Pluviomètre Parcelle SA (alt. 189 m) = 115,8 mm
- Pluviomètre Parcelle FDH REGEN (alt. 234 m) = 220,2 mm
- Pluviomètre Parcelle FDH SCAR (alt.377 m) = 133,8 mm

Les pluviomètres des parcelles SA et FDH SCAR donnent des cumuls en accord avec la station MétéoFrance. En revanche, le pluviomètre FDH REGEN donne un cumul qui parait excessif. Afin de vérifier la pertinence des mesures de ces trois pluviomètres, et en particulier celui de la parcelle FDH REGEN, il sera nécessaire de procéder à un calibrage dynamique avant la prochaine saison des pluies (calibrage à prévoir en décembre 2017 voir chapitre 4 point 1.2.1)

Cette vue générale est indispensable afin de voir si les pluviomètres apportent une réponse cohérente les uns avec les autres. Dans le cas présent, à part les valeurs étonnantes du pluviomètre FDH REGEN lors du passage du cyclone Cook, les allures sont réalistes et conformes.

Un catalogue des épisodes pluvieux a été réalisé pour chaque pluviomètre. Un numéro, déterminé par ordre chronologique est attribué à chaque événement (voir annexe 4).

Les paramètres associés sont :

- La date de début et de fin de l'épisode ;
- Le temps sec en minutes (TS) ;
- La durée de l'événement en minutes ;
- Le cumul des précipitations en millimètres ;
- L'intensité maximum enregistrée en mm/minute ;
- L'intensité moyenne en mm/minute ;
- La catégorie de l'événement.

Le nombre d'épisodes avec un ruissellement exploitable est respectivement de 5, 4, 0 pour la parcelle FDH SCAR, pour la parcelle FDH REGEN et la parcelle SA. Rappelons que dans le cadre du test, l'exploitabilité est déterminée par la plage de mesure du HS flume 244mm. Conformément aux spécificités matérielles, les faibles écoulements mesurés ne peuvent être utilisés (hauteurs de charge inférieures à 3mm).

3 LAME D'EAU RUISSELEE

3.1 GENERALITES

La mesure de la hauteur d'eau est réalisée dans un puits de mesure détaché qui accueille une sonde de mesure de pression TRUBLUE 555 level. La précision de mesure est de +/- 0.05%. (TruBlue, 2016)

Les mesures de débit sont réalisées grâce à un HS flume de 0,8 pied (244mm) de la firme Openchannelflow. Il est fixé sur un canal d'approche permettant de passer les flux en régime laminaire. La calibration en usine permet une mesure pour des débits allant de 8,5.10-2 litre/s à 12.94 litre/s. Pour rappel, le choix de cette plage de mesure a été fait en se basant sur les débits centennaux qui ont été observés sur des bassins déjà instrumentés proches de notre site d'étude.

La société OpenChannelFlow donne la table de décharge (loi de tarage) du HsFlume. Cette table synthétise les mesures en laboratoire. A partir de cette table, une équation est déterminée. Comme le montre de graphique à la figure suivante, cette loi est entachée d'erreur, surtout pour les très faibles hauteurs d'eau.

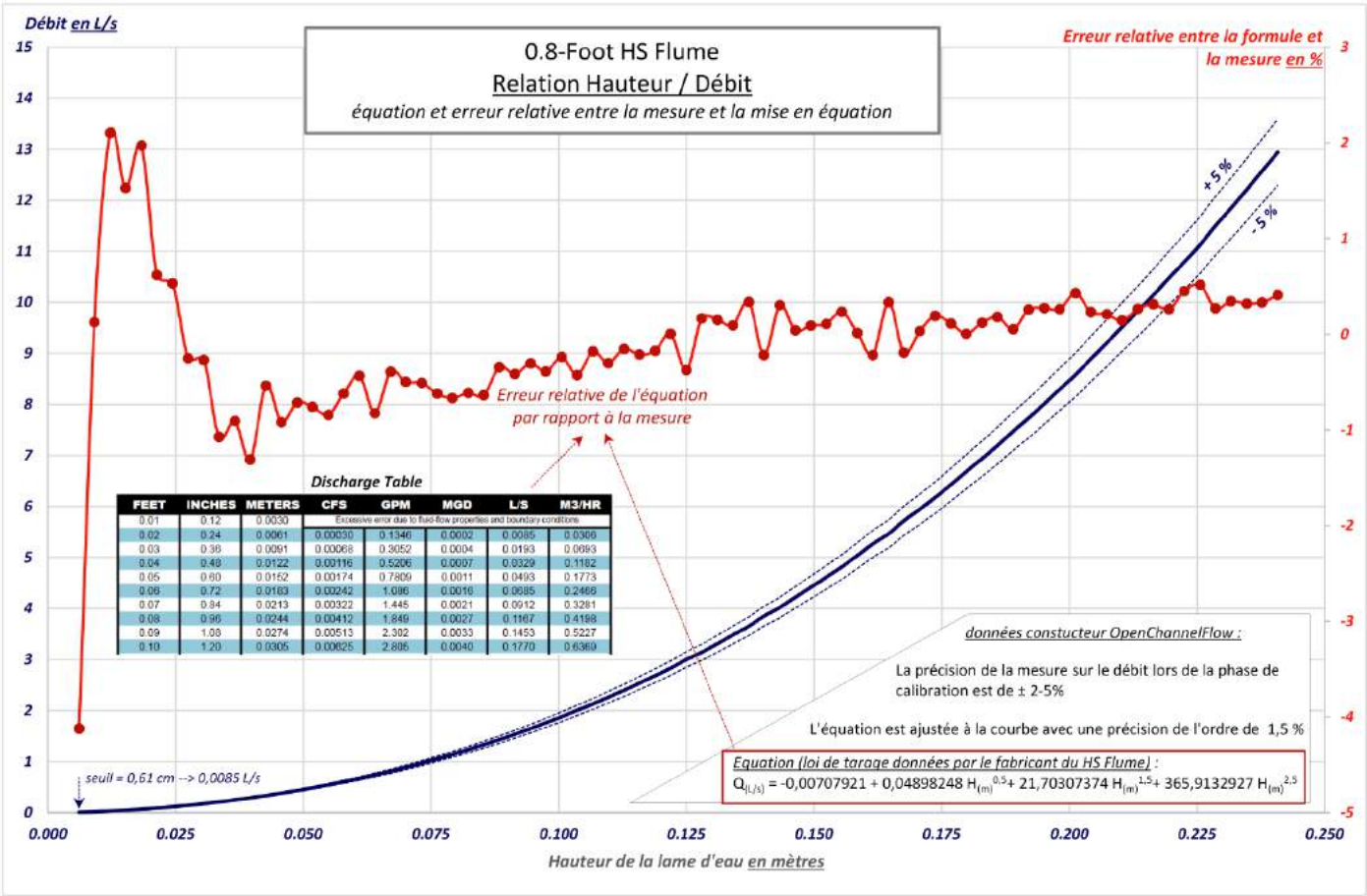


Figure 26 : Erreur relative sur l'estimation des débits

La détermination de la loi de tarage en usine du HsFlume présente quelques incertitudes qui sont de l'ordre de 2 à 5 %. Dans la suite des analyses les valeurs mesurées sont systématiquement encadrées par les incertitudes $\pm$ 5 %.

3.2 HAUTEURS D'EAU MESUREES ET VALIDATION

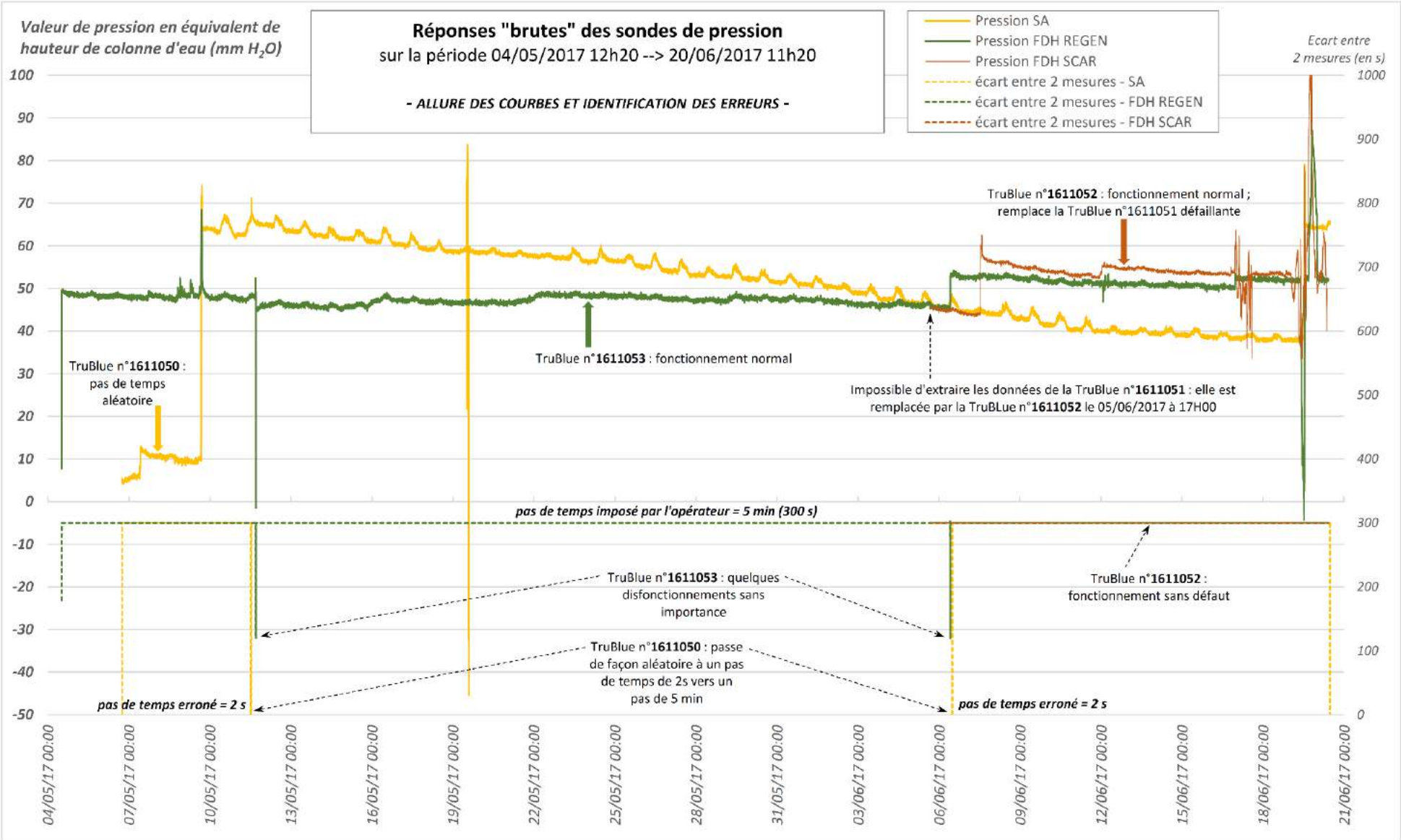


Figure 27 : : Illustration des données brutes des sondes pression des 3 parcelles

La figure 27 donne la représentation des données issues des sondes de pression. Elle appelle les remarques suivantes :

- La sonde Trublue n°1611053 (FDH REGEN) présente un fonctionnement normal avec ponctuellement une modification du pas de temps de 5 min en 2 s ;
- En effet sur l'ensemble de ces sondes, l'opérateur a choisi de retenir un temps de scrutation de 5 minutes ;
- La sonde Trublue n°1611052 (FDH SCAR) remplace la sonde n°1611051 car il a été impossible d'en extraire les données ;
- La sonde TruBlue n°1611050 modifie de manière aléatoire son temps de scrutation entre 2s et 5 min. Par ailleurs, la représentation des mesures de cette sonde indique une variation journalière. Cette sonde semble réagir à des montées d'eau mais son fonctionnement non linéaire perturbe les mesures.

Les sondes pressions ont été retirées du dispositif pendant la saison sèche et fait l'objet d'un test en laboratoire (voir chapitre 4 point 1 pour plus de détail). Les résultats de ce test ont mis en évidence la nécessité de contrôler régulièrement le bon fonctionnement des sondes et d'intégrer cette nécessité dans les protocoles au chapitre 4.

4 TURBIDITE

4.1 GENERALITES

La mesure de la turbidité s'effectue avec une sonde multi paramètres autonome Aqua TROLL 600 équipée d'un capteur de température et de turbidité d'une précision de +/-2% ou 2 NTU (In-situ, 2016). Elle est placée dans le collecteur qui recueille les eaux captées par les caniveaux.

4.2 TURBIDITE MESUREE ET VALIDATION

La figure suivante donne l'allure de la turbidité et de la température des données « brutes ». Elle appelle les remarques suivantes :

- La survenue d'un écoulement est repérable à l'atténuation de la température. En l'absence d'écoulement, la sonde mesure la température de l'eau dans le collecteur (le design a prévu un goulot dans le collecteur pour que la sonde soit toujours en eau et que les flux arrivants chassent l'eau persistante). En présence d'un écoulement, l'eau en contact avec la sonde est refroidie et l'amplitude journalière est atténuée ;
- Les 3 sondes fournissent un signal synchrone ce qui montre leur bon fonctionnement ;
- La répartition de la turbidité est analogue aux hydrogrammes : un pic et une décroissance exponentielle.

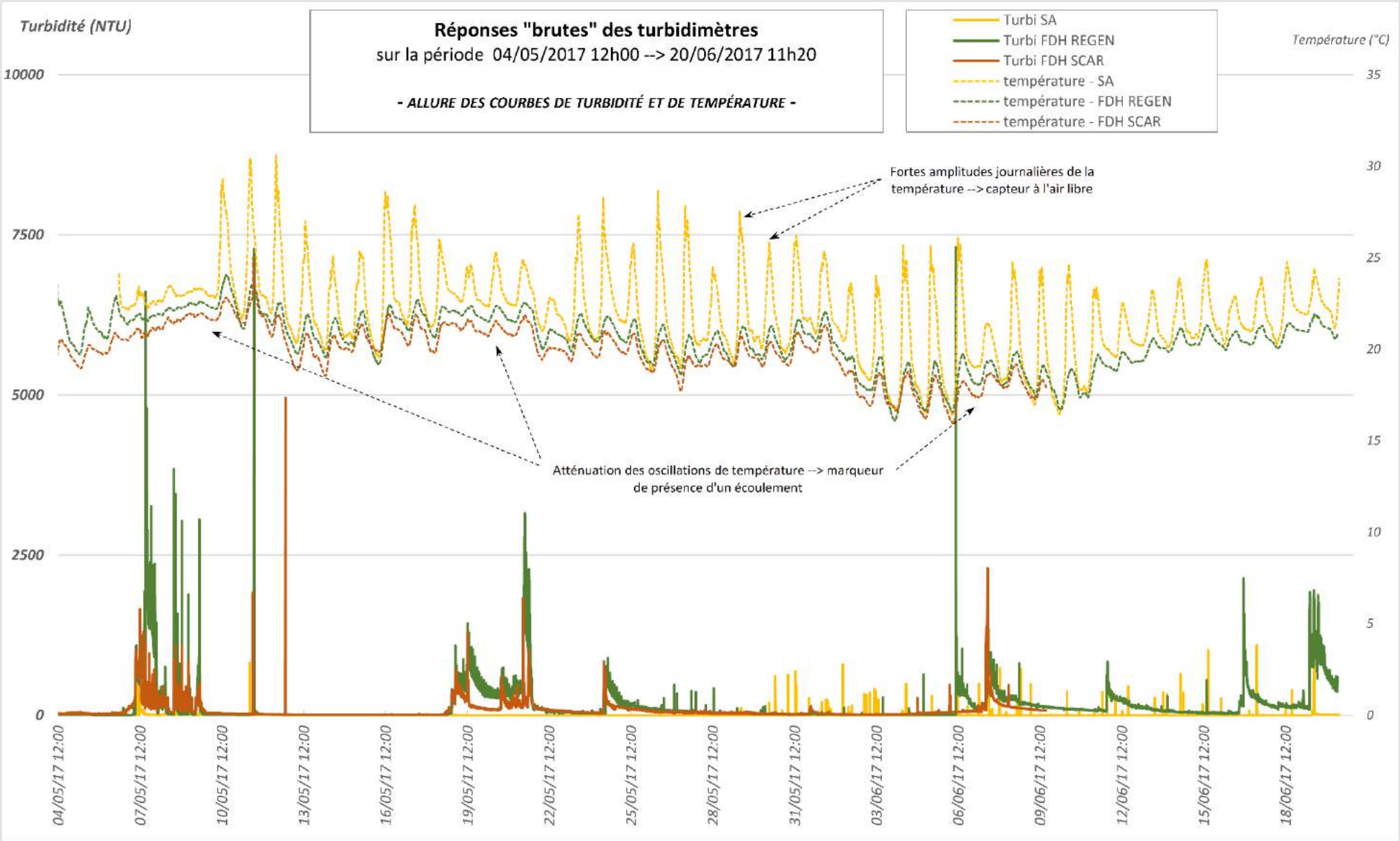


Figure 28 : Illustration des données brutes des turbidimètres des 3 parcelles

5 ANALYSE DES DONNEES VALIDEES

Bien que le jeu de données pour cette phase de test soit trop pauvre pour annoncer la moindre tendance, il est toujours possible de présenter à ce stade des graphiques des différents épisodes répertoriés. L'analyse croisera, pour ces épisodes ;

a) la lame d'eau précipitée avec la lame d'eau ruisselée ;
b) la lame d'eau ruisselée et la turbidité ;
c) la lame d'eau précipitée et la turbidité.

A titre d'exemple, on présente le graphe ci-dessous qui permet une lecture simultanée de la lame d'eau précipitée et de la lame d'eau ruisselée.

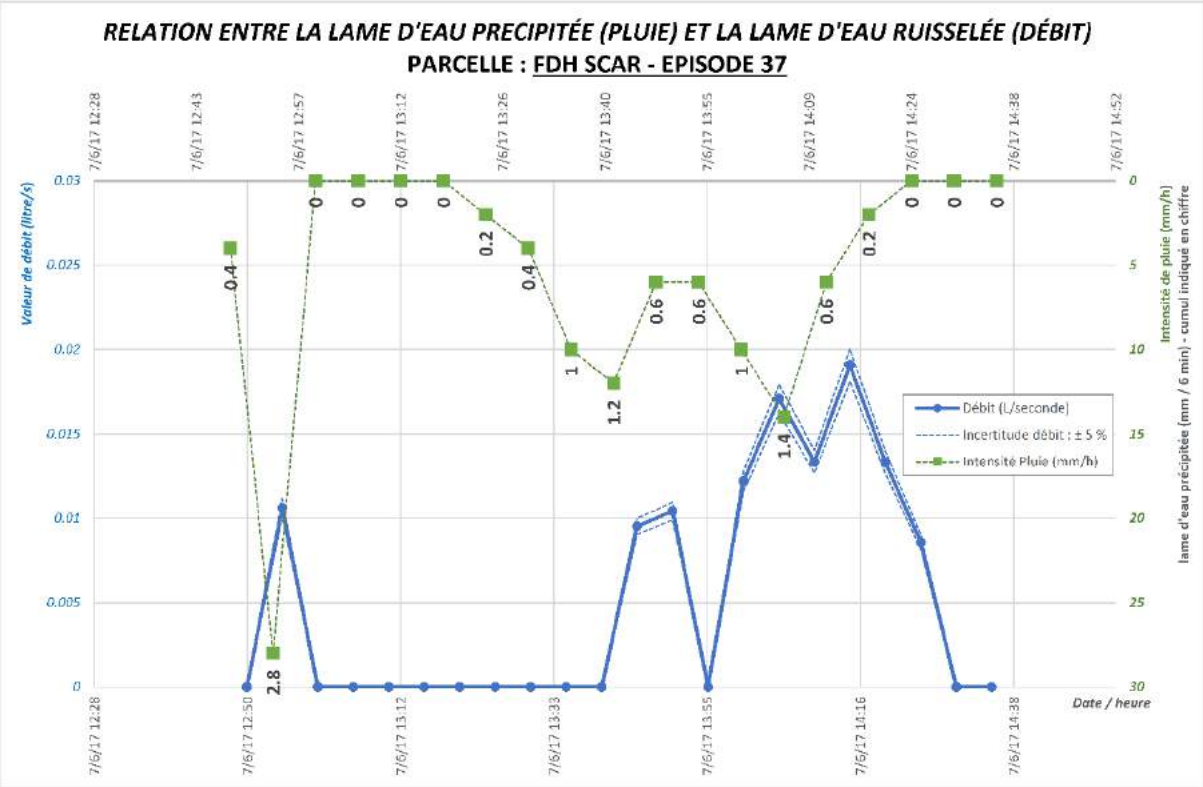


Figure 29 : Graphique lame d'eau ruisselée/lame d'eau précipitée en fonction du temps (parcelle FDH SCAR – épisode 37)

Chaque épisode peut être adjoint de ses caractéristiques principales :

Tableau 11 : Caractéristique du l'événement 37 (parcelle FDH SCAR)

TS (minute)	Durée (minute)	Cumul (mm)	Intensité MAX (mm/minute)	Intensité moyenne (mm/minutes)
186	**90**	**10,4**	**0,47**	**0,12**
Surface parcelle (m²)	**Hauteur d'eau précipité (m)**	**V précipité (litre)**	**Volume ruisselé (litre)**	**CR (%)**
120,98	**0,0104**	**1258,24**	**34,26**	**2,72**

Cet épisode 37 est assez court puisqu'il ne dure que 1h30 à 2 h. La réponse hydrologique de cette pluie sur la parcelle forestière dont la litière est inexistante est bien mise en évidence : les ruissellements se produisent très rapidement après chaque pic de pluie et en première approximation, il semble que les ruissellements sont générés dès que l'intensité pluvieuse dépasse la valeur de 10 mm/h sur un terrain initialement humide (mais pas forcément saturé). Compte tenu de la présence de plusieurs pics de pluie (3 pics) le bilan global rabaisse artificiellement le coefficient de ruissellement.

6 CONCLUSION DU TEST DU DISPOSITIF

Le test de dispositif a bien été réalisé et a permis de mettre en évidence divers points qui auront un impact direct sur l'exécution de la phase 3 :

a) Un fonctionnement partiel des sondes sur le terrain durant la phase de test. Cela a mis en évidence la nécessité de :
   - procéder à des contrôles de fonctionnement réguliers (voir chapitre 4 : point 1.5 Contrôle du fonctionnement des sondes) ;
   - procéder à un entretien annuel systématiquement en saison sèche (voir chapitre 4 : point 2.2 Entretien des sondes) et un test complet avant remise en fonction ;
   - vérifier systématiquement, lors de la pose et des visites, le positionnement du câble d'interface des sondes de pression (voir chapitre 4 : point 2.1 Entretien du dispositif)
   - vérifier systématiquement avant le départ de la parcelle, le fonctionnement des sondes (voir chapitre 4 : point 2.1 Entretien du dispositif) ;

b) Le temps nécessaire à l'exécution des tâches relatives à l'entretien et au fonctionnement du dispositif (un minimum de 2 jours toutes les deux semaines pour le chercheur et un manœuvre) (voir chapitre 4 : point 2.2 Entretien des sondes et point 2.1 Entretien du dispositif) sans compter les interventions à faire après les épisodes importants ;

c) La nécessité de procéder à une validation des données sur base de comparaison des jeux des différentes stations ou de données validées par des institutions (MétéoFrance) ;

d) L'impact des caniveaux non couverts. En termes de volumes, il est possible de corriger l'interception de la pluie par les caniveaux non couverts. En revanche, en terme de flux (l/s), il est compliqué de traiter à postériori l'interception de la pluie dans les caniveaux. Si l'on fait de la comparaison relative entre parcelle, on peut tolérer que les caniveaux ne soient pas couverts. En revanche, si on veut une approche en valeurs absolues, Il sera impératif de couvrir les caniveaux et l'entrée du collecteur. Cette couverture se fera par une casquette vissée ou rivetée sur les modules ;

e) La nécessité de couvrir le HS flume et le bac de chute pour s'affranchir de l'interception de la pluie par ceux-ci et pouvoir lors de la phase 3 comparer les flux ruisselés mesurés à l'aide du HS flume et les flux ruisselés totalisés avec le système de cuves. On pourra mettre en place à ce titre une tôle de 1,30m de longueur et 0,80 m de large à 1m de hauteur à l'aide de poteaux.

Le dispositif de suivi mis en place et testé lors de cette phase sera, au cours des mois qui viennent, renforcé et amélioré (voir le chapitre 6 concernant le développement de la phase 3 et les améliorations prévues au dispositif).

Chapitre 4 : Protocoles affinés

Ce chapitre a vocation à proposer des protocoles mis à jour en fonction de l'expérience acquise lors de la phase 2 qui a étayé la faisabilité des actions initialement préconisées. Pour rappel, les protocoles du dispositif de suivi sont les suivants :

1. **Protocole de mesure et de contrôle** : il donne les temps de scrutation des divers appareils de mesure et prévoit les vérifications d'usage et leur périodicité ;
2. **Protocole d'entretien du dispositif** : il donne la marche à suivre pour la visite des parcelles, le matériel et les points de vérification nécessaires ainsi que les entretiens à faire sur l'appareillage ;
3. **Protocole de récolte des données :** il donne la marche à suivre pour la connexion et le téléchargement des données des sondes ;
4. **Protocole d'analyse laboratoire :** il vise à étudier et définir la relation entre la turbidité, les matières en suspension (MES) et la granulométrie. La phase 3 utilisera le protocole développé à ce titre dans le cadre du projet Hydromine en 2013 ;
5. **Protocole d'archivage, de traitement, de validation et d'analyse des données :** ce protocole détaille les étapes qui vont de l'enregistrement des données sur un ordinateur portable de terrain à la présentation des résultats.

1 PROTOCOLE DE MESURE ET DE CONTROLE (APPAREILS ET MESURES)

1.1 TEMPS DE SCRUTATION

Le temps de scrutation (pas de temps de mesure, d'acquisition des données) doit être adapté à la cinétique des phénomènes de ruissellement qui peuvent être très brusques sur une surface limitée à environ 100 m². Il faut par ailleurs prendre en compte la capacité de stockage des instruments et la fréquence des relevés (cette dernière pouvant être une conséquence des deux autres).

L'autonomie des batteries est un facteur particulièrement restrictif du mode de fonctionnement des sondes pressions autonomes (Trublue 555 level). En effet, ce type de sonde dispose d'une batterie interne inscrite dans la masse de la sonde. Cette batterie ne peut être renouvelée qu'en usine car la manipulation nécessite une recomposition de la sonde.

Tableau 12 : Caractéristiques des sondes utilisées (données constructeurs)

Type de sonde	*Stockage interne*	*Type de batterie*	*Autonomie*	*Temps de scrutation correspondant à l'autonomie donnée*
Turbidimètre	16 mb	2 Piles alcalines D+ Remplaçable facilement	6 mois	6 minutes
Sonde de pression	8 mb (550 000 point de donnée)	2 batteries au lithium de 3 V	5 ans	15 minutes
Pluviomètre	512 kb (125 000 point de mesure)	1 Batterie de moto 12V 7,2 Ah rechargeable	3 mois	-

Par expérience, ces données d'autonomie renseignées sont souvent surestimées et nécessitent l'application d'une marge d'erreur. Il est convenu dans le cadre du fonctionnement d'un dispositif de s'assurer que l'acquisition des données ne sera pas affectée par une batterie en fin de vie. Les temps de scrutation et de renouvellement des batteries sont les suivants.

Tableau 13 : Valeurs de scrutation à utiliser et périodicité du remplacement des batteries

Type de sonde	*Temps de scrutation*	*Périodicité du remplacement des batteries*
Turbidimètre	*6 minutes*	*5 mois*
Sonde de pression	*15 minutes*	*4,5 années et renvoi au constructeur*
Pluviomètre	*6 minutes*	*3 mois – le dispositif dispose de deux jeux de batteries*

Pour raccourcir la scrutation, il est toujours possible de connecter la sonde de pression à une batterie externe de terrain de 7,2 V (à commander chez le constructeur). Chaque remplacement de batterie est documenté.

1.2 CONTROLE DES DONNEES

1.2.1 Contrôle des données de pluies :

Il est recommandé de mettre en place un réceptacle pour recueillir les eaux de pluies qui sortent du pluviomètre (via les tubes de vidange). Cela permet de vérifier l'adéquation entre le nombre de basculements et le volume d'eau total stocké dans le réceptacle, et de repérer ainsi une anomalie ou une dérive.

Pour les pluviomètres de marque Campbell, le recueil des eaux n'est pas évident, donc on peut se limiter à le pratiquer une à deux fois par an.

Un étalonnage dynamique peut également être réalisé. En dehors du contrôle de cohérence effectué à partir d'un réceptacle mis en place pour collecter les eaux de vidange du pluviomètre, la procédure de calibration est précisée au § 9.3 du manuel (page 18 à 20) de Campbell Scientific. Le capteur est calibré en usine ; le recalibrage n'est pas nécessaire à moins que des dommages ne se soient produits ou que les vis de réglage se soient desserrées.

Néanmoins, le contrôle d'étalonnage suivant est recommandé une fois tous les 12 mois :

1. Retirez le boîtier de la base en enlevant les trois vis et en le soulevant vers le haut sur le boîtier ;
2. Vérifiez le niveau de bulle pour vérifier que le pluviomètre est à niveau ;
3. Versez de l'eau dans l'entonnoir pour mouiller les deux surfaces de l'auget. À l'aide d'un cylindre gradué, versez lentement 314 cm^3 (0,314 litre) d'eau, sur une période de 15 minutes, dans l'entonnoir de collecte. Ce volume d'eau est égal à 10 mm de pluie ;
4. Après que l'eau a traversé le pluviomètre, l'auget aurait dû basculer 39 fois ;
5. Si le pluviomètre ne parvient pas à enregistrer le nombre correct de basculement, retournez l'appareil à Campbell Scientific pour le recalibrage.

1.2.2 Contrôle des débits :

Vu les très faibles débits (<10 l/s), le jaugeage peut se faire par la technique d'empotement ou « méthode au seau ». Cette méthode est réservée à l'estimation des très faibles débits. Elle consiste à mesurer le temps de remplissage (partiel ou total) d'un seau. Quand les conditions de sa mise en œuvre sont remplies, cette méthode est simple, rapide et la moins coûteuse. De plus les incertitudes obtenues sont généralement réduites.

1.3 MESURE DES MES - LIEN ENTRE LA TURBIDITE, LES MES ET LA CONCENTRATION SOLIDE

Il faut établir une courbe d'étalonnage [6] entre les valeurs (FNU/NTU) fournies par les turbidimètres et les concentrations (mg/l) réelles obtenues par analyse en laboratoire (Analyse des MES par séchage et pesée) à partir de prélèvements.

Malheureusement, cette relation turbidité (FNU)/Concentration (mg/l ou g/l) n'est en général pas stable et doit être fréquemment recalculée à l'aide des prélèvements. C'est pourquoi, la plupart du temps, la donnée de concentration issue du turbidimètre n'est pas disponible en continu. Celle-ci dépend notamment de la granulométrie des matériaux transportés. Pour une même turbidité, la concentration sera plus forte avec des particules plus grossières.

De même si on trace une courbe de la concentration en fonction du débit, on obtient souvent une courbe en hystérésis avec des concentrations différentes lors de la montée et à la décrue.

On établira une courbe ou des courbes d'étalonnage des turbidimètres en laboratoire en mélangeant des matériaux pris sur place et en faisant varier la concentration, mais également en modifiant la répartition granulométrique des matériaux dans les échantillons, et ce afin d'évaluer l'influence de la granulométrie sur la relation turbidité/concentration. Plus la crue est intense, plus les grains transportés peuvent être "gros". Lorsque des prélèvements seront effectués, un re-étalonnage crue par crue peut être réalisé à l'aide des valeurs de concentration obtenues à partir des prélèvements.

Ces travaux seront réalisés dans le cadre de la thèse CIFRE provinciale.

1.4 ESTIMATION VOLUME HYDRO SEDIMENTAIRE

Le contrôle des débits hydro-sédimentaires pourra se faire entre deux périodes de relevé en confrontant les données issues des cuves totalisatrices et celles issues de la mesure de hauteur de charge dans le HsFlume. Ces comparaisons se font dans le cadre du traitement des données et peuvent remettre en question la validation d'un jeu.

La hauteur d'eau dans les cuves totalisatrices sera relevée à chaque passage et de préférence après chaque évènement ayant potentiellement généré du ruissellement.

1.5 CONTROLE DU FONCTIONNEMENT DES SONDES

Vu les problèmes rencontrés lors de la phase 2 avec les sondes, il est nécessaire de contrôler le bon fonctionnement des sondes au minimum toutes les deux semaines.

Ce contrôle se fera par connexion des sondes à un ordinateur de terrain et une analyse préliminaire de cohérence des données sur le terrain.

Si un problème est noté, cela permet de tenter une résolution directe du problème observé et d'éviter de perdre un temps précieux. Pour permettre la mise en œuvre de cette solution de manière concomitante avec l'entretien du dispositif (voir chapitre 4 point 2), il est nécessaire de consacrer 2 journées toutes les deux semaines à cette tâche.

[6] *Relation non univoque entre turbidité (en FNU / NTU) et la concentration solide*

Tableau 14 : Résumé des actions inhérentes au protocole de mesure et de contrôle

Type de sonde / mesure	*Temps de scrutation*	*Périodicité du remplacement des batteries*	*Contrôle des mesures*	*Contrôle de fonctionnement des sondes*
Turbidimètre	*6 minutes*	*5 mois*	*Echantillonnage sur les différentes parcelles en fonction de la disponibilité de l'ISCO – thèse CIFRE (phase 3)*	*Bimensuel – connexion-téléchargement des données et analyse préliminaire sur le terrain*
Sonde de pression	*15 minutes*	*4,5 années et renvoi au constructeur*	*a) Méthode du sceau – 2 x /an* *b) Totalisation des flux dans les cuves totalisatrices – à chaque passage et après chaque évènement*	*Bimensuel – connexion-téléchargement des données et analyse préliminaire sur le terrain*
Pluviomètre	*6 minutes*	*3 mois – le dispositif dispose de deux jeux de batteries*	*a) Totalisation des flux - Réceptacle – 2 x / an* *b) Etalonnage 1x/an*	*Bimensuel – connexion-vérification de l'enregistrement du basculement de l'auget - téléchargement des données et analyse préliminaire sur le terrain*

2 PROTOCOLE D'ENTRETIEN DU DISPOSITIF

On différenciera dans cette section l'entretien du dispositif en cours de fonctionnement et l'entretien des sondes à faire lors de la saison sèche (juillet à octobre) lorsqu'une instrumentation du dispositif n'est pas strictement nécessaire. Enlever les sondes en fin de campagne de mesure fait partie intégrante de ce protocole.

2.1 ENTRETIEN DU DISPOSITIF EN FONCTIONNEMENT (SAISON PLUVIEUSE)

2.1.1 Compétences requises et périodicité

Lors d'une visite type de parcelles, deux aspects seront généralement couverts :

a) Le contrôle du fonctionnement des sondes (voir le protocole relatif à la mesure et au contrôle – chapitre 4 point 1.5) qui nécessite des capacités informatiques (connexion aux sondes) et une capacité d'interprétation rapide des données brutes ;
b) L'entretien des parcelles (principalement étanchéité des modules de collecte et encombrement éventuel) et du pluviomètre (débris éventuels entravant le basculement de l'auget) qui ne nécessite pas de connexion aux sondes et qui peut dès lors être exécuté par un/une manœuvre.

Le protocole de mesure et de contrôle recommande un passage bimensuel sur chaque objet du dispositif notamment pour s'assurer du bon fonctionnement des sondes. Il faut profiter de ce besoin pour réaliser en même temps l'entretien du dispositif.

Dans l'hypothèse d'une phase 3 construite sur l'implication d'un CIFRE provincial (voir chapitre 5), des visites de parcelles en binôme sont recommandées. Pour ce faire, le CIFFRE pourra s'adjoindre des services de l'association « Cèmi Acuut A Mulip ».

2.1.2 Matériel nécessaire

La liste du matériel présenté ci-dessous est nécessaire pour assurer les visites de terrain.

Numéro	Matériel
1	Jeu de clefs plates
2	Jeu de tournevis – Démontage turbidimètre
3	Clef à molette
4	Pince universelle
5	Connecteur Sonde pression
6	Connecteur Sonde turbidimètre
7	Connecteur pluviomètre
8	Clef cadenas
9	Clef pluviomètre
10	Batterie pluviomètre
11	Pile turbidimètre
12	Logiciel sonde – 01
13	Logiciel sonde – 02
14	Ordinateur portable
15	Pistolet à mastic
16	Cartouche de mastic
17	Chasuble
18.1	Bidon 5 litres – Nettoyage dispositif
18.2	
19	Cahier de terrain
20	Raclette
21	Goupillon
22	Niveau à bulle
23	Eponge
24	Multimètre

Figure 30 : Matériel nécessaire au contrôle de fonctionnement des sondes et l'entretien du dispositif en fonctionnement

On inclura à ce kit une copie des notices de montage et d'entretien de chaque appareil (copie qui pourra rester dans le véhicule de terrain et être utilisée le cas échéant) ;

2.1.3 Etapes clés d'une visite d'entretien sur une parcelle

Les étapes clés préconisées sont les suivantes, certaines ont été mises en place au cours de la phase 2, d'autres sont dues au fait de l'intégration de certaines de nos recommandations :

1 **Contrôler l'état général de la parcelle** :
   a) vérification des bordures – aucune bordure n'a été déchaussée, toutes sont toujours bien en place ;
   b) vérification des modules (ils sont tous en place et rien ne semble avoir bougé) ;
   c) vérification de l'aval de la parcelle : la microtopographie n'a pas été déformée excessivement par les écoulements et il semble que les caniveaux ont été en mesure de collecter les flux ruisselés.

2 **Prendre les photos de l'état de la parcelle** depuis les trois poteaux indicateurs (cela permettra de constituer des séries temporelles et de garder en tête l'évolution de la parcelle – à mettre en place).

3 **Noter l'heure exacte sur la fiche de suivi** car les mesures vont être perturbées du fait des actions qui suivent.

4 **Nettoyer des caniveaux,** uniquement si il y a des feuilles et/ou des bois qui entravent l'écoulement des fluides, les nettoyer en faisant attention à ce que la matière terrigène retombe bien dans les caniveaux. Si le nombre élevé de débris ne permet pas un nettoyage comme détaillé ci-dessus, collecter les échantillons, ils seront analysés ultérieurement et pesés en laboratoire.

5 **Ouvrir le collecteur, le puits de mesure et le canal d'approche** ;
   a) Collecter les données du turbidimètre en suivant la procédure détaillée de la brochure « Extraction données et utilisation de Win-situ© » et vérifier la cohérence des données (protocole de contrôle du fonctionnement des sondes) ;
   b) Collecter les données de la sonde de pression en suivant la procédure détaillée de la brochure « Extraction données et utilisation de Truware© » et vérifier la cohérence des données (protocole de contrôle du fonctionnement des sondes).

6 **Nettoyer toute la partie du dispositif se trouvant à l'aval du turbidimètre.** Toute la matière terrigène doit être enlevée.

a) Nettoyer le canal d'approche avec une éponge et une raclette ;
b) Nettoyer le raccord du puit de mesure à l'aide du goupillon ;
c) Vider le puit de mesure et le re-remplir avec de l'eau claire ;
d) Vider le bac de chute si nécessaire ;
e) Nettoyage des sondes à l'eau claire et remise en place.

7 **Contrôle physique**

a) Contrôler la pente du canal d'approche qui doit être inférieure à 1% (une pente supérieure va renvoyer des hauteurs de charge incorrectes et sous-estimer les flux hydro-sédimentaires) ;
b) Contrôler que le câble de la sonde pression est bien déroulé et que, rien n'empêche à priori, la mesure de la pression atmosphérique ;
c) Vérifier le fonctionnement des sondes par la connexion à l'ordinateur de terrain ;
d) Vérifier que les embouts d'étanchéité des capteurs sont bien sur leurs sondes respectives et que la connectique est protégée de l'humidité.

8 **Vérification de l'étanchéité des joints de la partie aval du dispositif, les refaire si besoin est** :

a) Jointure bordure aval avec caniveaux ;
b) Jointure caniveaux avec le collecteur ;
c) Jointure du collecteur avec le canal d'approche ;
d) Jointure du canal d'approche avec le Hs-flume ;
e) Jointure du HS flume avec le tuyau pvc de sortie vers le puits de mesure ;
f) Jointure entre le tuyau PVC et le puits de mesure ;
g) Jointure de sortie du bac de chute avec le tuyau PVC qui conduit à la première cuve.

9 **Mesure de la hauteur dans les cuves et vidange si nécessaire**

10 **Vérification du site avant départ et nettoyage**

2.1.4 Etapes clés d'une visite d'entretien sur un pluviomètre

Les étapes suivantes sont préconisées :

1 **Connexion et téléchargement des données** ;
2 **Nettoyage du pluviomètre :** retirer les débris, les insectes, les sédiments, etc. de l'entonnoir de collecte, des filtres, du mécanisme de siphonage ou de l'ensemble de l'auget basculant ;
3 **Vérification de la tension des haubans et vérifier le niveau** (avec la bulle prévue à cet effet et les 3 vis de mise à niveau) ;
4 **Vérification du bon fonctionnement de la sonde** par une simulation d'un basculement de l'auget, vérification de l'enregistrement de la donnée ;
5 **Refermer la sonde,** remplacer au besoin le dessiccant situé au niveau du data logger et refermer le boitier.

2.1.5 Protection du dispositif face aux feux

L'environnement extérieur de la parcelle située en savane (Parcelle SA) et de son pluviomètre doivent être régulièrement débroussés afin qu'un passage de feu incontrôlé n'entraine pas la destruction du matériel.

La périodicité du débroussaillage est fixée en saison sèche à 1 mois soit une visite d'entretien sur deux.

Figure 31 : Travaux de débroussaillage sur la parcelle en savane

2.2 ENTRETIEN DES SONDES (PERIODE DE SECHERESSE)

En fin de campagne de mesure, les sondes seront retirées du dispositif afin d'assurer leur sécurisation et leur entretien approfondi.

2.2.1 Sonde AquaTroll et ses capteurs

La mesure de turbidité est assez stable, donc a priori peu de calibration requise, mais dans la pratique on fera une vérification avec la solution lors des relèves pour éviter toute dérive. Suivre la procédure fournie à cet effet par le fabricant.

Préconisations du fournisseur concernant la calibration :
La fréquence de calibration du capteur de turbidité indiquée par le fabricant « In-situ© » est de 12 mois. On profitera donc de cette période pour calibrer au laboratoire les sondes. Tout le matériel nécessaire est disponible au laboratoire de terrain y compris la solution de calibration à 10 NTU.

Calendrier de maintenance :
Pour de meilleurs résultats, le fabriquant préconise de lui envoyer l'instrument pour l'étalonnage en usine tous les 12 à 18 mois. Vu la provenance de l'appareillage et les mesures qui sont prises pour la calibration et l'entretien, le renvoi au fabricant pour étalonnage sera envisagé à la fin de la phase 3.

Joints toriques :
L'instrument dispose de plusieurs joints toriques qui peuvent être entretenus par l'utilisateur pour empêcher l'humidité d'entrer dans l'instrument et endommager l'électronique. Appliquer une couche très fine de graisse à de nouveaux joints toriques lors de l'installation. Vérifier que les joints toriques ne présentent pas de fissures, de copeaux ou de décoloration.

Déshydratant (« Dessicant ») :
L'Aqua TROLL 600 contient une petite capsule déshydratante remplaçable dans le compartiment des piles. Cette capsule évite que l'humidité endommage les composants électroniques. Il est rempli de silice qui indique la couleur et qui passe progressivement du violet au rose à mesure que l'efficacité du dessiccateur diminue.

Figure 32 : Code couleur mettant en évidence la durée de vie du dessiccateur

Il faut remplacer le déshydratant lorsque le déshydratant est devenu rose. Le déshydratant est compris dans le kit de maintenance Aqua TROLL 600 (Réf 0078940).

Nettoyage de la sonde :
Rincer soigneusement la sonde, la nettoyer à l'eau tiède et au savon doux, puis rincer à nouveau la sonde. Laisser sécher à l'air.

Empêcher l'eau d'entrer dans le connecteur de câble.

Nettoyage et stockage du capteur de turbidité :

Maintenance de routine :

Les fenêtres optiques doivent être exemptes de toute matière étrangère. Pour nettoyer le produit frotter doucement les fenêtres de détection en utilisant de l'eau propre et un chiffon doux ou écouvillon. Ne pas utiliser de solvants sur le capteur.

Stockage :

Une fois installé sur la sonde, le capteur de turbidité peut être stocké humide ou sec selon la configuration du capteur de la sonde.

Remise en fonction

Une calibration préalable avec la solution 10 NTU est fortement recommandée. Une vérification de l'enregistrement des données est faite au laboratoire avant remise en place de la sonde.

La remise en fonction est faite avec de nouvelles piles et une mémoire de la carte de sauvegarde des données vidée.

Sur le terrain, on revérifiera que la sonde fonctionne et que les données sont enregistrées.

2.2.2 Sondes de pression (Trublue 555 level)

Les sondes de pression sont nettoyées à l'eau tiède claire et savonneuse ainsi que leur câble d'interface 853. Un diaphragme sale peut entrainer une mesure erronée. Les sondes seront testées en laboratoire dans un récipient avec diverses hauteurs d'eau.

On veillera ensuite à enlever la collecte des données en cours pour épargner au maximum la batterie interne. Pour ce faire, il faut à l'aide du logiciel TruWare arrêter le mode « test ». De manière surprenante, c'est l'enclenchement du mode « test » dans ce logiciel qui entraine l'acquisition de la donnée.

Les sondes sont stockées séparément des câbles d'interface et de préférence dans leur boîte d'origine.

Remise en fonction

On effectue juste avant remise en place des sondes un test de laboratoire en faisant varier la hauteur d'eau.

Sur le terrain, on revérifiera que la sonde fonctionne et que les données sont enregistrées.

3 PROTOCOLE DE RECOLTE DES DONNEES

3.1 FREQUENCE DES RELEVES

La fréquence des relevés est calée sur les protocoles de contrôle du fonctionnement des sondes et sur le protocole d'entretien du dispositif (chapitre 4 pt 1.5 et point 2) soit au minimum 2 fois par mois sur chaque appareil.

3.2 STOCKAGE ET ARCHIVAGE DES DONNEES

Les données brutes seront stockées sur un portable de terrain et seront ensuite transférées sur l'ordinateur fixe au laboratoire de la province Nord à Touho après chaque tournée.

3.3 LOGICIELS D'ACQUISITION ET FORMAT DES DONNEES

3.3.1 Données pluviométriques

Les pluviomètres sont équipés de centrales d'acquisition CR200X.

Le logiciel pour les pluviomètres est le logiciel PC200W de Campbell Scientific©. Ce logiciel est téléchargeable gratuitement sur leur site.

Il permet de se connecter à un datalogger Campbell, vérifier le niveau des batteries et les logs enregistrés, relancer ou récupérer un log en cours.

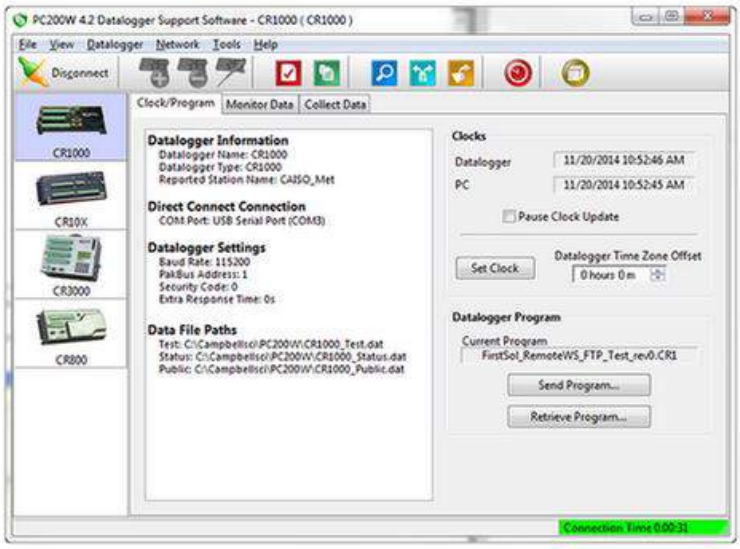


Figure 33 : Interface du logiciel PC200W de Campbell Scientific©

Le format d'export PC200 (données de pluie) est un format CSV avec Date, Heure, Cumul (mm) avec une valeur toutes les 6 minutes (en pratique, durées de cumul programmables).

3.3.2 Données de débit

Un logiciel gratuit TruWare pour PC ou Mobile permet d'extraire les données de la sonde "Trublue 555 level".

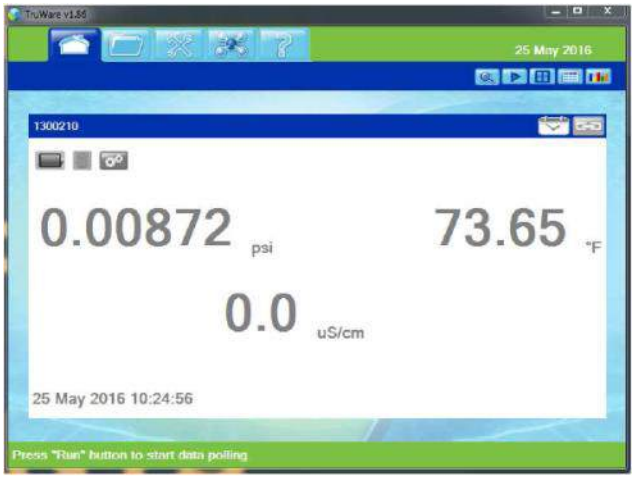


Figure 34 : Interface du logiciel TruWare

3.3.3 Données de turbidité

Le logiciel pour l'Aquatroll 600 est WinSitu 5.6. Il permet le paramétrage de la sonde, la programmation et l'extraction des « log ».

Le format d'export Winsitu (données de turbidité) est un format CSV avec indication de : Date, Heure, Secondes depuis démarrage, Valeur, avec un en-tête qui précise n° des capteurs, date d'extraction du log, unités pour chaque valeur.

4 PROTOCOLE D'ANALYSE LABORATOIRE

Ce protocole vise à étudier et définir la relation entre la turbidité, les matières en suspension (MES) et la granulométrie. La phase 3 utilisera le protocole développé à ce titre dans le cadre du projet Hydromine (Hydromine, 2013).

5 PROTOCOLE D'ARCHIVAGE, DE TRAITEMENT, DE VALIDATION ET D'ANALYSE DES DONNEES

5.1 ARCHIVAGE DES DONNEES

L'archivage des données sur le terrain se fait systématiquement sur l'ordinateur de terrain et une copie est faite directement sur clé USB.

Au bureau, une copie des données brutes collectées est archivée sur le disque dur externe de la PN disponible sur le site de Tuo Cèmuhî (Touho) et sur le drive de l'adresse mail suivante : pnresccue@gmail.com dont le mot de passe est disponible dans l'armoire forte du bureau de Tuo Cèmuhî (Touho) avec les guides d'utilisation des matériels, les cd-rom et les câbles de connexion.

5.2 TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données consiste à dépouiller les données brutes vers un tableur .xls. Ce classeur sert de base à la critique des données et au nettoyage de celles-ci.

L'opération de critique consiste à vérifier la cohérence des données, à examiner et éventuellement discuter certains choix de lissage, de suppression, de mise en lacune.

Ces remarques et la suite qui leur est donnée figureront dans une feuille spécifique qui permet de conserver une trace des choix qui ont été faits.

Pour les traitements permettant la validation se référer au chapitre 3 point 2.2, point 3.2 et point 4.2.

5.3 VALIDATION DES DONNEES

Pour la phase 3 (voir chapitre 5), les échanges entre les responsables des données permettront la validation des jeux acquis sur base du fichier de traitement.

Présentation de données validées : Pour l'essentiel, les données validées sont des classeurs Excel regroupant les données pluviométriques, limnigraphiques, débitmétriques, de turbidité et les volumes transportés (un classeur par an et par station).

Mise à disposition des données : Les données sont mises à disposition par le responsable des données à la province Nord. Les données mises à disposition sont les données validées et les données brutes. L'ensemble des courbes d'étalonnage notamment turbidité/concentration seront mises à disposition de même que les fiches des relevés sur place.

5.4 ANALYSE DES DONNEES

Les analyses de données portent notamment sur (voir chapitre 3 point 5) pour les analyses :

- Les relations entre la lame d'eau précipitée et la lame d'eau ruisselée,
- Les relations entre la lame d'eau ruisselée et la turbidité,
- Les relations entre la lame d'eau précipitée et la turbidité,
- Le calcul des flux de matières en suspension (MES) : "Comparaison" des mesures de MES à partir des différentes méthodes (turbidimètre, échantillonneur ISCO et/ou dépôt dans les cuves + analyse en laboratoire) servant notamment à l'établissement des courbes d'étalonnage des turbidimètres ;
- La détermination de la concentration en matériaux ;
- La détermination de la granulométrie des matériaux transportés ;
- La détermination du taux d'érosion selon le type de station.

A ces analyses viendront s'ajouter d'autres paramètres tels que l'humidité relative du sol (voir chapitre 5) à travers la mise en place de sondes supplémentaires sur les parcelles.

Chapitre 5 : Construction de la phase 3

1.1 DEVELOPPEMENT D'UN PROJET DE RECHERCHE CIFRE

La coordination du projet RESCCUE s'est investie dans le développement du contenu d'un projet de recherche CIFRE en juin 2017. Cette proposition de projet a été affinée avec l'IRD et l'UNC au cours des mois de juillet et août 2017. La version finale de ce projet est disponible en annexe 5.

Le projet de thèse CIRE a pour objectif d'assurer l'exécution de la phase 3 de l'opérationnalisation du dispositif de suivi. En effet, il a été validé en 2016 par la province Nord et la Communauté du Pacifique la nécessité d'avoir un personnel (jeune chercheur) sur site pour assurer le fonctionnement du système et la capitalisation des données sur le moyen terme.

La province s'est engagée définitivement le 9 novembre 2017 pour l'accueil d'un CIFRE Provincial à condition de l'obtention d'une bourse de l'Agence Nationale pour la Recherche Technologique (ANRT).

1.2 CONTENU DU PROJET ET ADAPTATION DU DISPOSITIF

Le projet de recherche qui sera proposé à l'ANRT s'intéresse à quantifier les effets des feux et des espèces envahissantes sur le cycle de l'eau et sur l'érosion. Il se donne pour ambition de réaliser les bilans hydro sédimentaires et biochimiques des parcelles installées et d'évaluer leurs contributions au bilan des bassins versants. Ce projet de recherche analysera également l'intérêt du dispositif modulaire développé pour la mesure des bilans hydro-sédimentaires à l'échelle de la parcelle dans l'optique d'une modélisation de la perte en sol à l'échelle de bassins versants naturels.

Même si l'évaluation de l'impact des mesures de gestion (contrôle actif de l'érosion) sur le bilan hydro-sédimentaires des versants ne sera pas directement abordée durant le projet de recherche, l'intérêt d'utiliser le système à cette fin doit être également évalué.

Afin d'étoffer le dispositif pour répondre de manière plus précise à ces objectifs, les composants suivants seront ajoutés :

- un point de contrôle en aval du bassin versant de la Thiem dans une section stable de la rivière (site envisagé : au niveau du point de captage en eau potable de Haccinem – mesure envisagée : matrice des vitesses). Ce point de contrôle contribuera, sur le long terme, à évaluer l'impact de l'ensemble des mesures de remédiation prises sur le bassin versant, ce qui fournira une mesure de la politique de remédiation[7] ;

- des sondes d'humidité sur chacune des trois parcelles. Les mesures qui seront faites pourront apporter des éléments explicatifs du déclenchement du ruissellement et de la perméabilité des sols (sondes acquises et livrées, prêtes à être installées) ;

- un échantillonneur visant l'établissement des relations entre la turbidité et les MES sera mis à disposition par l'IRD pendant une durée de une année suffisante pour valider les mesures de matière en suspension sur les parcelles. Cet échantillonneur servira aussi à contrôler le protocole d'échantillonnage nécessaire pour quantifier la matière dissoute transportée ainsi que le transport de micro-organismes nocifs dans l'eau de boisson (coliformes associés à la faune sauvage p. ex.)

Afin d'alléger le fonctionnement d'un dispositif, il est tout à fait envisageable de mener des campagnes d'échantillonnage en intermittence tout en continuant à mesurer en continu le débit ruisselé (Hudson, 1993). Cela est parfaitement valable pour notre situation où l'instrumentation des mesures de hauteur de charge et de turbidité est automatisée, ce qui n'enlève en rien la nécessité du suivi et de l'entretien du dispositif.

[7] *Vu le type d'actions menées et la temporalité de la restauration (observation d'un changement après quelques années), la durée de la thèse ne permettra pas d'observer des modifications hydro-sédimentaires dues à celles-ci.*

1.3 PARTIES PRENANTES ET ORGANISATION

La thèse de doctorat se déroulera à l'Ecole Doctorale du Pacifique sous la codirection de Pascal Dumas (MC, CNEP, Université de la Nouvelle-Calédonie) et Pierre Genthon (DR IRD, HydroSciences Montpellier, affecté en Nouvelle-Calédonie au 1/09/17).

Quentin Delvienne (coordinateur RESCCUE PN) sera co-encadrant de cette thèse d'abord depuis Touho, jusqu'en juin 2018, période pendant laquelle il effectuera un passage de la responsabilité locale du chantier en direction du thésard, ensuite de manière plus lointaine en fonction de son affectation future. Yann Queffelean et Etienne Ebrard des services de Restauration des Terrains de Montagne de l'Office National des Forêts ayant travaillé sur le design du dispositif suivront également la bonne exécution de cette thèse depuis la Métropole.

L'encadrant au niveau du Service Impact Environnemental et Conservation (SIEC) et le responsable hiérarchique direct du CIFRE sera Jean-Jérôme Cassan étant donné que le CIFRE sera personnel provincial. Les moyens de fonctionnement du CIFRE seront mis à disposition par la PN (voiture de terrain, ordinateur, etc.).

Les moyens humains locaux pour les visites de terrain seront mobilisés auprès de l'association locale « Cèmi Acuut A Mulip » qui a été impliquée depuis le début du projet RESCCUE dans toutes les étapes de conception et mise en place du dispositif.

1.4 CONCLUSION ET IMPLICATIONS POUR LA PHASE 3

Vu les délais d'engagement des parties (notamment pour le portage du CIFRE), le début de la phase 3 de l'opérationnalisation du dispositif se voit décalée au début de l'année 2018 et est toujours sujette à l'acceptation du cofinancement par l'ANRT.

L'IRD avec la coordination du projet RESCCUE et l'UNC ont procédé à un appel à candidature pour le CIFRE et remis à la PN une sélection de candidats potentiels dont un candidat local qui présente un profil d'intérêt. L'ensemble du dossier technique de demande de cofinancement d'un projet de recherche CIFRE est dans les mains de la province qui doit statuer sur le candidat. Les lettres d'engagement de l'école doctorale et de la province doivent mentionner le nom du candidat pour être jugées recevables par l'ANRT.

Actuellement les sondes du dispositif sont stockées au bureau de la DDEE à Tuo Cèmuhî (Touho) et auraient dû faire l'objet d'une remise en fonctionnement par le CIFRE en fin 2017. Etant donné le décalage du commencement du CIFRE et afin d'avoir un dispositif fonctionnel pendant la saison humide, une organisation alternative devra être discutée entre les parties prenantes d'ici la fin 2017.

Chapitre 6 : Conclusion générale

Le dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion a été mis en place conformément à la planification opérationnelle de la phase 2. Cette phase a été rallongée de 2 mois du fait des travaux de terrain qui ont pris du retard pour diverses raisons (acceptabilité sociale de l'implantation des parcelles, coutumes et mariages, conditions climatiques (2 cyclones) et travaux champêtres de septembre et octobre 2017).

Le dispositif a pu être testé et les premières données collectées. Le test du dispositif a mis en évidence la nécessité d'être extrêmement régulier et rigoureux sur le contrôle du fonctionnement des sondes et l'entretien du dispositif. Les différents protocoles ont été mis à jour en fonction du dit test.

A l'heure actuelle, vu le faible temps d'acquisition de données et le faible nombre d'évènements suivis (période d'implantation qui a également contribué à une stabilisation des parcelles), il n'est pas possible de tirer des tendances. La difficulté à collecter une information crédible et de qualité sera directement dépendante du temps qui sera consacré au suivi et à l'entretien du dispositif. Ce qui confirme la nécessité de compter sur un CIFRE pour la mise en œuvre de la phase 3. La planification opérationnelle est adaptée de la manière suivante :

Tableau 15 : Programmation de la mise en place et du fonctionnement du dispositif revue en fin de phase 2

Phases	**Résultats obtenus/attendus**	**Temporalité**
Phase 1 : Adaptation pour une mise en place des parcelles en régie	**Résultats obtenus :** le design des parcelles est adapté et précisé en fonction des résultats de terrain, le matériel clé et les instruments de mesure principaux sont commandés et caractérisés.	Août 2016 – Décembre 2016
Phase 2 : Mise en place des parcelles, test et adaptations du dispositif	**Résultats obtenus :** Un dispositif composé de parcelles est fonctionnel sur le terrain, génère de la donnée de qualité et le traitement local des échantillons peut être réalisé.	Janvier 2017 – **octobre** 2017 *(initialement fin août 2017)*
Phase 3 : Collecte des données et valorisation	Le dispositif génère de la donnée en flux continu, donnée qui est archivée, sécurisée, traitée et valorisée	**Novembre 2018** *(initialement septembre 2017)* **– Décembre 2020**
Phase 4 : Fonctionnement et extension du dispositif (Optionnel et fonction du bilan de la phase 3)	La phase 3 permet la mise en valeur du dispositif, son développement et son fonctionnement à plus long terme	**2021** - 2030

Pour la mise en œuvre de la phase 3, l'ensemble des éléments nécessaires à la prise de fonction rapide d'un CIFRE ont été développés et remis aux mains de la province Nord. La province Nord s'est officiellement engagée le 9 novembre 2017 à porter le CIFRE.

Le site de Tuo Cèmuhî (Touho) à travers la mise en place du dispositif dans le cadre du projet RESCCUE retient l'attention de la sphère scientifique et pourrait voir d'autres actions s'y greffer. Un renforcement et une mise en valeur du dispositif dans le cadre d'échanges régionaux va être proposé au Fond Pacifique par l'IRD. Un projet de recherche sur l'amélioration des connaissances relatives au transport des leptospires responsables de la leptospirose est en cours de développement par l'institut Pasteur et sera soumis à financement.

Ces récents développements sont gages d'une reconnaissance des travaux effectués par le projet RESCCUE et du caractère unique du dispositif provincial de Tuo Cèmuhî (Touho).

BIBLIOGRAPHIE

Albergel, J. 1988 Genèse et prédétermination des crues au Burkina Faso. Du m^2 au km^2 Etude des paramètres hydrologiques et de leur évolution. Coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 341 pp.

Benett, H.H., 1929. Some aspects of soil erosion as a national problem. Soil. Sci. Soc. Am. J., 10, 55-74

Benneth, H.H., 1955. Elements of soil conservation, McGraw-Hill, New-York, 358p.

Chardonnet P., 1988. Etude de faisabilité technique et économique de l'élevage de cerfs en Nouvelle-Calédonie. IEMVT-CIRAD Maisons-Alfort et ADRAF Nouméa, 282 p.

Delvienne, Q., Binet T., Dominique, Y., Wallis C., 2015. Etat initial du site pilote de la Zone Côtière Nord Est, province Nord, Nouvelle- Calédonie. Rapport technique du projet RESCCUE, Communauté du Pacifique Sud, Nouméa 57 p., disponible à l'adresse : http://www.spc.int/wp-content/uploads/2016/12/Etat-initial-du-site-pilote-ZCNE.pdf

Delvienne, Q., Ebrard, E, Queffelean, Y., Grattard G., 2016. Etude de faisabilité pour la mise en place d'un dispositif de suivi de l'érosion adapté et opérationnalisation. Rapport technique du projet RESCCUE, Communauté du Pacifique Sud, Noumea, 59 p., disponible à l'adresse : http://www.spc.int/wp-content/uploads/2016/12/Etude-op%C3%A9rationnalisation-dispositif-suivi.pdf

Delvienne, Q., Rey, F., Moynot, G., Grattard G., Baye, E., 2016. Opérations de protection et de restauration du bassin de captage de Haccinem, province Nord de Nouvelle –Calédonie. Rapport technique du projet RESCCUE – publication de la Communauté du Pacific Sud. 79 p. disponible à l'adresse : http://www.spc.int/wp-content/uploads/2016/12/Operations-protections-et-restaurations-Bassin-Haccinem.pdf

Descroix, L., Genthon, P., Amogu, O., Rajot, J.-L., Sighomnou, D., Vauclin, M., 2012. Change in Sahelian Rivers hydrograph: The case of recent red floods of the Niger River in the Niamey region. Glob. Planet. Change 98–99, 18–30. doi:10.1016/j.gloplacha.2012.07.009

Dumas, P., Printemps, J., Mangeas, M., 2010. Developping erosion models for integrated coastal management: a case study of the New Caledonia west coast, Mar. Pol. Bull., 61, 519-529

Ebrard, E, Queffelean, Y., Delvienne, Q., Rey, F., Gavoty, E., Bargier, N., 2015. Mise en place d'un dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion dans le bassin versant de la Thiem (commune de Touho). Rapport technique du projet RESCCUE, Communauté du Pacifique Sud, 55 p. disponible à l'adresse : http://www.spc.int/wp-content/uploads/2016/12/Dispositif-suivi-Bassin-Thiem.pdf

Ellison, W.D., 1948, Soil erosion. Soil. Sci. Soc. Am. J., 12, 479-484

Fabricius, K.E., 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. Mar. Pollut. Bull. 50, 125–146. doi:10.1016/j.marpolbul.2004.11.028

Foth, H.D., 1990. Fundamentals of soil science, John Wiley & Sons, New York, 368p

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2013. Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva.

Hartmann, J., West, A.J., Renforth, P., Koehler, P., De La Rocha, C.L., Wolf-Gladrow, D.A., Duerr, H.H., Scheffran, J., 2013. Enhanced chemical weathering as a geoengineering strategy to reduce atmospheric carbon dioxide, supply nutrients, and mitigate ocean acidification. Rev. Geophys. 51, 113–149. doi:10.1002/rog.20004

Heintz, T., Haapkylae, J., Gilbert, A., 2015. Coral health on reefs near mining sites in New Caledonia. Dis. Aquat. Organ. 115, 165–173. doi:10.3354/dao02884

Hudson N.W., 1993. Field measurement of soil erosion and runoff, FAO Soils Bull. N° 34, FAO, Rome, disponible à l'adresse: http://www.fao.org/docrep/T0848E/T0848E00.htm

Hydromine, 2012. Rapport de synthèse 2009-2012. Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, DAVAR, 175 p., disponible à l'adresse : ftp://ftp.gouv.nc/DAVAR/Etudes_GP/Hydrologie/Hydromine_2009_2012_Rapport.pdf

Jeanpert, J., 2017. Structure et fonctionnement hydrogéologiques dans les massifs de péridotites de Nouvelle Calédonie. Thèse, Université de la Réunion, 225 p.

Lal, R., 1997. Degradation and resilience of soils. Phil. Trans. R. Soc., 352, 997-1010

Le Borgne, J., 1964. Géographie de la Nouvelle-Calédonie et des Iles Loyauté. Ministère de l'Education, Jeunesse et Sports, Nouméa, 306 p.

Lechevallier, M., Evans, T., Seidler, R., 1981. Effect of turbidity on chlorination efficiency and bacterial persistence, Appl. Environ. Microbiol., 42, 159–167.

Leslie, L.M., Karoly, D.J., Leplastirer, L et Buckley, B.W., 2007. Variability of tropical cyclones over southwest Pacific Ocean using high-resolution climate model. Meteorology and Atmospheric Physics, 97, 171-180

Mahe, G., Lienou, G., Descroix, L., Bamba, F., Paturel, J.E., Laraque, A., Meddi, M., Habaieb, H., Adeaga, O., Dieulin, C., Kotti, F.C., Khomsi, K., 2013. The rivers of Africa: witnesses of climate change and human impact on the environment. Hydrol. Process. 27, 2105–2114. doi:10.1002/hyp.9813

McBroom, M., Chang, M., Sayok, A.K., 2002. Forest Clearcutting and Site Preparation on a Saline Soil in East Texas: Impacts on Water Quality,Tech. Rep. SRS-48. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. pg. 535-542

Miller, M.F., 1931. Erosion as a factor in soil determination. Science, 73:79-83

Musy, A., Higy, C., 2004. Hydrologie, une science de la nature, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausane, 315 p.

Newcombe, C.P., Macdonald, D.D., 1991. Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems. North Am. J. Fish. Manag. 11, 72–82. doi:10.1577/1548-8675(1991)011<0072:EOSSOA>2.3.CO;2

Nord, G., Esteves, M., 2010. The effect of soil type, meteorological forcing and slope gradient on the simulation of internal erosion processes at the local scale. Hydrol. Process. 24, 1766–1780. doi:10.1002/hyp.7613

Province Nord, 2011. Plan d'action Environnement. Direction du Développement Economique et de l'Environnement de la province Nord de Nouvelle-Calédonie, Koné, Nouvelle Calédonie, 128 p.

Renard, K., Foster, G., Weesies, G., Porter, J., 1991. Rusle - Revised Universal Soil Loss Equation. J. Soil Water Conserv. 46, 30–33.

ROOSE, 1973. Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissèlement sur un sol ferralitique sableux de basse Côte d'Ivoire. Thèse, Université de Cote d'Ivoire, 221 p.

Seguis, L., Kamagate, B., Favreau, G., Descloitres, M., Seidel, J.-L., Galle, S., Peugeot, C., Gosset, M., Le Barbe, L., Malinur, F., Van Exter, S., Arjounin, M., Boubkraoui, S., Wubda, M., 2011. Origins of streamflow in a crystalline basement catchment in a sub-humid Sudanian zone: The Donga basin (Benin, West Africa) Inter-annual variability of water budget. J. Hydrol. 402, 1–13. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.01.054

Servant J., 1974. Un problème de géographie physique en Polynésie Française : l'érosion, exemple de Tahiti. Cahier ORSTOM, série Sciences Humaines, vol. XI, n°3/4, pp 203-209.

Telles, T. S., Guimarães, M., Dechen, S.C.F., 2011. The cost of soil erosion a literature review. R. Bras. Ci. Solo, 35, 287-298

Wiersum, K. F. Effect of various vegetation layers in an Acacia auriculiformis forest plantation on surface erosion in Java, Indonesia, Forest Cons. Hist., 31, 79-89

Wischmeier, W. H., and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

Ypsilantis, W.G. 2011. Upland soil erosion monitoring and assessment: An overview. Tech Note 438. Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, CO. 48 p. disponible à cette adresse: https://www.blm.gov/nstc/library/pdf/TN438.pdf

Annexes

Annexe 1 : Plan des collecteurs et fichier source
Annexe 2 : Fichier xls de mesure en vue de la détermination de la surface des parcelles
Annexe 3 : Mode d'emploi Memmert INB 500
Annexe 4 : Catalogue des épisodes
Annexe 5 : Contenu du projet de thèse CIFRE