



**Projet foresterie et agroécologie en zone de montagne au Nord-Laos,
Viengkham, province de Luang Prabang
FORAE Nord-Laos**

***- Guide d'évaluation de l'empreinte environnementale d'un projet agroécologique et
d'aménagement de parcelles de montagne -***



Etc Terra - Rongead

Mai 2018



1. Introduction	5	5.4. Conclusion :	24
1.1. Contexte et Objectifs	5	6. Suivi de l'érosion	25
1.2. Le projet FORAE	5	6.1. Objectifs	25
1.3. Méthode d'évaluation de l'empreinte environnementale du projet	8	6.2. Protocole	25
2. Suivi de l'occupation du sol	9	6.3. Résultats principaux	26
2.1. Objectifs de l'étude :	9	6.4. Conclusion	27
2.2. Protocole :	9	7. Bilan GES du projet	28
2.3. Résultats principaux :	10	7.1. Objectifs	28
3. État de référence de la biodiversité et de la biomasse forestière	13	7.2. Protocole	28
3.1. Objectifs de l'étude :	13	7.3. Résultats principaux	29
3.2. Protocole :	13	7.4. Conclusion de l'étude	33
3.3. Résultats principaux :	15	8. Système d'information Agro-Environnemental	35
3.4. Conclusion de l'étude :	17	8.1. Objectif	35
4. Etat de référence des sols et du carbone organique des sols	18	8.2. Méthode de mise en place	35
4.1. Objectifs de l'étude :	18	8.3. Conclusion et perspectives	36
4.2. Protocole :	18	Références	38
4.3. Résultats principaux	19		
4.1. Conclusion de l'étude :	21		
5. Suivi de la ressource en eau	22		
5.1. Objectifs :	22		
5.2. Mode opératoire :	22		
5.3. Résultats principaux :	23		

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du district de Viengkham et des villages bénéficiaires _____	7
Figure 2 : Carte d'occupation du sol du district de Viengkham en février et décembre 2016 _____	11
Figure 3 : Dynamique d'occupation du sol _____	12
Figure 4 : Illustration de l'inventaire _____	14
Figure 5 : Localisation des inventaires _____	15
Figure 6 : Richesse spécifique, diversité, abondance et DHP par type de forêt (FC : Forêt de conservation, FP : Forêt de protection) _____	15
Figure 7 : Réalisation de l'inventaire pédologique _____	19
Figure 8 : Stock de carbone par village _____	20
Figure 9 : Stock de carbone en fonction de l'occupation du sol _____	20
Figure 10 : Pluviomètre automatique _____	22
Figure 11 : Logiciel de traitement des données pluviométriques (HOBOWare) _____	23
Figure 12 : Précipitations et températures relevées en 2016, 2017 et 2018 par le pluviomètre installé au centre technique agricole de Muang Mouay _____	23
Figure 13 : Dispositif de suivi de l'érosion installé au centre technique de Muang Mouay en juillet 2016 (Gauche : barrière à sédiment et tranchée de collecte, Droite : barrière) _____	25

Figure 14 : Dispositif de suivi de l'érosion un an après sa mise en place et collecte des sédiments _____	26
Figure 15 : Copie d'écran du résultat d'Ex-Act avec les activités du projet FORAE _____	29
Figure 16 : Exemple de cartographie participative (en haut) et de PLUP (en bas - disponible sur le géoportail du projet) pour le Ban de Phonkeo ____	31
Figure 17 : Exemple de résultats d'Ex-Act pour la mise en œuvre du PLUP en 20 ans sur le Ban de Phonkeo _____	32
Figure 18 : page de garde du géoportail du projet FORAE _____	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Indicateurs et dispositifs _____	8
Tableau 2 : Typologie des classes d'occupation du sol _____	10
Tableau 3 : Espèces dominantes de l'ensemble des inventaires obtenues avec l'Indice de Valeur d'Importance (IVI). _____	16
Tableau 4 : Espèces listées dans la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN et leur statut _____	17
Tableau 5 : Stock moyen de carbone des deux types de forêts, calculé avec l'équation de Chave et al. 2014. _____	17
Tableau 6 : hypothèses formulées sur les changements d'usages du sol et d'état dans l'outil Ex-Act pour le Ban de Phonkeo _____	30

Liste des abréviations

ACoP	Analyse en Coordonnées Principales
DHP	Diamètre à Hauteur de Poitrine
ESA	European Space Agency
EX ACT	Ex-Ante Carbon-balance Tool
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FORAE	Foresterie et agroécologie en zone de montagne au Nord Laos
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GPS	Global Positioning System
IVI	Indice de Valeur d'Importance
PAFO	Provincial Agriculture and Forestry Office
PLUP	Participatory Land Use Planning
SAEDA	Sustainable Agriculture and Environment Development Association
SIG	Système d'Information Géographique

1. Introduction

1.1. Contexte et Objectifs

Le projet FORAE « Foresterie et agroécologie en zone de montagne au Nord Laos (FORAE) » est mis en œuvre par Agrisud International en partenariat avec l'association Etc Terra - Rongead, l'association SAEDA (Sustainable Agriculture and Environment Development Association), le PAFO de Luang Prabang (Provincial Agriculture and Forestry Office), le DAFO de Viengkham (bureau de l'agriculture et foresterie) et le DONRE (bureau de l'environnement et gestion des ressources naturelles).

1.1.1. Objectifs et résultats attendus

Objet du projet :

Le projet vise à développer des modèles agricoles adaptés aux contextes des districts montagneux du Nord-Laos, et qui répondent aux problèmes de pauvreté et d'insécurité alimentaire des populations tout en préservant les ressources naturelles et productives.

Objectifs globaux :

1. Lutter contre la pauvreté et contribuer au développement économique et social des populations rurales.
2. Contribuer à la réhabilitation, la préservation et la valorisation des ressources naturelles (eau, sol, biodiversité).
3. Contribuer à l'atténuation et l'adaptation au changement climatique (résilience des systèmes agricoles, réduction des émissions de GES et séquestration de carbone).

Objectifs spécifiques :

Renforcer les capacités des populations agricoles de montagne du District de Viengkham (Province de Luang Prabang) à produire durablement, gérer et préserver les ressources naturelles :

- OS1 / Des systèmes agricoles performants aux plans techniques, économiques et environnementaux, sont mis en œuvre par les familles d'agriculteurs de la zone.
- OS2 / Des plans d'aménagement des espaces agricoles et forestiers communaux sont élaborés de manière participative et mis en œuvre à l'échelle villageoise.
- OS3 / Les résultats et effets des aménagements et systèmes de production promus en termes de préservation des ressources naturelles productives (eau, sol et biodiversité) et de bilans GES (séquestration de carbone / réduction d'émissions) sont vérifiés et évalués.
- OS4 / Les résultats sont capitalisés et diffusés, les partenaires locaux sont formés pour une réplique du projet à plus large échelle.

Activités prévues et résultats attendus

Activité 1 : Accompagnement et formation à l'amélioration des performances techniques, économiques et environnementales des exploitations

- => Formation professionnelle, adaptée au niveau des bénéficiaires et à leurs objectifs de production.
- => Accompagnement dans la mise en œuvre des pratiques agroécologiques en foresterie, agroforesterie, cultures vivrières, fourragères et fruitières, jachères améliorées...
- => Appui au Centre Technique Agricole du District pour la mise en place de parcelles de démonstration.
- => Identification et formation de maîtres-exploitants pour la diffusion des pratiques.

Activité 2 : Appui à l'élaboration de plans participatifs d'aménagement du territoire et à la planification et mise en œuvre d'activités de réhabilitation des zones fortement dégradées

- => Mise en place de 20 comités villageois de développement pour la mise en œuvre des plans participatifs d'aménagement du territoire (PLUP) et des plans locaux de développement.
- => Appui à la mise en œuvre d'activités d'aménagement local répondant aux besoins de développement agricole identifiés par les villageois et leurs comités.
- => Appui à l'enregistrement des zones forestières et à la mise en œuvre de plans de réhabilitation des zones de forêts dégradées.
- => Mise en place d'un système d'information géographique (SIG) de suivi des activités à l'échelle du projet.

Activité 3 : Etude de l'empreinte environnementale du projet en termes de préservation des ressources naturelles

- => Inventaire des connaissances sur l'environnement de la zone de projet.
- => Cartographie de l'occupation et l'usage des terres.
- => Etude de la variabilité de la matière organique des sols et effets de la mise en œuvre de pratiques agricoles durables.
- => Etude sur la ressource en eau : vulnérabilité du bassin versant et estimation de l'effet d'un changement de pratiques agricoles.
- => Estimation de l'impact climatique et environnemental du projet.

Activité 4 : Elaboration d'un programme de déploiement du projet et des outils associés

- => Identification des facteurs d'adoption de nouvelles pratiques.
- => Rédaction d'un guide d'évaluation de l'empreinte environnementale d'un projet agroécologique et d'aménagement de parcelles de montagne.
- => Création et renforcement, par la formation, de compétences locales sur la mesure de l'empreinte environnementale.
- => Mise en œuvre d'un cycle d'apprentissage pour la diffusion des bonnes pratiques agroécologiques (CAA).

1.1.2. Contexte

Situé au milieu de l'Asie du Sud-Est, le Laos est un pays aux paysages et écosystèmes variés. Le projet est situé au Nord du Laos, dans la Province de Luang Prabang et plus précisément dans le district de Viengkham (Figure 1). La population du district, s'élevant à 30 000 personnes, soit 4942 familles, appartient à trois groupes ethniques : les Lao (12%), les Khmu (78%), et les Hmongs (10%).

Le projet concerne 20 villages (Ban) situés dans 6 communes (Kumban). Le District de Viengkham est une zone montagneuse avec 80% de territoire sur pentes, sur des altitudes variant entre 400 m et 1500 m. Deux types de paysages y sont représentés : les plaines, principalement occupées par l'agriculture de bas-fonds (riz principalement), et les montagnes, qui sont couvertes par des forêts, des jachères et des parcelles de cultures pluviales. Le réseau hydrographique est très important, avec beaucoup de sources et de cours d'eau. Le District bénéficie d'un climat tropical, influencé par la mousson, avec une saison humide de mai à octobre, une saison sèche froide de novembre à février et une saison sèche chaude en mars et avril. Les habitants du district dépendent majoritairement de l'agriculture pour leur subsistance. Les systèmes agricoles, très diversifiés pour la consommation des ménages, dépendent des pluies pour l'irrigation et des brûlis pour le nettoyage et la fertilisation des parcelles. Ils s'avèrent cependant peu productifs et le District reste peu attractif pour les entreprises et collecteurs de produits agricoles.

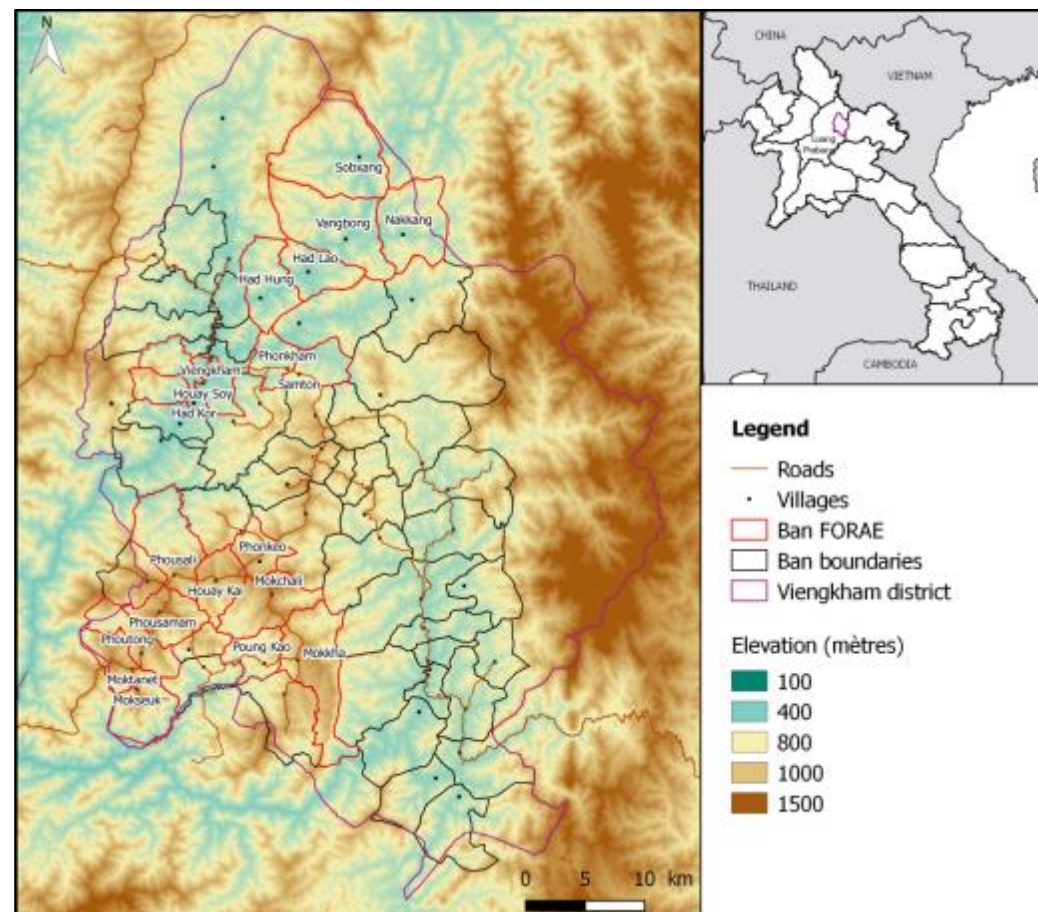


Figure 1 : Localisation du district de Viengkham et des villages bénéficiaires

1.2. Méthode d'évaluation de l'empreinte environnementale du projet

Les objectifs du projet en termes de mesure d'impact concernent 4 composantes environnementales principales : le climat, le sol, l'eau et la biodiversité. Chacune peut être approchée qualitativement et quantitativement à partir d'indicateurs spécifiques et méthodologies propres. Afin d'évaluer l'empreinte environnementale du projet, plusieurs indicateurs d'intérêt ont été identifiés à partir de trois critères principaux : 1) au regard des problématiques environnementales locales, 2) des objectifs du projet en termes d'activités d'aménagement du territoire et d'appui auprès des producteurs et 3) des moyens (ressources humaines et financières) disponibles. La liste des indicateurs retenus et des dispositifs mis en place sont présentés dans le tableau 1.

Ce rapport est à la fois un guide sur les outils et méthodes mobilisés pour évaluer l'empreinte environnementale d'un projet de diffusion des pratiques agroécologiques à partir d'approches scientifiques et un recueil des résultats obtenus dans le cadre du projet FORAE. Les messages clés à retenir sont présentés à la fin de chaque étude.

Les informations détaillées sur les méthodes et résultats sont disponibles dans les rapports produits pour chacune des études listées dans le tableau 1 et disponibles séparément (référence des études en annexe).

Tableau 1 : Indicateurs et dispositifs

Indicateur / Activité	Méthodologie / dispositif	Indicateurs quantitatifs	Echelle / Territoire
Cartographie et suivi de l'occupation et l'usage des terres	Observations de terrain et étude de télédétection sur deux dates	- Surfaces de forêts, champs de culture, jachères - Evolution des surfaces entre deux dates	- Villages du projet FORAE - District de Viengkham
Etat de référence de la biodiversité et biomasse forestière	Inventaire forestier (29 placettes inventoriées) et analyses statistiques	- Richesse spécifique - Composition spécifique - Biomasse	Informations des placettes extrapolées au district de Viengkham
Etude de la variabilité de la matière organique des sols	Inventaire pédologique (44 parcelles échantillonnées), analyse en laboratoire, analyses statistiques, et cartographie (Carte du carbone organique du sol)	- Teneur en matière organique du sol - Densité apparente du sol - Stocks de carbone dans les sols en fonction des pratiques	Informations des placettes extrapolées au district de Viengkham
Etude de la pluviosité et des températures	Utilisation d'un pluviomètre automatique installé au centre technique agricole de Muang Mouay	- Suivi pluriannuelle de la pluviométrie et des températures	District de Viengkham
Etude de l'érosion à l'échelle de la placette	Installation d'un dispositif de suivi de l'érosion au centre technique agricole de Muang Mouay	- Taux de perte en sol	Placette

2. Suivi de l'occupation du sol

2.1. Objectifs de l'étude :

Cette étude visait à développer une méthodologie de suivi de l'occupation des terres adaptée au district de Viengkham et plus largement pour le Nord-Laos, à partir de données récentes de télédétection. Elle avait pour objectifs spécifiques de :

- Fournir des informations objectives et exhaustives sur les utilisations actuelles et sur le changement d'utilisation des terres afin de mieux connaître les ressources naturelles disponibles et leurs usages,
- Développer une méthodologie d'évaluation du succès ou de l'échec de la mise en œuvre des PLUP (Participatory Land-Use Planning) et/ou des activités réalisées au cours du projet (méthode de suivi-évaluation des PLUP).

2.2. Protocole :

La méthodologie est basée sur des techniques de télédétection, impliquant la collecte d'images satellite et la classification automatique de l'utilisation des terres à l'aide d'un modèle statistique. La méthodologie appliquée peut être résumée comme suit :

Téléchargement des images satellite très haute résolution

- Les images satellites utilisées ici, sont des images multispectrales Sentinel-2 (S2) disponibles gratuitement sur les archives de la NASA/USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Prétraitements des données satellitaires :

- Correction atmosphérique (Outil Sen2cor développé par l'ESA),
- Empilement des bandes spectrales par scène
- Mosaïque et découpage sur la zone d'étude.

Identification et délimitation des parcelles d'apprentissage

- Détermination de la typologie des classes d'utilisation des terres par connaissance d'expert et visites de terrain
- Établissement d'une typologie avec 6 classes : Forêt, Jachère, Zone de culture, Pâturage, Eau, Route et infrastructures (Tableau 2)
- Délimitation des parcelles d'entraînement par photo-interprétation sur images Sentinel et images Google Earth.

Classification supervisée :

- Calibration et Validation de la classification supervisée à l'aide de l'algorithme (*RandomForest* utilisé dans le logiciel libre R)
- Production de la carte d'occupation du sol sur l'ensemble de la zone d'étude (produit final : GeoTIFF)

Analyse statistique des résultats et croisement des données :

- A l'échelle du district
- A l'échelle des villages appuyés par le projet FORAE.

Tableau 2 : Typologie des classes d'occupation du sol

Code	Description	Short name
1	Mature or dense forest, big trees above 10 m, old fallow more than 10 years	Forest
2	Fallow (between 2 and below 10 years)	Fallow
3	Cultivated land, recently cleared or with ongoing cropping, or young fallow below 1 year	Cropland
4	Savannah – pasture (>1300 m)	Pasture
5	Water area	Water
6	Secondary roads or villages	Roads

À retenir sur la méthode :

Pour ce type d'analyse, plusieurs outils d'analyse d'images satellites vont être mobilisés : un logiciel de traitement de l'image brute – *Sen2Cor*, un logiciel SIG – *QGIS* – utilisé pour produire les parcelles d'apprentissage (parcelles indiquant quelles valeurs spectrales correspondent aux occupations du sol définies) et un algorithme de classification des images – *RandomForest* - utilisable sous le logiciel R. Tous sont des logiciels libres ce qui facilite leur usage. Ce travail demande des compétences en télédétection et ne peut être entièrement automatisé. En effet, pour chaque carte produite, il est nécessaire d'effectuer un travail de contrôle qualité des résultats intermédiaires et de délimitation de nouvelles parcelles d'apprentissage par photo-interprétation des images satellites (travail itératif).

2.3. Résultats principaux :

L'analyse spatiale de l'occupation du sol effectuée dans le cadre du projet révèle une part importante de jachère (48 - 52%) et une proportion de forêt non-négligeable (34 - 35%) en raison de la présence du massif forestier à l'Est du district compris dans l'aire protégée nationale de Nam Et-Phou Louey. Les zones cultivées représentent également une proportion significative (10 - 13%) de la superficie totale du district.

La distribution des classes d'occupation est très variable d'un village à l'autre. Les villages de Phonkham, Samton et Viengkham présentent la plus faible proportion de forêt avec une proportion inférieure à 10 % de la superficie totale du village. Les villages de Houay Kai et Phousanam, quant à eux, présentent la plus forte proportion de forêt (> 45 % de la superficie totale).

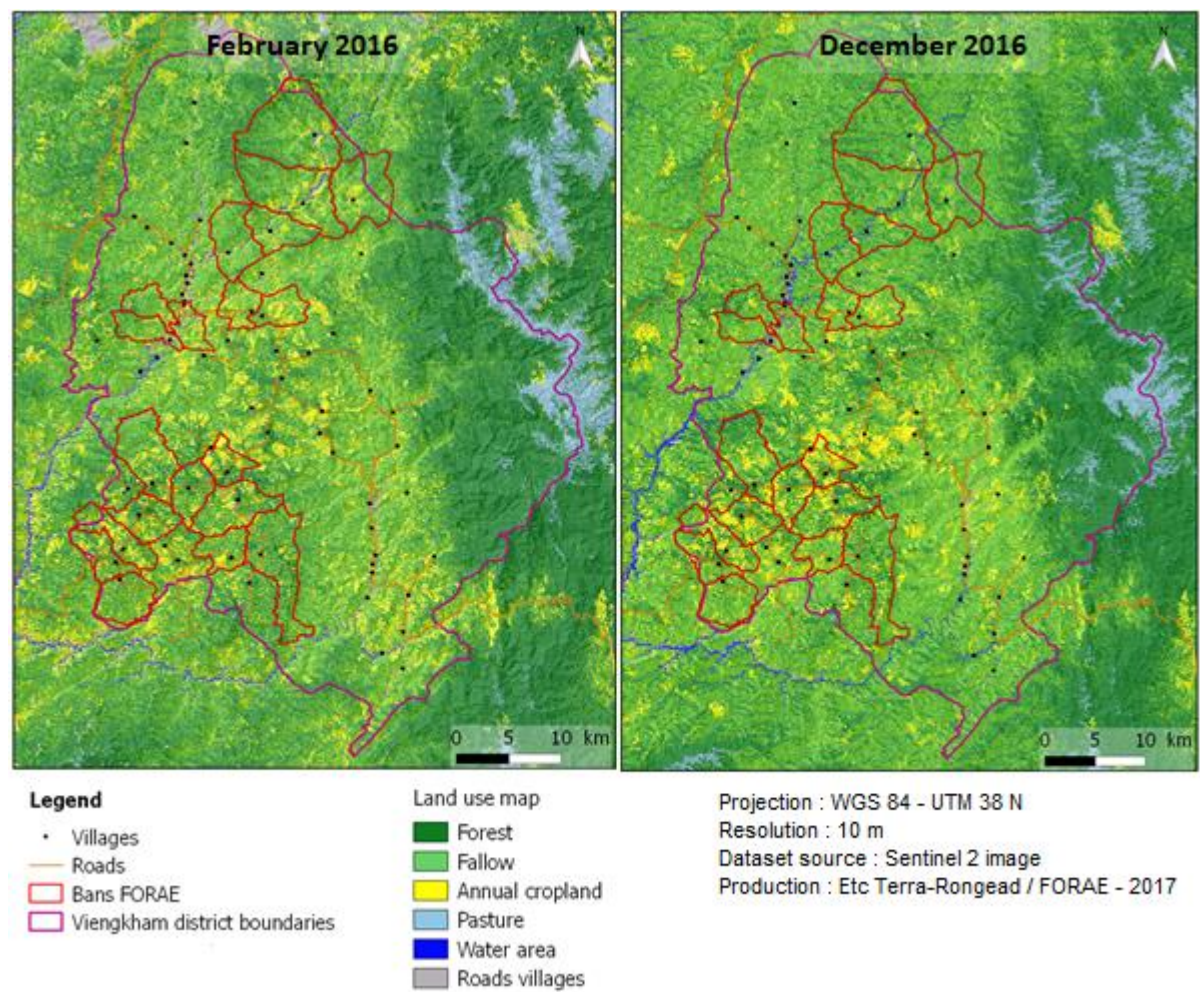


Figure 2 : Carte d'occupation du sol du district de Viengkham en février et décembre 2016

L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol entre février et décembre 2016 révèle des faibles changements en termes de superficie et de proportion des différentes classes à 11 mois d'intervalle. Ces changements sont principalement liés à la rotation des parcelles de cultures, très visible sur les cartes d'occupation du sol et traduisent l'évolution de l'utilisation des terres entre 2 saisons culturales.

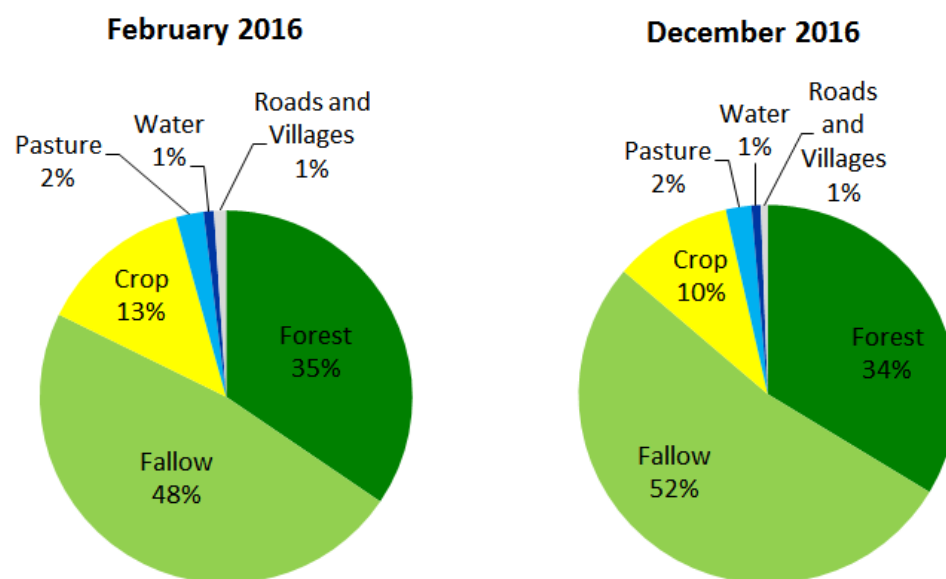


Figure 3 : Dynamique d'occupation du sol

Référence : « Cartographie de l'utilisation des terres et des changements d'utilisation des terres du district de Viengkham (Février 2016 et Décembre 2016) » Etc Terra – Rongead, Mars 2018.

À retenir sur les résultats :

Les cartes d'occupation du sol effectuées à plusieurs dates permettent d'estimer la répartition et évolution des surfaces agricoles et forestières dans le paysage. De plus, en comparant l'occupation réelle à celle prévue dans les plans d'aménagement (PLUP), il est possible d'évaluer si ces derniers sont bien respectés ou non et ainsi d'améliorer la mise en œuvre des plans d'aménagement.

3. État de référence de la biodiversité et de la biomasse forestière

3.1. Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude étaient d'établir un état de référence de la ressource forestière pour le district de Viengkham à partir d'indicateurs quantitatifs de la biodiversité et de la biomasse. Les objectifs spécifiques étaient les suivants :

- Analyser les différences en termes de biodiversité, biomasse et de structure des différents types de forêts classées par la Loi forestière,
- Définir une base de référence qui pourra permettre de comparer l'amélioration ou la dégradation future des forêts du district,
- Améliorer les connaissances sur la biodiversité des forêts du Laos.

3.2. Protocole

D'après la Loi forestière (2 novembre 1996), il existe 5 catégories de forêt qui obéissent à des mesures de gestion et des réglementations d'utilisations différentes : forêts de protection, forêts de conservation, forêts de production, forêts réhabilitées et forêts dégradées. Dans cette étude, les inventaires ont été réalisés dans 2 catégories de forêts présentes dans le district de Viengkham : forêt de protection et forêt de conservation. Les informations essentielles de cet inventaire sont présentées ci-dessous.

Détermination du plan d'échantillonnage

- Identification de 4 placettes par village (différentes forêts), avec au total :

- 20 placettes d'inventaire dans des forêts de protection (forêts dédiées à la protection du couvert forestier, chasse autorisée ainsi que la récolte de produits forestiers non-ligneux- PFNL),
- 9 placettes d'inventaire dans des forêts de conservation (forêts dédiées à la conservation des espèces faunistiques et floristiques, aucune activité autorisée).

Définition du protocole de mesure :

- Placettes d'inventaires circulaires de 16 m de rayon,
- Le suivi a été effectué en termes de biodiversité végétale et de biomasse aérienne selon des méthodes traditionnelles d'inventaire forestier. Les informations collectées sont présentées ci-dessous.

Informations collectées pour chaque arbre de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) de plus de 5 cm (Figure 1) :

- les noms vernaculaires des espèces (à l'aide d'experts locaux et de documents de correspondances pour les noms scientifiques),
- le diamètre à hauteur de poitrine (mètre ruban),
- la hauteur des arbres sur un échantillon d'arbre sélectionné (dendromètre).

Informations collectées pour chaque parcelle :

- l'altitude,
- les coordonnées GPS,
- la pente,
- le type de sol,
- la couverture forestière.

Analyses statistiques :

- Analyse de la richesse spécifique (nombre moyen d'espèces), la diversité spécifique (indice de Shannon-Wiener), l'abondance et du DHP moyen
- Composition spécifique : Indice de Valeur d'Importance (IVI) et une analyse multivariée (Analyse en coordonnées principales – AcOP),
- Biomasse : estimation de la hauteur de chaque individu à partir de l'équation hauteur-diamètre établie avec les données de hauteur

de 96 arbres, calcul de la biomasse avec l'équation allométrique de Chave et al. (2014) et utilisation des valeurs par défaut du GIEC (2006) pour le root-shoot ratio (rapport entre la biomasse aérienne et souterraine : 0,20 si la biomasse aérienne est inférieure à 125 t/ha ou 0,24 si la biomasse aérienne est supérieur à 125 t/ha).



Figure 4 : Illustration de l'inventaire

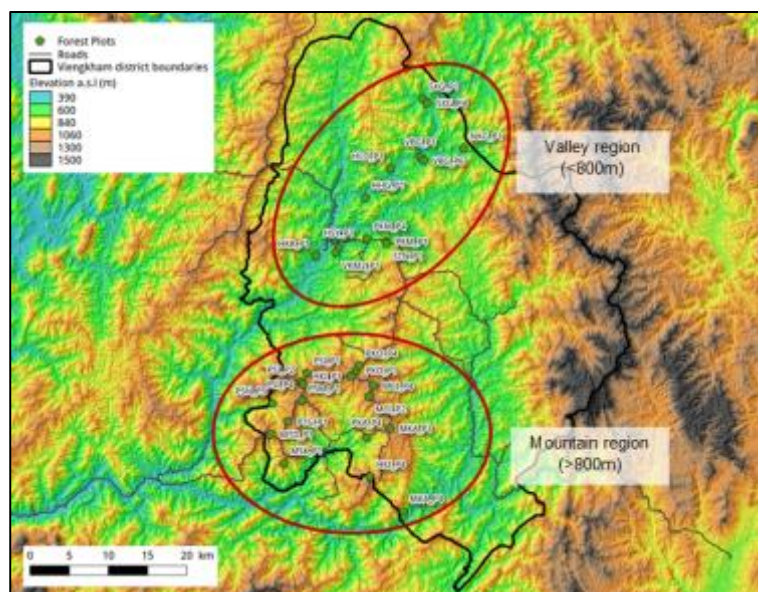


Figure 5 : Localisation des inventaires

3.3. Résultats principaux

Richesse et diversité spécifique :

Les résultats ont montré que les forêts de conservation présentaient une richesse spécifique, une diversité et une abondance significativement plus élevée que celles des forêts de protection (Figure 6). Globalement, en comparaison à d'autres forêts humides tropicales, la richesse spécifique des forêts étudiées est faible, probablement à cause d'une pression anthropique liée à la pratique de l'agriculture sur abattis brûlés historiquement forte. En effet, si le couvert forestier se régénère, la

succession de coupe entraîne une sélection des quelques espèces les plus résilientes, réduisant la biodiversité arborée par rapport à l'état initial.

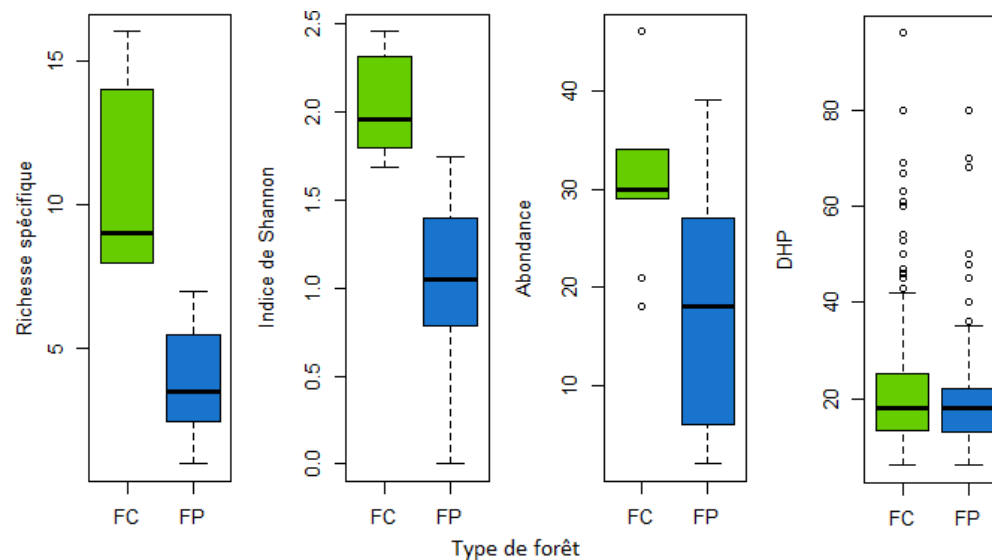


Figure 6 : Richesse spécifique, diversité, abondance et DHP par type de forêt (FC : Forêt de conservation, FP : Forêt de protection)

Composition spécifique :

- Les deux types de forêts présentent 4 espèces dominantes en commun et sont largement dominées par deux espèces : *Castanea mollissima* (Fagaceae) et *Schima wallichii* (Theaceae) (Tableau 3).
- L'ACoP a montré qu'il existait aucune différence significative de composition spécifique entre les deux types de forêts.

- L'analyse a également montré que les placettes avaient une composition similaire en espèces abondantes et présentaient seulement quelques espèces moins abondantes souvent site-spécifique, ce qui différencie les placettes.

Tableau 3 : Espèces dominantes de l'ensemble des inventaires obtenues avec l'Indice de Valeur d'Importance (IVI).

Nom scientifique	Famille	IVI (%)	Usages		
			Bois	Médicinales	Alimentaire
Forêt de conservation					
Castanea mollissima	Fagaceae	38.3	X		X
Schima wallichii	Theaceae	11.9	X		
Engelhardtia sp.	Juglandaceae	4.3	X		
Spondias axillaris	Anacardiaceae	3.1			X
Phyllanthus emblica	Phyllanthaceae	2.8	X	X	X
Aporosa villosa	Phyllanthaceae	2.7	X		X
Bauhinia variegata	Fabaceae	2.7			X
Paramichelia baillonii	Magnoliaceae	2.4	X		
Inconnu 7	-	2.0	-	-	-
Forêt de protection					
Castanea mollissima	Fagaceae	37.1	X		X
Schima wallichii	Theaceae	15.0	X		
Cratoxylum cochinchinense	Hypericaceae	2.4	X		X
Inconnu13	-	2.0	-	-	-
Engelhardtia sp.	Juglandaceae	1.6	X		
Bauhinia variegata	Fabaceae	1.4			X
Inconnu 22	-	1.3	-	-	-
Baccaurea cauliflora	Euphorbiaceae	1.3		X	X
Bischofia javanica	Phyllanthaceae	1.3	X		X

Parmi les espèces inventoriées, une espèce est listée comme *En danger* dans la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN (Tableau 4). Il s'agit de l'espèce *Afzelia xylocarpa*, de la famille des Fabaceae. Cette espèce est menacée en raison de la surexploitation de son bois pour la menuiserie et de la perte de son habitat (IUCN, 2018). Le suivi à long terme de cette

espèce pourrait être envisagé pour connaître l'état de la population et assurer sa conservation.

Tableau 4 : Espèces listées dans la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN et leur statut

Espèces	Statut IUCN
Azelia xylocarpa (Kurz) Craib	EN En danger
Bauhinia variegata L.	LC Préoccupation mineure
Cratoxylum cochinchinense (Lour.) Blume	LC Préoccupation mineure
Dimocarpus longan Lour.	NT Quasi menacé
Engelhardtia serrata Blume	LC Préoccupation mineure
Nephelium lappaceum L.	LC Préoccupation mineure

Biomasse :

Les résultats montrent que le stock moyen de carbone des forêts de protection est bien plus faible que le stock moyen de carbone des forêts de conservation (Tableau 5). Cela s'explique par le fait qu'il s'agisse de jeunes jachères. L'agriculture sur abattis-brûlis était pratiquée sur ces zones et est maintenant censée être arrêtée dans le cadre de la mise en œuvre des PLUP (schéma d'aménagement du territoire).

Tableau 5 : Stock moyen de carbone des deux types de forêts, calculé avec l'équation de Chave et al. 2014.

Type de forêt	Biomasse aérienne	Biomasse souterraine	Biomasse Totale
biomasse en tC/ha			
Conservation	82.73 (± 73.3)	16.55 (± 14.6)	101,05 (± 91.3)
Protection	31.20 (± 32.8)	6.24 (± 6.6)	37.44 (± 39.4)
biomasse en tCO ₂ eq/ha			
Conservation	303.34 (± 268.7)	67.19 (± 66.3)	370.5 (± 334.9)
Protection	114.41 (±120.4)	22.88 (±24.1)	137.29 (± 144.5)

3.4. Conclusion de l'étude :

Cette étude a permis d'établir un état de référence de la ressource forestière sur le territoire du district de Viengkham en termes de biodiversité végétale et de biomasse. Selon cette étude, les forêts de conservation présenteraient une biodiversité et une biomasse plus importante que les forêts de protection. Ceci pourrait être lié à l'âge de la régénération forestière, plus récente dans les forêts de protection. Les résultats témoignent également d'une dégradation actuelle ou passée de ces forêts et de la nécessité d'améliorer la gestion des ressources forestières dans le district de Viengkham.

Référence : « État de référence de la biodiversité et biomasse des forêts du district de Viengkham » Etc Terra – Rongead, 2017.

À retenir sur les résultats :

Les inventaires forestiers sur le terrain permettent d'évaluer l'état de la ressource ligneuse et son niveau de dégradation. Les inventaires effectués dans le cadre du projet constituent un état de référence. Pour connaître l'évolution de la ressource, il sera nécessaire de réaliser le même type d'inventaires dans quelques années. La diminution de la pression anthropique (coupes à blanc pour l'agriculture ou coupes sélectives) peut mener à une augmentation de la biomasse et de la biodiversité - à condition que des semenciers et la faune assurant la dispersion des graines soient présents à proximité des zones de régénération (des mesures de protection de la faune sont également nécessaires).

4. Etat de référence des sols et du carbone organique des sols

4.1. Objectifs de l'étude :

La matière organique ou carbone organique des sols est un indicateur environnemental intégratif car c'est une propriété chimique des sols liée à de nombreuses autres propriétés physiques (structuration du sol, etc.) et biologique (activité des micro-organismes, etc.) indiquant la bonne santé de l'agrosystème. Son étude en termes de concentration et stock selon différents modes de gestion des terres, position topographique et couverture des terres permet de mieux comprendre les gradients de fertilité et d'améliorer les conseils agricoles.

Cette étude visait à établir un état de référence de la ressource sol sur le territoire du district de Viengkham à partir d'un inventaire pédologique et des mesures de certaines propriétés du sol. Les objectifs spécifiques étaient de :

- Définir une base de référence sur laquelle comparer l'amélioration ou la dégradation future,
- Analyser l'effet des pratiques agricoles de la région sur les niveaux de fertilité des sols et notamment le stock de carbone organique du sol,
- Etudier la distribution des gradients de fertilité dans le paysage.

4.2. Protocole :

Détermination du plan d'échantillonnage

L'inventaire des sols a été réalisé par l'équipe Environnement du projet de juillet 2015 à avril 2016 (Figure 7) :

- 44 placettes de sol ont été échantillonnées (41 résultats sont finalement utilisables)
- Environ 4 placettes dans chaque village ont été identifiées et inventoriées afin de capturer les gradients topographiques de fertilité et les effets potentiels de l'utilisation, selon les critères suivants :
 - o type d'usage des terres : jachères, terres cultivées, forêt
 - o position paysagère : pente inférieure, moyenne et supérieure.

Protocole de mesure terrain

- Délimitation d'une placette carrée de 10 x 10 m
- Réalisation de 4 points de sondage à la tarière (1 point central et 3 points à 10m du centre dans 3 directions différentes) afin de créer un échantillon composite (mélange des échantillons de sol par couche de sol afin d'être représentatif de la surface de la placette)
- Échantillonnage du sol sur 3 profondeurs : 0-10, 10-20, 20-30 cm
- Ouverture d'une fosse pédologique au centre de la placette afin de faire la description du sol (couleur, structure, compacité, racine, humidité, etc.) et faire la mesure de la densité apparente par la méthode au cylindre
- Nombre total d'échantillons prélevés : 132 (44 parcelles x 3 couches de sol). Une partie des échantillons a été analysée en laboratoire (51 échantillons) et le reste a été analysé uniquement avec le MIRS :

- **Analyse des propriétés du sol** : Analyse dans un laboratoire de sol (Université Rajapath à Udon Thani en Thaïlande) pour les analyses suivantes : pH, N, P, K, OM selon des méthodes traditionnelles de laboratoire
- Sur l'ensemble des échantillons, 51 appartenant à 17 parcelles ont été sélectionnés à partir de leur représentativité et de leur gradient potentiel élevé
- Réalisation de scan par spectrométrie proche infrarouge (modèle micro-NIR JDSU) permettant de quantifier leur absorbance dans le visible et proche-infra rouge (signature spectrale) de l'ensemble des échantillons de sol collectés (132 échantillons)
- Calibration d'un modèle spectroscopique à partir des résultats des mesures en laboratoire (51 échantillons) et des signatures spectrales des échantillons
- Application des modèles spectrométriques calibrés sur l'ensemble du jeu de données d'échantillons afin d'estimer les teneurs en carbone organique sur l'ensemble des échantillons
- Estimation des densités apparentes pour l'ensemble des échantillons (fonction de pédo-transfert).

Calcul du stock de carbone organique des sols

La méthode employée pour calculer les stocks de carbone du sol consiste à mesurer la teneur en carbone organique total à différentes profondeurs du sol et de transformer ces données, en prenant en compte la densité apparente et la charge en éléments grossiers du sol, selon la formule suivante :

$$\text{Stock C (tonnes C / ha)} = \text{Concentration Corg (g.kg-1)} * \text{Densité (g.cm-3)} * (1 - \text{Eléments grossiers (\%)}) * \text{épaisseur du sol (cm)}$$

Analyses statistiques :

L'influence de différents facteurs (occupation du sol actuelle, position sur le versant, type de sol, durée de la jachère, localisation - vallée ou montagne) sur les stocks de carbone du sol a été testée statistiquement en utilisant un modèle linéaire généralisé (glm).

Pour chaque facteur, les stocks de carbone des différentes catégories ont été comparés en utilisant une analyse factorielle de variance (ANOVA) suivi du test de comparaison par paire de Tukey (HSD).



Figure 7 : Réalisation de l'inventaire pédologique

4.3. Résultats principaux

Pour l'ensemble des 44 placettes échantillonnées, la gamme des stocks de carbone du sol de la couche 0 à 30 cm, s'étend de 14,05 tC/ha à

146,10 tC/ha avec une moyenne de 74,8 tC/ha. Les stocks de carbone échantillonnés dans les villages du district de Viengkham sont dans l'ensemble assez élevés, mais sont marqués par une grande variabilité.

Influence des facteurs :

Les effets des différents facteurs sur le stock de carbone organique du sol ont été testés statistiquement avec un modèle linéaire généralisé. Les résultats révèlent qu'aucun facteur n'influence de façon significative les variations de stocks de carbone observées. Cependant, des gradients paysagers en fonction des villages apparaissent, liés vraisemblablement à l'altitude et la température (figure 8).

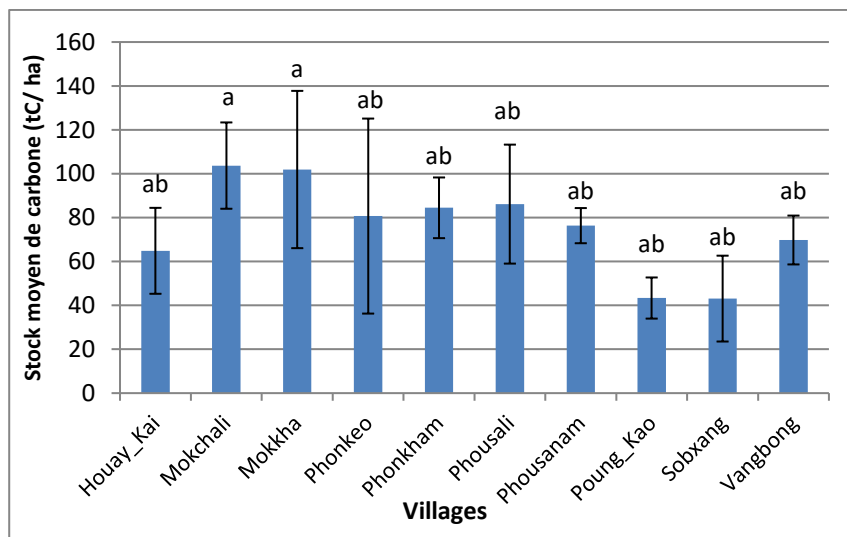


Figure 8 : Stock de carbone par village

Stocks de carbone en fonction des différentes variables :

Pour chaque facteur une ANOVA a été réalisée. Cette analyse permet de comparer les moyennes des stocks de carbone en fonction des différentes modalités de chaque facteur et d'en observer les différences significatives. Les résultats sont présentés dans les figures 8 à 13 (les moyennes qui ne présentent pas le même indice ^a, ^b sont différentes). Pour l'ensemble des facteurs, les résultats montrent qu'il n'existe aucune différence significative entre les différentes modalités, ce qui est cohérent avec l'analyse de l'effet des facteurs précédemment réalisée.

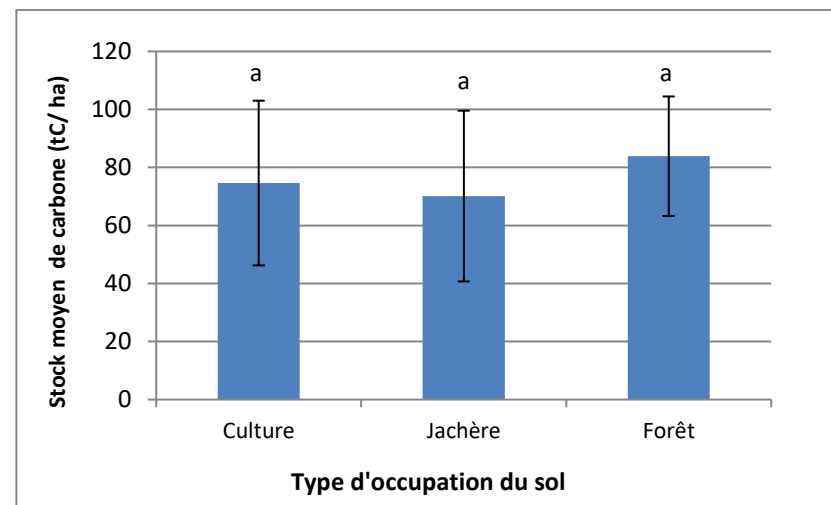


Figure 9 : Stock de carbone en fonction du l'occupation du sol

4.1. Conclusion de l'étude :

Il existe une grande variabilité des stocks de carbone dans les échantillons collectés dans les villages du district de Viengkham. Cette variabilité, qui n'a pas pu être expliquée par les facteurs sélectionnés, peut être le résultat de la combinaison d'un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques, plus ou moins facilement mesurables, tel que les facteurs climatiques, le type de végétation, les perturbations naturelles ou non, etc. Aucune relation avec l'occupation du sol ou l'historique de mise en jachère n'a pu être établie. Cependant, ces résultats fournissent un état de référence qui pourra être utilisé par la suite pour comparer l'amélioration ou la dégradation future.

Référence : « Etat de référence des sols et du carbone organique des sols », Etc Terra – Rongead, en cours de rédaction

À retenir sur les résultats :

Les inventaires de sol effectués dans le cadre du projet permettent de caractériser un état environnemental de bonne santé des agrosystèmes à travers les valeurs de l'indicateur de stocks de carbone organique du sol. Les résultats obtenus ne permettent pas d'identifier d'effet des pratiques agricoles, ni de couverture des terres. Un effet d'altitude et de température semble être à l'origine des gradients observés.

La répétition de ce type d'inventaire dans quelques années, permettrait de connaître l'évolution de la ressource et de quantifier les effets des pratiques agricoles sur les stocks de carbone du sol.

5. Suivi de la ressource en eau

5.1. Objectifs :

L'objectif de cette étude était de collecter des données locales sur la pluviosité et les températures permettant de fournir une base de référence climatique locale. Les objectifs spécifiques étaient :

- Analyser les variations interannuelles des pluviométries sur plusieurs années. Cette variabilité, si elle suit une tendance - liée aux changements climatiques par exemple - est intéressante à prendre en compte pour la définition des itinéraires techniques agricoles.
- Comparer les données pluviométriques avec les données collectées dans d'autres stations météorologiques pour étudier la variabilité spatiale.
- Utiliser ces données pour l'analyse de la ressource en eau telles que le débit des sources ou le ruissellement par exemple. En effet, ces analyses ne peuvent être pertinentes qu'au regard des variabilités pluviométriques.

5.2. Mode opératoire :

5.2.1. Suivi de la pluviosité

- Installation d'un pluviomètre automatique à auget basculant en 2015 au centre technique agricole de Muang Mouay
- Vérification périodique de l'horizontalité du pluviomètre et qu'il n'y ait pas d'obstruction du pluviomètre par des feuilles ou autres, ceci pour éviter les erreurs de mesures

- Saisie des données à intervalles réguliers avec le logiciel HOBOWare par l'équipe du projet
- Traitement des données : vérification et mise en forme des données, calcul du cumul mensuel des pluies (chaque basculement enregistré correspond à une lame d'eau de 0,254 mm) et calcul de la température moyenne mensuelle.



Figure 10 : Pluviomètre automatique

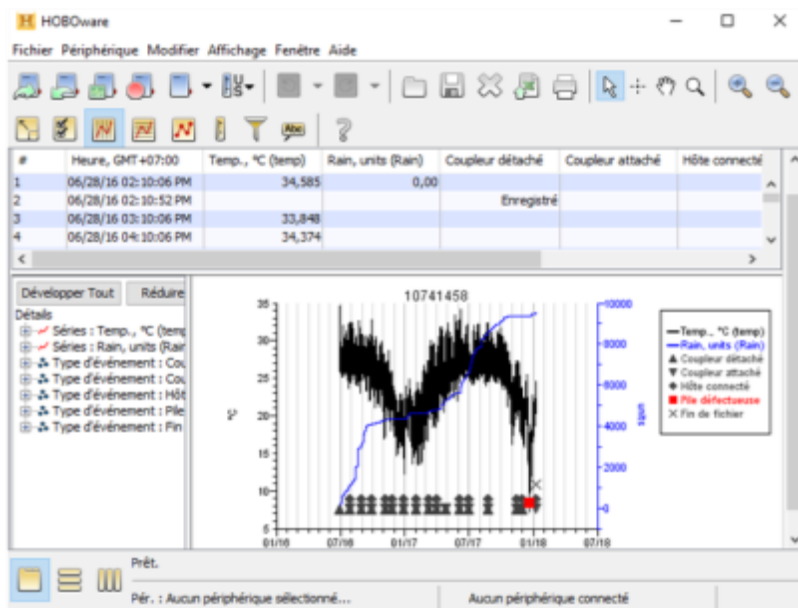


Figure 11 : Logiciel de traitement des données pluviométriques (HOBOWare)

5.2.2. Suivi du débit de certaines sources

Les débits des sources au sein de forêts enrichies sont collectés de manière annuelle (faute de ressources humaines disponibles, la fréquence ne peut pas être plus élevée). Les résultats de ce suivi permettront d'évaluer l'évolution du débit sur le long terme en comparaison avec le cumul de pluie annuel. Le résultat attendu est un maintien ou une augmentation du débit à pluie constante grâce au reboisement.

5.3. Résultats principaux :

Une forte variabilité des précipitations peut être observée entre 2016 et 2017 (Figure 12). Il serait intéressant de continuer à étudier ces variabilités sur les prochaines années. Les données obtenues sont comprises dans les mêmes gammes de valeurs que les données historiques enregistrées entre 1950 et 2007 par la station météorologique de Luang Prabang.

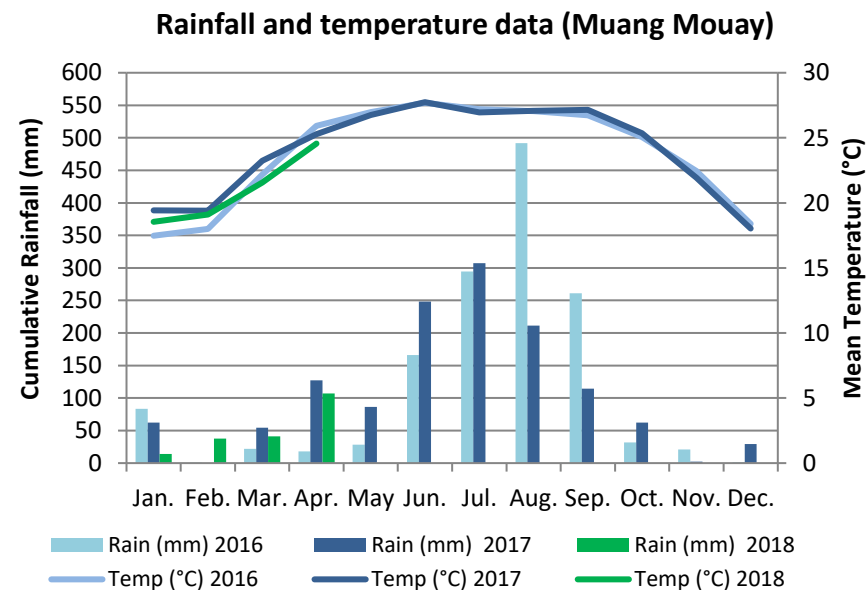


Figure 12 : Précipitations et températures relevées en 2016, 2017 et 2018 par le pluviomètre installé au centre technique agricole de Muang Mouay

5.4. Conclusion :

Il est important de continuer à exploiter les données du pluviomètre pour continuer à étudier les variabilités temporelles. Les données issues du pluviomètre installé au centre technique agricole de Muang Mouay pourront fournir des données de référence pour le district de Viengkham.

Référence : Rapport de mission C. Grinand - Octobre 2015, Rapport de mission C. Grinand - Décembre 2016, Rapport de mission F. Montfort - Novembre 2017.

L'analyse de la pluviosité sur le long terme peut permettre de mettre en évidence des tendances à l'augmentation ou la diminution liées aux changements climatiques, importantes à prendre en compte pour l'adaptation des pratiques agricoles.

6. Suivi de l'érosion

6.1. Objectifs

L'objectif de cette étude était de tester une méthodologie simple et économique de suivi de l'érosion à l'échelle d'une placette. Les objectifs spécifiques étaient les suivants :

- Mesurer la quantité annuelle de sédiments déplacés par l'érosion en une année
- Evaluer l'efficacité d'un tel dispositif.

6.2. Protocole

- Installation d'un dispositif de suivi de l'érosion (tranchée de collecte associée à une barrière à sédiments constituée de pieux de soutènement et d'un textile perméable, une barrière de

délimitation de la surface contributrice est installée en amont du dispositif - Robichaud et Brown, 2002) au centre technique agricole de Muang Mouay en juillet 2016, sur une culture en cours (manioc et haricot, plantée en mai 2016) sur forte pente (25°) et sans mulch (voir figures suivantes),

- Vérification périodique de l'état du dispositif,
- Suivi de la pluviosité (voir section précédente),
- Collecte manuelle et estimation par pesée de la quantité de sédiments capturés dans le dispositif à la fin de la période d'analyse,
- Calcul d'un taux de perte en sol ou d'érosion correspondant à une quantité de sédiments érodés par unité de surface et de temps (tonnes de sédiments par hectare et par an).



Figure 13 : Dispositif de suivi de l'érosion installé au centre technique de Muang Mouay en juillet 2016 (Gauche : barrière à sédiment et tranchée de collecte, Droite : barrière)



Figure 14 : Dispositif de suivi de l'érosion un an après sa mise en place et collecte des sédiments

6.3. Résultats principaux

Le dispositif de suivi du projet était dans un état dégradé (disparition de la barrière en amont permettant de délimiter la surface contributrice) donc les résultats doivent être considérés avec précaution. Une seule mesure a été effectuée (manque de suivi et d'entretien du dispositif) qui représente donc l'érosion de l'ensemble de la période de Juillet 2016 à Novembre 2017. Un total de 33,6 kg de terre (masse sèche) a été collecté dans le dispositif (42,9 kg masse humide), ce qui ramené à la surface contributrice (54m²) représenterait 6,2 tonnes/ha soit 620 g/m².

⇒ C'est une valeur élevée d'après Labrière et al. (2015). Cette valeur est comprise entre les valeurs de référence de pertes de sols mesurés sur sol nu et dans les champs de culture, signe de l'érosion hydrique subie par la parcelle et de la dégradation du dispositif ce qui ne permet pas de connaître la surface contributrice à cette érosion (barrière supérieur détruite).

L'évolution de l'érosion dans le temps, selon la couverture du sol et la pluviosité aurait dû être analysée mais cela ne peut pas être fait à cause du manque de données.

6.4. Conclusion

Le dispositif de suivi de l'érosion utilisée dans cette étude est un moyen simple de suivre l'érosion à l'échelle d'une parcelle. Dans une perspective d'analyse de l'effet de certaines pratiques, il pourrait être déployé sur d'autres parcelles ayant des itinéraires techniques et des conditions biophysiques différentes. Ceci, permettrait de faire des recommandations pour orienter les pratiques et la gestion des terres future pour limiter l'érosion.

Référence : Rapport de mission C. Grinand Octobre 2015, Rapport de mission C. Grinand, Décembre 2016 - Rapport de mission F. Montfort, Novembre 2017.

À retenir sur l'étude :

Le suivi de l'érosion est intéressant s'il est maintenu dans le temps pour évaluer les effets à moyen termes des aménagements sur la perte en sol. La mesure (récolte et pesage de la terre) doit être réalisée après chaque pluie. Il peut également être fait sur diverses occupations du sol pour quantifier leurs différents effets sur la perte en sol. D'autres protocoles permettent de mesurer le ruissellement également (Fournier, 1954) mais ils demandent un suivi très fréquent et donc des ressources humaines importantes (raison pour laquelle ils n'ont pas pu être mis en place dans le cadre de ce projet).

7. Bilan GES du projet

7.1. Objectifs

L'objectif de cette étude était de calculer l'empreinte carbone du projet, et de réaliser une première estimation *ex-ante* de l'impact du projet sur les émissions de GES et la séquestration de carbone.

7.2. Protocole

Plusieurs outils ont été développés depuis quelques années pour estimer les émissions de gaz à effet de serre et/ou la séquestration de carbone liées aux activités agricoles et forestières (Bernoux et al. 2010, Colomb et al. 2013). S'ils sont tous basés sur les méthodes proposées par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat (GIEC) pour les inventaires nationaux (IPCC, 2006), ils diffèrent suivant l'échelle d'étude, les sources d'émissions qui sont prises en compte et les pratiques/activités qu'ils incluent.

Pour cette étude, le choix s'est porté sur l'outil EX-ACT (*Ex Ante Carbon-balance Tool*) développé par la FAO. EX-ACT est un outil qui peut être appliqué partout dans le monde à différents niveaux d'analyse (projet, programme, secteur, filière...), basé sur le changement d'utilisation des terres, les pratiques agricoles, et les autres secteurs liés à l'agriculture émetteurs de GES (énergie, construction d'infrastructures, utilisation d'intrants, ...). Il peut être mis à jour facilement en fonction des nouvelles données. C'est un outil d'aide à la décision qui donne une estimation basée sur des valeurs par défaut (fournit par le GIEC) et non une mesure du bilan carbone. Il couvre les différentes utilisations des terres possibles en agriculture et en foresterie, prend aussi en compte le changement

d'utilisation des terres et les autres activités agricoles impactant les émissions de GES.

Les activités de projet et les surfaces suivantes ont été prises en compte :

- Mise en place de jachères améliorées et d'association avec des légumineuse – 99 ha
- Développement de pâtures à fourrage – 117.8 ha
- Maraichage – 5.3 ha
- Agroforesterie et plantations de fruitiers – 3.6 ha
- Extension des rizières sur les bas-fonds (sans drainage ni irrigation) – 16.5 ha

Ex-Act ne prenant pas en compte l'enrichissement de forêts dégradées, cela a été calculé à part grâce aux valeurs par défaut du GIEC (IPCC, 2006) :

- La croissance annuelle en forêt naturelle sous climat tropical humide d'Asie continentale (plantations <20 ans) est de 7 tdm/ha/an (soit 12 tCO₂eq/ha/an).
 - o Dans le cadre du projet, des arbres ont été plantés (595 arbres/ha en moyenne) sur 44.7 ha.
- Le rapport entre biomasse aérienne et souterraine de la forêt naturelle est considéré être 0.37.

D'après le GIEC (IPCC, 2006), le stock de carbone par défaut de la forêt naturelle (tropicale humide) non dégradée en Asie continentale est de 280 tdm/ha (soit 483 tCO₂eq/ha).

7.3. Résultats principaux

7.3.1. Émissions et séquestration avec projet – activités agricoles

D'après Ex-Act, grâce aux activités agricoles développées par le projet, 1 818 tCO₂eq seront séquestrées dans la biomasse ou dans le sol en 4 ans¹ et 5 463 tCO₂eq avec une projection à 20 ans.

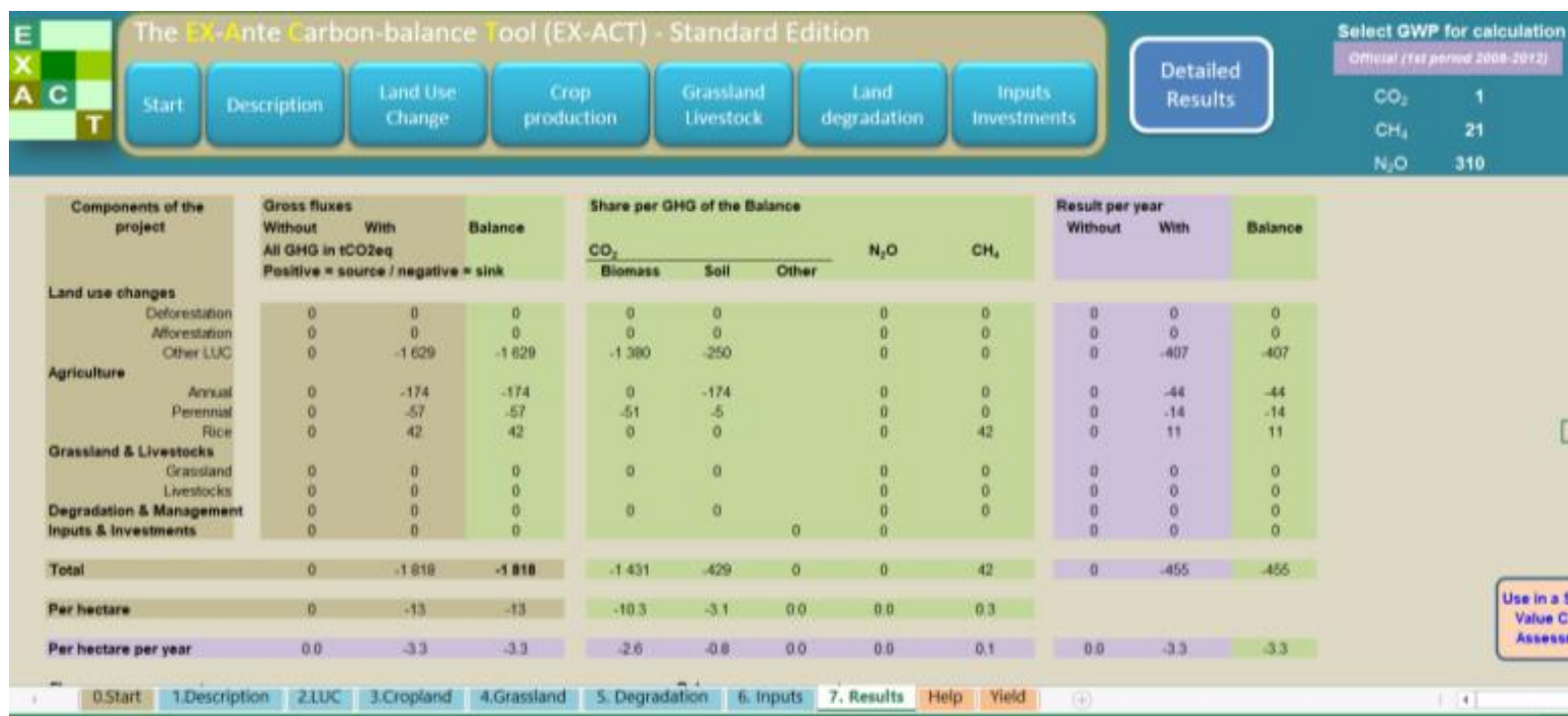


Figure 15 : Copie d'écran du résultat d'Ex-Act avec les activités du projet FORAE

¹ ce qui est équivalent en ordre de grandeur à 1.4 aller/retour en avion entre Paris et Luang Prabang.

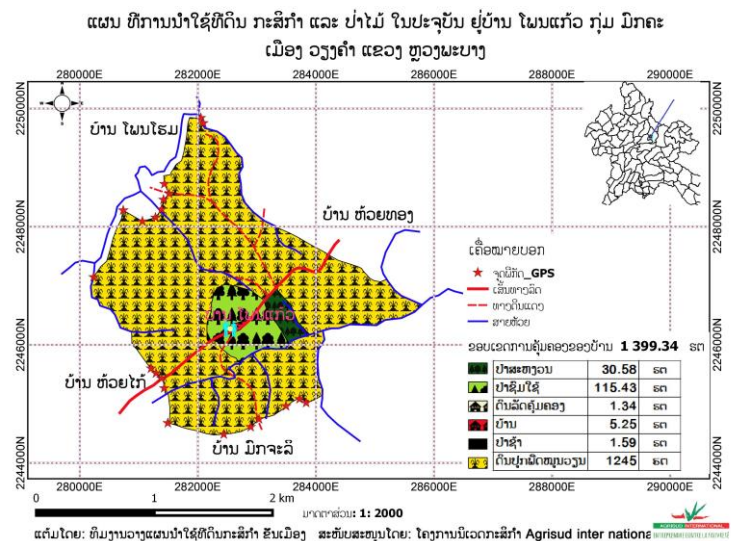
La séquestration est principalement due à la biomasse des arbres plantés dans les systèmes agroforestiers. Comme attendu, les émissions du projet sont quant à elles dues à la riziculture. N'ayant pas d'informations précises sur les dynamiques de changement d'usage des sols et de pratiques agricoles en l'absence du projet, ces résultats ne peuvent pas être comparés à un scénario de référence. Seuls les effets du projet peuvent être analysés.

7.3.2. Projection des impacts de l'aménagement du territoire

Sur la base des plans d'aménagement, il est possible d'estimer avec Ex-Act quelles peuvent être les émissions ou la séquestration à moyen terme (20 ans) si le plan d'aménagement (PLUP) est bien mis en œuvre comme prévu. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir une situation de référence de l'usage du sol afin de la comparer à celle avec plan d'aménagement. Dans le cadre du projet, des cartographies participatives de la situation initiale de l'utilisation des terres et plans d'aménagement ont été produits. Les changements prévus entre ces 2 cartes ont été pris en compte dans ExAct (Tableau 6) pour illustrer les résultats pouvant être obtenus avec ce type d'analyse sur l'exemple du PLUP d'un village (Phonkeo - Figure 16).

Tableau 6 : hypothèses formulées sur les changements d'usages du sol et d'état dans l'outil Ex-Act pour le village de Phonkeo

Land use	Area in ha without PLUP	Area in ha in PLUP	Land use changes in Ex-Act
Protection Forest		124	annual crop -> forest (moderate degradation)
School		1	-
Buildings village		6	-
Conservation Forest	31	157	forest (moderate degradation) -> forest (low degradation)
Production Forest	115	83	forest (large degradation) -> forest (moderate degradation)
Pasture animal area		336	annual crop -> grassland
Rotation crop	1245	674	annual crop -> annual crop
Fruit Tree		16	annual crop -> perennial/tree crop
Cemetery		2	forest -> forest
Forests			



Les résultats d’Ex-Act, avec les hypothèses formulées sur les changements d’usages, l’utilisation de techniques agronomiques améliorées permettant le maintien de la fertilité et si les plans sont bien respectés, montrent qu’en 20 ans le territoire pourrait avoir un bilan de séquestration de l’ordre de 180 053 tCO₂eq, principalement grâce à la séquestration dans la régénération forestière ou la limitation de la déforestation ou de la dégradation des forêts existantes (Figure 17).

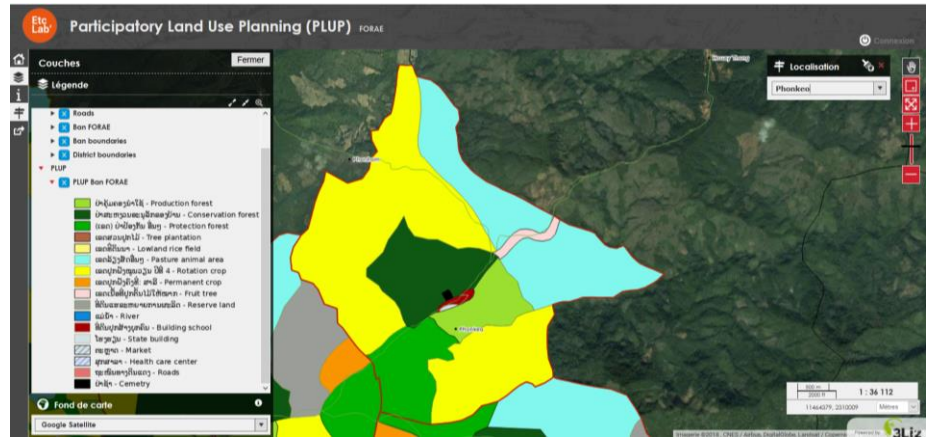


Figure 16 : Exemple de cartographie participative (en haut) et de PLUP (en bas - disponible sur le géoportail du projet) pour le village de Phonkeo

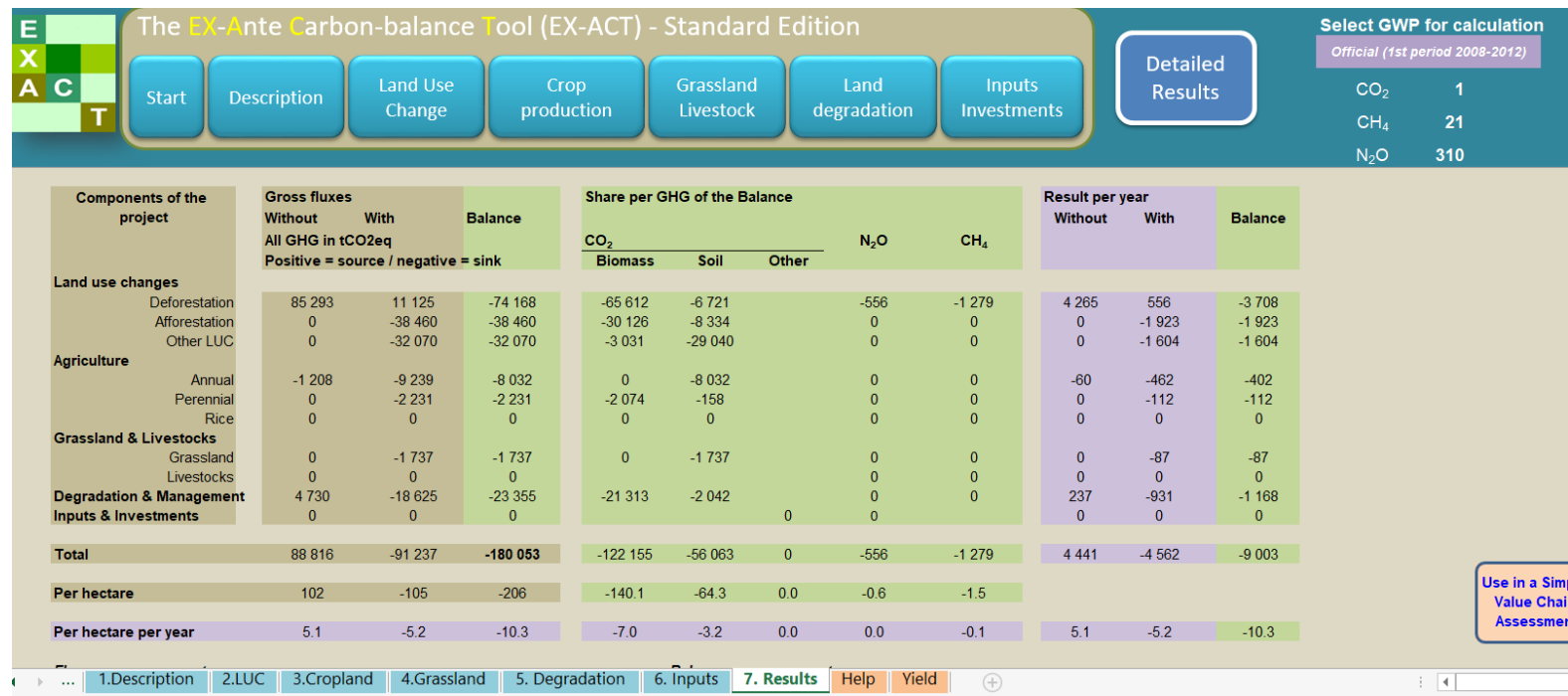


Figure 17 : Exemple de résultats d'Ex-Act pour la mise en œuvre du PLUP en 20 ans sur le village de Phonkeo

7.3.3. Séquestration liée aux activités de reforestation

Afin de réhabiliter certaines zones forestières dégradées, des activités de reboisement ont été initiées au cours du projet avec les villageois. Les plantations ont été réalisées en 2016 et 2017 dans 19 villages du district de Viengkham. Au total, 20 933 plants appartenant à 26 espèces différentes

ont été plantées, représentant environ 45 ha. D'après les données par défaut du GIEC, cela correspondrait à un taux de séquestration pour les plantations en forêt naturelle du projet 738 tCO₂eq/an soit 14 762 tCO₂eq à prévoir en 20 ans (sans prévoir de coupe).

La sélection d'espèces menacées, telles que *Afzelia xylocarpa*, pour les activités de reboisement permettrait d'accroître leur nombre et présenterait un impact significatif en termes de biodiversité et de conservation.

Espèces	Nombre d'individus plantés
<i>Afzelia Xylocarpa</i>	572
<i>Aleurites moluccana</i>	70
<i>Alstonia rostrata</i>	8
<i>Anthocephalus chinensis</i>	1 238
<i>Baccaurea cauliflora</i>	223
<i>Bauhinia variegata</i>	771
<i>Berrya cordifolia</i>	97
<i>Berrya Mollis</i>	27
<i>Bischofia javanica</i>	5 143
<i>Cassia fistula</i>	710
<i>Duabanga Moluccana</i>	134
<i>Erytrina stricta</i>	2 075
<i>Ficus carica</i>	2 152
<i>Ficus racemosa</i>	186
<i>Ficus semicordata</i>	1 038
<i>Ficus sp.</i>	1 438
<i>Gmelina arborea</i>	5
<i>Mangifera indica</i>	40
<i>Murraya koenigii</i>	138
<i>Pyrus Pashia</i>	68
<i>Salacia verrucosa</i>	382
<i>Salix tetrasperma</i>	105

<i>Samanea saman</i>	136
<i>Syzygium cumini</i>	4 111
<i>Tectona grandis</i>	34
<i>Vernicia montana</i>	32
Total	20 933

7.4. Conclusion de l'étude

Au total, en 4 ans, le projet aurait séquestré 4 770 tCO₂eq. La projection à 20 ans avec Ex-Act et l'estimation sur les reboisements donne un résultat de 200 986 tCO₂eq. Ce résultat pourrait être comparé aux émissions liées à la déforestation sur l'ensemble du district de Viengkham qui peuvent être estimées à 374 390 tCO₂eq/an (d'après les données de perte de couvert - forêts avec plus de 75% de couverture - de Global Forest Watch² pour l'ensemble du district de Viengkham – 37 493 ha entre 2001 et 2016 – et en considérant que seules les forêts de protection sont touchées – 150 tCO₂eq/ha d'après les inventaires du projet). Toutefois, ce résultat ne concerne qu'un Ban alors que la déforestation concerne le district entier et, bien que la réduction de la déforestation soit comptabilisée dans cet exercice sous Ex-Act, la séquestration ou réduction des émissions de carbone n'était pas un des objectifs principaux du projet et des mesures de terrain seraient nécessaires pour confirmer ou non ces estimations (inventaires terrain dans les plantations une fois plus mature et inventaire du carbone dans le sol). En intégrant la réduction de la déforestation dans les objectifs de projet et en travaillant à la restauration forestière comme

² www.globalforestwatch.org - Les résultats de GlobalForestWatch sont approximatifs car il s'agit d'un outil global non validé localement mais les ordres de grandeurs sont

généralement corrects et les hypothèses prises sur la couverture forestière (75%) sont conservatives.

le fait FORAE, ces émissions annuelles liées à la déforestation peuvent être réduites de manière significative.

À retenir sur les résultats :

L'outil Ex-Act développé par la FAO et les valeurs par défaut fournies par le GIEC permettent de donner rapidement des estimations des bénéfices du projet en termes d'émissions de Gaz à Effet de Serre. Même si imprécises, ces premières estimations permettent de confirmer que le projet mène à la séquestration de carbone et n'entraîne pas d'émissions supplémentaires par rapport à la situation initiale. Si les plans d'aménagement sont suffisamment détaillés, l'outil Ex-Act peut être utilisé pour évaluer *ex-ante* quelles peuvent être les améliorations attendues dans le futur en termes d'émissions de GES.

8. Système d'information Agro-Environnemental

8.1. Objectif

L'objectif était de créer une plateforme de consultation et diffusion de l'ensemble des données géographiques liées aux activités agricoles, d'aménagements du territoire et étude d'impacts environnementaux du projet FORAE. Il s'agit d'un Système d'Information Géographique (SIG) présentant les activités agricoles du projet FORAE ainsi que les résultats des mesures et études d'empreinte environnementale à l'échelle du district.

8.2. Méthode de mise en place

La mise en place d'un tel système se base sur un état des lieux des bases de données existantes et des ressources humaines et matérielles mobilisables pour entretenir le système d'information :

- Il existe une grande quantité d'information à l'échelle du district voire nationale, bien documentées, plus ou moins récentes. Dans un certain nombre de cas, plusieurs versions existent, ce qui demande un travail de sélection des données les plus correctes. Certaines de ces données de base, notamment les limites de communes et villages, ont été actualisées par les équipes du projet.
- Les données concernant particulièrement les activités du projet, et notamment l'élaboration des PLUP ont été organisées selon une structuration définie en cours de projet (voir tableau ci-après).
- La coordination du SIG sur place est réalisée par un agent du projet ayant au préalable des bonnes connaissances et compétences en SIG. Des appuis ciblés ont été effectués pendant certaines missions

afin de gagner en efficacité et en qualité des données, notamment sur l'intégration des différentes PLUP dans un seul et même projet QGIS.

- Le matériel disponible doit être composé à minima d'un ordinateur, d'un GPS et d'un appareil photo. La maîtrise du logiciel gratuit QGIS est intéressante pour une pérennisation de l'utilisation de l'outil et transfert auprès des autorités locales.

La structuration suivante a été proposée afin de rassembler les données directement liées au projet (activités 1 et 2), les données administratives ou d'infrastructures et les données environnementales (activité 3, format vectorielle ou image) :

Thèmes	Dossier	Contenu des dossiers / Données
Données activités du projet	01_PLUP	Base de données PLUP par Kumban et villages (pts GPS, Photos, Plans d'aménagement, relevés environnementaux, rivières, routes, etc.)
	01_AGRI	Base de données producteurs, BDD Appui, etc.
Données administratives et infrastructures	02_BOUNDARIES	Délimitation des contours des communes et villages actualisées
	02_ROADS	Routes principales et secondaires
	02_VILLAGES	Localités principales et secondaires
Données écosystèmes (vecteur)	03_FOREST	Cartes des types forestiers
	03_INVENTORY	Placettes d'inventaires sol et forestiers
	03_LANDCOVER	Cartes d'occupation du sol à différentes échelles

	03_PROTECTED_AREAS	Aires protégées, zone de conservation
	03_RIVERS	Réseau hydrographique
	03_SOILS	Cartes des types de sols
Données écosystèmes (image)	04_CLIMAT	Données climatiques mensuelles et annuelles
	04_ELEVATION	Modèle Numérique de Terrain et dérivés (pente, relief, ombrage)
	04_HANSEN	Données Hansen de végétation et déforestation
	04_OCCSOL	Carte raster d'occupation du sol
	04_SATELLITES	Images satellites Sentinel 2

En parallèle des activités projet et constitution des bases de données, plusieurs actions ont été entreprises au cours de l'avancement :

- Appui technique et formation complémentaire auprès des responsables SIG pour la gestion et la structuration des données SIG
- Appui technique auprès des responsables SIG sur les outils de partage des données (FTP, Lizmap)
- Validation de la structuration des données pour les données projet (01_PLUP et 01_AGRI)
- Actualisation des données administratives notamment des limites administratives d'après les relevés du PLUP
- Travail SIG sur la fusion des limites des PLUP du projet FORAE et autres PLUP issus d'autres projet (Agrisud, GiZ, CIFOR) dans une même couche de données (codage, vérification de la topologie, ajustement manuel des limites, fusion)

- Formations SIG générales de l'outil au technicien DAFO de l'équipe projet
- Intégration et production des données de rapportage (cartographie thématique)

8.3. Conclusion et perspectives

Au cours des traitements de données pour la réalisation des études, de nombreuses données ont été collectées, harmonisées et structurées dans un seul et même répertoire et projet QGIS. Ce projet a ensuite été connecté à une interface en ligne de manière à avoir dès le début du projet FORAE une plateforme Web-SIG (géoportail) permettant de présenter les activités et résultats en cours, de discuter entre partenaires du projet (CIRAD), bailleurs et autres acteurs présents dans le territoire.

Ce géoportail projet est disponible à l'adresse suivante : www.forae-viengkham.com

Les données peuvent maintenant être téléchargées directement depuis le géoportail (en cliquant sur le titre de la couche dans la légende) ce qui facilite le partage et augmente la transparence du projet.

Ce géoportail contient trois interfaces présentant 1) les plans d'aménagement (PLUP) produits et harmonisés sur le territoire (codage et fusion), 2) les résultats d'analyses par télédétection de l'occupation du sol (voir section 2.) et 3) la base de données de l'ensemble des activités agricoles effectuées par le projet. Grâce aux formations en SIG et appuis techniques, ces interfaces peuvent facilement être mises à jour à tout moment par l'équipe du projet. Toutes les données présentes sur le

géoportail peuvent être téléchargées en cliquant sur la couche à gauche en choisissant le format de téléchargement désiré (XLS, KML, Shapefile, TAB, etc.)



Figure 18 : page de garde du géoportail du projet FORAE

À retenir sur l'outil :

Le système d'information géographique agro-environnemental permet de diffuser et partager les informations spatiales liées aux activités et évaluation des impacts du projet. Le partage de ces informations peut servir d'aide à la décision ou à la coordination des actions pour l'administration local. C'est également un outil de suivi et de transparence pour le projet. La mise en place d'un tel système nécessite des compétences en SIG mais peut être facilement déployée grâce à des technologies simples et à faible coût grâce à des logiciels gratuits pour le traitement de l'information dans un SIG et la production de l'information sur internet.

Références

Chave J., Réjou-Méchain M., Búrquez A., Chidumayo E., Colgan M.S., Delitti W.B.C., Duque A., Eid T., Fearnside P.M., Goodman R.C., Henry M., Martínez-Yrizar A., Mugasha W.A., Muller-Landau H.C., Mencuccini M., Nelson B.W., Ngomanda A., Nogueira E.M., Ortiz-Malavassi E., Pélissier R., Ploton P., Ryan C.M., Saldarriaga J.G., Vieilledent G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20 (10), pp. 3177-3190.

Etc Terra - Rongead, 2015 a. Synthèse de la mission préparatoire. Rapport de mission, 30 p.

Etc Terra - Rongead, 2015 b. Mission d'appui aux mesures et suivi de l'empreinte environnementale, Projet FORAE (Nord Laos). Rapport de mission, 32 p.

Etc Terra - Rongead, 2016. Measuring and monitoring the environmental footprint of the FORAE Project (Nord Laos). Rapport de mission, 33 p.

Etc Terra - Rongead, 2017 a. État de référence de la biodiversité et de la biomasse des forêts du district de Viengkham, Nord Laos, 31 p.

Etc Terra - Rongead, 2017 b. Appui technique SIG et suivi des études agro-environnementales, projet FORAE. Rapport de mission, 16 p.

Etc Terra - Rongead, 2017 c. GIS training - Tutorial. Rapport technique, 14 p.

Etc Terra - Rongead, 2018 a. Cartographie de l'utilisation des terres et des changements d'utilisation des terres du district de Viengkham, province de Luang Prabang, Laos. Rapport technique, 23 p.

Etc Terra - Rongead, 2018 b. État de référence sol et carbone. Rapport technique.

Fournier, F. 1954. "La Parcelle Expérimentale. Méthode D'étude Expérimentale de La Conservation Du Sol, de L'érosion, Du Ruissellement." OECE.

IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Eggleston, H., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. Editeurs). The National Greenhouse Gas Inventories Program, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Labrière N., Locatelli B., Laumonier Y., Freycon V., Bernoux M., 2015. Soil erosion in the humid tropics: a systematic quantitative review. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 203, 127–139.

Robichaud, Peter R. and Brown, Robert E., 2002. Silt fences: an economical technique for measuring hillslope soil erosion. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-94. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 24 p.