



ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES SOLS EN VUE DE LEUR CHANGEMENT D'USAGE

*ÉTUDE CARTOGRAPHIQUE SUR UN PÉRIMÈTRE DE 300 HA SUR LA
ZONE DE CACAO (GUYANE FRANÇAISE)*

Travail réalisé par SOLICAZ

William Montaigne, Docteur écologue
Géraldine Paul, Ingénieure agronome
Ian Henry, assistant Technicien
Françoise Etienne, Technicienne de
laboratoire

Sous la supervision de :

Elodie Brunstein (Directrice) et **Anne-
Marie Domenach** (Responsable
scientifique)

SOLICAZ - c/o Guyane Technopole. 16 bis rue du 14 Juillet. 97300
Cayenne

SARL à capital variable • SIRET : 517957130 00019 •

APE : 72.19Z • Téléphone : 06.94.42.21.13

Courriel : elodie.brunstein@solicaz.f

Juin 2014

Table des matières

RESUME.....	3
CONTEXTE DE L'ETUDE.....	4
I. EVALUATION DE LA QUALITE DES SOLS EN VUE DE LEUR CHANGEMENT D'USAGE	4
II. COMPETENCES ET SAVOIR-FAIRE.....	5
METHODOLOGIE.....	6
I. PREPARATION DE LA ZONE D'ETUDE	7
I.1 QU'EST-CE QUE LA TYPOLOGIE DES SOLS.....	7
I.2 COMMENT REALISER LA TYPOLOGIE DES SOLS	7
I.3 CRITERES POUR LA TYPOLOGIE DES SOLS	8
I.3.1 Facteurs entrainant un rejet pour les trois grands types de culture.....	8
I.3.2 Facteurs d'évaluation des zones acceptées.....	9
II. ECHANTILLONNAGE.....	14
II.1 ZONE D'ETUDE	14
II.2 EXCLUSION DES FORTES PENTES.....	15
II.3 SOLS ANALYSES EN LABORATOIRE	16
III. TYPOLOGIE	17
III.1 ANALYSES DES CRITERES	17
III.1.1 Analyse physico-chimiques.....	17
III.1.2 Analyses biologiques.....	18
III.2 CREATION D'UN INDICE DE QUALITE DES SOLS A PARTIR D'UNE HIERARCHISATION DES CRITERES TYPOLOGIQUES MESURES	18
III.3 CREATION DE SHAPE POUR LES TYPES CULTURES.....	19
III.4 AIDE A L'OUTIL SIG.....	19
RESULTATS.....	21
I. FACTEURS ENTRAINANT UN REJET POUR L'INSTALLATION DES TROIS TYPES DE PRODUCTION	21
I.1 PRESENTATION DES SURFACES NON RECOMMANDABLES POUR L'AGRICULTURE	21
I.2 EXPLICATION DES FACTEURS D'EXCLUSION DANS LE CAS DES 305 HA DE CACAO	21
II. FACTEURS D'EVALUATION DES ZONES ACCEPTEES	24

Résumé

La forte croissance démographique en Guyane française entraîne une pression foncière et un accroissement des besoins en terres agricoles. En conséquence, dans ce département français recouvert à plus de 90% de forêt, les terres agricoles sont directement issues de la déforestation. Plusieurs études montrent que cette forêt tropicale humide présente de fortes hétérogénéités spatiales notamment concernant les sols à l'échelle locale. Il paraît plus que nécessaire d'analyser la répartition spatiale des différents types de sols avant de les attribuer dans un cadre de changement d'usage des terres. Ces études permettent de déterminer l'intérêt agronomique des parcelles forestières étudiées en vue de leur attribuer un gradient de qualité du sol puis un type de cultural (pâturage, maraîchage, arboriculture fruitière). C'est dans ce contexte que SOLICAZ réalise une typologie des sols regroupant diverses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Par rapport aux surfaces les plus souvent concédées (de 5 à 10 hectares), il a été choisi de créer une cartographie à l'échelle 1/10 000^{ème} soit un point d'échantillonnage par hectare. Différents critères sont pris en compte et sont hiérarchisés pour ce type d'étude. La première étape est d'exclure, grâce aux cartes topographiques réalisées par la méthode au laser (LIDAR) tous les secteurs contenant de trop fortes pentes ainsi que les zones hydromorphes très prononcées car peu propices pour une activité de production agricole. Ces zones incultivables pourraient servir de réserve de biodiversité tout en limitant le coût de la défriche. Pour les zones restantes, la seconde étape est d'effectuer sur le terrain une analyse des conditions physiques du milieu (hydromorphie, profondeur utile des sols, drainage). Enfin, des échantillons de sol sont prélevés (représentatifs de l'hectare correspondant) pour être analysés en laboratoire afin de mesurer leurs caractéristiques chimiques, physiques et biologiques (pH, texture, teneur en matière organique, respiration et dénitrification). L'ensemble de ces facteurs permettent, pour chaque zone d'étude, d'aider dans le choix du type de culture (pâturage, maraîchage, verger) et d'informer sur le niveau de qualité du sol dans l'objectif de minimiser le risque d'échec.

Mots clés : aménagement du territoire, changement d'usage des terres, agriculture, qualité des sols, minimisation des impacts sur l'environnement.

Contexte de l'étude

I. Evaluation de la qualité des sols en vue de leur changement d'usage

En raison de son développement démographique et de la surface de son domaine forestier (90% du territoire), la Guyane française est une des seules régions de France où des terres nouvelles destinées à l'agriculture doivent être prises sur la forêt. Les moyens de production actuels ne permettent pas aux agriculteurs d'intensifier leurs itinéraires techniques. Pour la plupart des cas, ils ont recours à l'agriculture itinérante sur brulis reproduisant des systèmes agraires extensifs, fortement consommateurs de terres, directement issue des forêts (Buttoud, 2001). Les changements d'usage des terres notamment le passage de terres forestières aux terres agricole nuisent aux écosystèmes forestiers d'autant plus que "l'agriculture est identifiée comme étant de loin la principale cause de déforestation tropicale" (Leroy et al., 2013).

La préoccupation des décideurs politique est de choisir sur ce domaine forestier, des terres présentant les **qualités agronomiques requises aux différents types d'agricultures** que les nouveaux exploitants désirent développer tout en **préservant les zones fragiles d'intérêt écologique (préservation de la biodiversité)**, limitant l'impact environnemental de ce changement d'usage et le prix de la défriche et des infrastructures de zones peu exploitables. Il est donc nécessaire de réaliser un inventaire de la qualité de ces sols avant de pouvoir attribuer de nouvelles terres au secteur agricole.

L'objectif est donc de créer un outil d'aide à la décision basé sur des carte SIG à partir d'une grille de mesures de critères pertinents évaluant au mieux la qualité des sols (physique, chimique et biologique) tout en prenant en compte, au moindre coût, l'ensemble des caractéristiques du sol guyanais (Boulet et al., 1979, 1980, 1982 ; Boyer, 1982 ; Leprun et al., 2001).

II. Compétences et savoir-faire

Les méthodes utilisées par SOLICAZ ont été validées par les organismes de recherche (AgroParis Tech, INRA) et déjà utilisées en 2013 par l'ASP pour l'attribution de parcelles agricoles en Guyane. Elles représentent un véritable outil d'aide à la décision dynamique et adaptable aux différentes conditions rencontrées. L'entreprise jouit de la caution des organismes de recherche avec qui elle signe des conventions de collaborations. L'expérience de recherche sur l'étude des sols dans de nombreux pays tropicaux (Afrique, Asie, Amérique du Sud) de la directrice scientifique de SOLICAZ durant toute sa carrière au CNRS est une garantie supplémentaire de la qualité de notre travail. Elle est membre de l'AFES (Association Française de l'Etude des Sols).

Méthodologie

La méthodologie employée dans ce travail repose sur l'utilisation d'une typologie des sols intégrant à la fois des caractères classiques physiques et chimiques mais aussi des caractères biologiques des sols grâce à l'utilisation d'indicateurs basés sur les fonctions liées aux cycles des éléments (carbone et azote) les plus importants.

Elle consiste tout d'abord en une préparation de la zone d'étude par l'utilisation de cartes topographiques réalisées à partir d'une méthodologie laser (LIDAR) qui permettent l'analyse des pentes. A partir de ces données, les zones de prospection sont clairement délimitées après exclusion des zones à trop fortes pentes et à très forte hydromorphie.

Enfin, les critères de typologie sont définis et hiérarchisés pour chaque échantillon de sol afin de créer une cartographie générale de la zone illustrant les différentes possibilités d'utilisation des parcelles forestières, à savoir :

- les zones cultivables (verger, maraichage, pâturage),
- les zones mécanisables ou non,
- les zones non-cultivables mais potentiellement utilisables (hors-sol ou production particulières en zone hydromorphes)
- les zones à préserver
- le gradient de qualité des sols permettant d'orienter le choix des cultures en fonction de leurs exigences agronomique

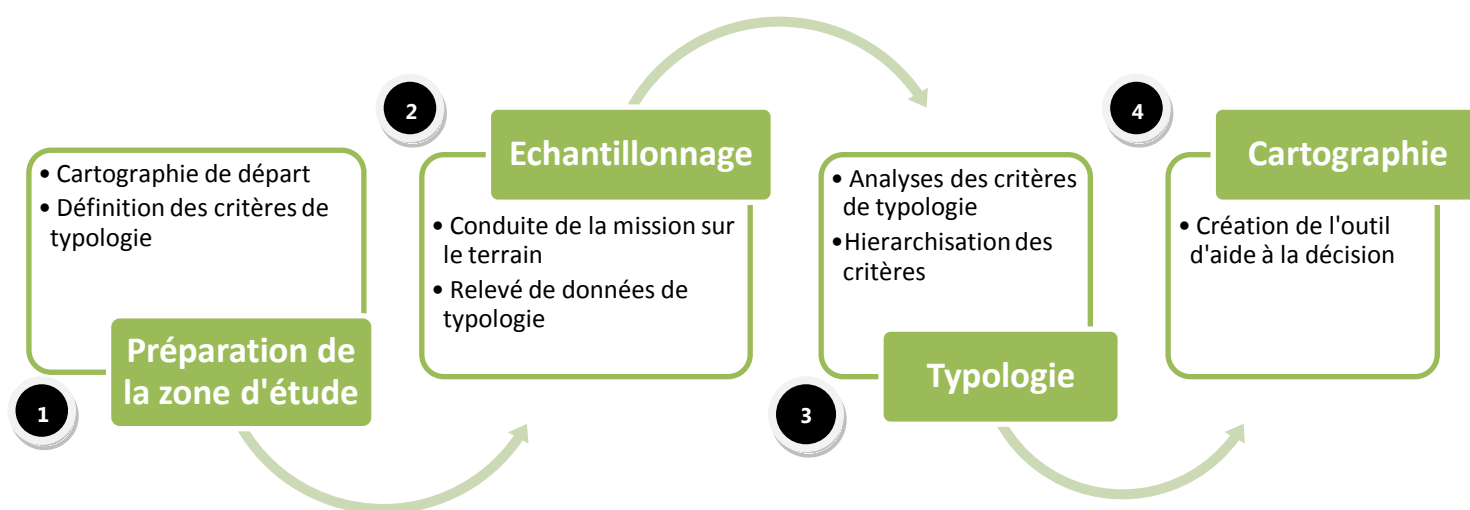


Figure 1 : Méthodologie employée dans ce travail

I. Préparation de la zone d'étude

Les sources de données pédologiques sur un territoire donné peuvent être très hétérogènes, de par leur diversité d'analyses et leur échelle. Les informations pédologiques peuvent être très variables sur un territoire, avec une gamme d'échelles allant de 1/5 000^{ème} à 1/1000 000^{ème}. Aussi, la première étape est de récupérer tous les documents disponibles permettant de caractériser le territoire d'étude et de les analyser : cartes pédologiques, MNT (Modèle Numérique de Terrain), cartes topographiques (IGN), cartes géologiques (BRGM), images satellites, etc.

I.1 Qu'est-ce que la typologie des sols

La typologie est le **regroupement de caractéristiques communes** permettant d'établir une grille de critères. C'est la description d'un minimum de caractéristiques morphologiques et analytiques (propriétés physiques, chimiques, biologiques) d'un sol sans référence à sa position dans l'espace.

I.2 Comment réaliser la typologie des sols

Deux catégories de typologies sont couramment distinguées et leur pertinence dépend de la superficie du territoire d'étude :

- des typologies régionales, en général issues d'inventaires cartographiques à moyenne ou petite échelle (1/25 000^{ème} à 1/250 000^{ème}).
- des typologies locales s'appuyant sur des études à grande et moyenne échelle (1/10 000^{ème} à 1/25 000^{ème}).

Entre 1972 et 2005, l'IRD a réalisé une première typologie sur la valeur agronomique des sols établissant 5 types basés sur des mesures chimiques et pédologiques (Leprun et al. 2001). Cette typologie a été mise au point pour réaliser une carte à l'échelle 1/100 000^{ème}. Cependant, ce zonage présente des insuffisances pour être utilisées telles quelles dans la détermination des parcelles d'exploitation :

- Il a été noté que ces cartes, parfois anciennes (absence de GPS), peuvent présenter un certain décalage dans l'espace. Aussi serait-il nécessaire de faire un réajustement à l'aide d'images satellites des zones étudiées.

- Les cartes sont souvent à l'échelle de 1/100 000^{ème} et manquent fortement de précision quand on veut travailler à l'échelle de la parcelle.

Dans le cas du changement d'usage des terres (forêt/ zones agricoles) sur un périmètre de quelques centaines d'hectares et de leur affectation à différents types de cultures (maraîchage, verger, pâturage) en fonction des caractéristiques des sols, il est indispensable de connaître la répartition et l'extension dans l'espace des différents types de sols. **L'échelle de 1/10 000^{ème}, soit un point par hectare** est la plus pertinente par rapport aux surfaces distribuées qui peuvent être de l'ordre de quelques dizaines d'hectares. L'objectif est donc de **créer une nouvelle grille de critères avec des mesures simplifiées mais caractéristiques du sol guyanais à l'échelle locale**. On passe donc d'une typologie régionale à une typologie locale plus pertinente pour ce genre d'étude.

I.3 Critères pour la typologie des sols

Cette typologie locale permettra d'évaluer la possibilité de mise en culture de ces terres et de préconiser le type de cultures adaptées. Il faut savoir que **toutes les terres de la surface étudiée ne pourront être valorisées dans l'aménagement de zones agricoles de types verger, maraîchage, pâturage**. En effet certains facteurs (critères de la typologie des sols) ne sont pas compatibles avec la pratique de ces trois systèmes de cultures.

I.3.1 Facteurs entraînant un rejet pour les trois grands types de culture

Les contraintes d'importance majeure sont essentiellement physiques.

A. Forte pente

Les travaux agricoles sont fortement contraints par le relief environnemental. Plus particulièrement, des pentes supérieures à 30% entraînent de fortes limitations agricoles (grande sensibilité à l'érosion et mécanisation des cultures difficiles, Boyer 1982). **Ces zones de fortes pentes pourraient être préservées pour le maintien de la biodiversité.**

B. Profondeur de sol utile insuffisante

La profondeur du sol, exploitable par les racines, peut être limitée par un certain nombre de caractéristiques : nappe perchée, cuirasse ou système de drainage latéral (horizon imperméable à l'eau et aux racines). Les zones pour lesquels la profondeur de sol est inférieure à 20 cm seront exclues pour les types de cultures conventionnels (pâturage, maraîchage, verger). **Ces zones pourraient cependant être attribuées pour de la production hors-sol.**

C. Zones engorgées

Peu de plantes cultivées supportent une hydromorphie pratiquement permanente en dehors, par exemple, de la dachine et du wassaï. **Ces zones pourraient être destinées à des cultures tolérantes à l'hydromorphie.**

D. Sables blancs

Les sables blancs caractérisant un fort lessivage des sols (baisse des propriétés physico-chimiques, sols peu fertiles et sur une période très courte de 2-3 ans). La rareté de ces habitats pourrait servir de réserve de biodiversité.

E. Zones occupées non-renseignées

Il peut s'agir par exemple de parcelles agricoles déjà en place, de carrières ou autres.

En l'absence de ces critères d'exclusions, les sols sont échantillonnés pour diagnostiquer leur qualité.

I.3.2 Facteurs d'évaluation des zones acceptées

Nos connaissances des sols de la Guyane nous ont fait choisir les analyses suivantes pour établir la typologie: texture, teneur en matière organique, pH, profondeur utile et fonctionnement biologique du sol.

A. Faible pente

Pour éviter l'érosion des sols, seules les zones les moins pentues sont conservées pour la mise en place des grands types de cultures (pentes < 30%). Toutefois, **il n'est pas recommandable d'effectuer une agriculture mécanisée pour des pentes de plus de 20%** (Boyer 1982).

Tableau 1 : Limitation agricole en fonction de la pente (Boyer, 1982)

Degré des limitations agricoles	FAO Tropiques humides (SYS, 1978)		
	Cultures annuelles	Cultures pérennes et pâturage	Arbres
Limitation nulle	0-2 %	0-8 %	0-16 %
Limitation faible	2-8 %	8-16 %	16-30 %
Limitation moyenne	8-16 %	16-30 %	>30 %
Limitation forte	16-30 %	>30 %	
Limitation très forte	>30 %		

B. Profondeur du sol utile

La profondeur du sol facilement exploitable par les racines peut être limitée par un certain nombre de caractéristiques, comme vu précédemment (cuirasse rocheuse, nappe,...).

Tableau 2 : Limitations culturales en relation avec la profondeur du sol utile (Boyer, 1982)

Types de plantes cultivées	Minimum absolu	Minimum souhaitable
Plantes annuelles à racines fasciculées : Riz, maïs ; sorgho ; arachide ; haricots ; courges ; sésame	15 à 20cm	40 cm
Plantes annuelles à rhizome et tubercules : Manioc ; igname ; tarot ; pomme de terre	30cm	50cm
Bananier	30cm	50cm
Cotonnier et plantes annuelles à pivot	40cm	60cm
Canne à sucre	30cm	80cm
Caféier, palmier à huile, cocotier	60cm	100cm
Cacaoyer, théier	80cm	120cm
Hévéa	75cm	100cm

Selon la profondeur utile du sol il est possible d'installer du pâturage (à partir de 20 cm), du maraîchage (à partir de 40 cm) et des vergers (à partir de 60 cm). Ces données ne sont pas tranchées mais adaptables selon les besoins et la demande des agriculteurs : par exemple il est possible d'installer du maraîchage ou du pâturage sur sol de profondeur de 60 cm ou bien de mettre en place du pâturage sur un sol de plus de 40 cm (figure 2).

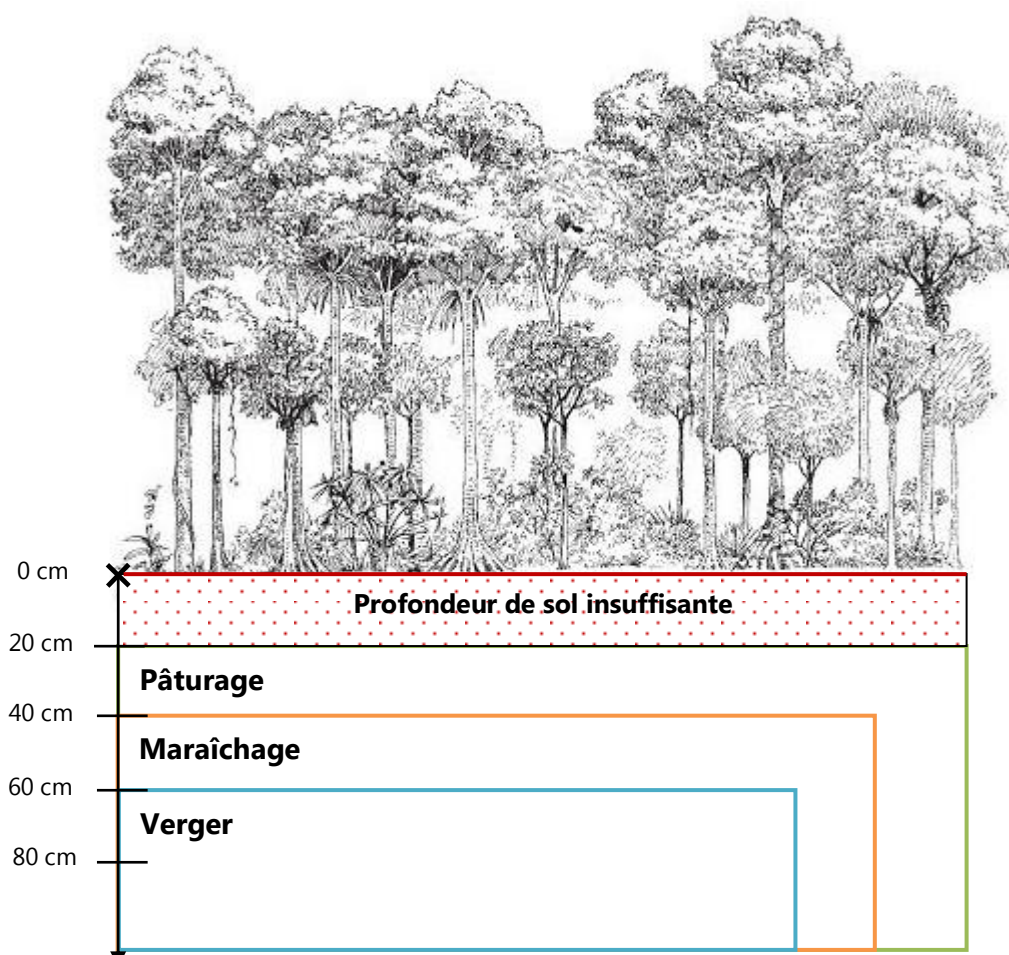


Figure 2 : Types de culture en fonction de la profondeur du sol

C. Texture

La stabilité structurale d'un sol est assurée par la texture, la teneur en matière organique et sa capacité à retenir l'eau. On étudie la texture par analyse granulométrique : analyse consistant à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction. On compte trois grandes classes de sol basées sur la grosseur des particules : les sols sableux, les sols limoneux et les sols argileux. A partir de ces grandes classes, plusieurs groupes sont définis (argilo-sableux, sablo-limoneux,...). Il existe des contraintes culturelles fortes pour les sols présentant moins de 10% d'argile (sols sableux, non-rétention de la matière organique) et plus de 40% d'argile (sol argileux, saturation en eau). Les sols de meilleure qualité sont les sols sablo-argileux (de 10 à 25% d'argile), argilo-sableux (de 25 à 40% d'argile) ainsi que ceux constitués en partie par du limon.

Tableau 3 : Limitations culturales en fonction de la texture (Boyer, 1982)

Horizon A	Horizon B	Limitations culturales
Sablo-argileux	Argilo-sableux	Nulle
Argilo-sableux	Argilo-sableux	Faible
Sableux	Sablo-argileux	Moyenne
Sableux	Argileux	Moyenne à forte
Argileux	Argileux	Forte

D. Teneur en matière organique

Élément essentiel de la fertilité, elle est l'unique fournisseur d'azote pour les plantes (en dehors des plantes fixatrices de l'azote atmosphérique) et contient une bonne part des cations échangeables et du phosphore en milieu tropical. Elle atténue également la compacité des sols ferrallitiques. La matière organique (MO) joue également un rôle fondamental pour le maintien de **sols vivants** à long terme. Un taux de matière organique élevé favorise le développement des micro-organismes et de la faune des sols. Ce sont ces mêmes micro-organismes qui mettent ensuite les éléments minéraux à disposition des plantes grâce à la minéralisation de cette matière organique. Cependant une forte teneur en matière organique n'est pas toujours synonyme de bonne qualité des sols (ex : tourbière) car elle peut être plus ou moins facilement dégradable suivant sa composition.

Tableau 4 : Limitations agricoles suivant la teneur en matière organique en % (Boyer, 1982)

	nulle	légère	modérée	forte
Cultures exigeantes	>2.4	1.5-2.4	0.8-1.5	<0.8
Cultures moyennement exigeantes	>2	1-2	<1	
Cultures peu exigeantes	>1.5	0.8-1.5	<0.8	

E. Le potentiel Hydrogène (pH)

Le pH du sol mesuré à l'eau distillée est une donnée très largement utilisée pour évaluer grossièrement les possibilités agricoles tout en sachant qu'il est possible de rectifier en partie un pH acide par du chaulage. Par ailleurs, les plantes présentent des tolérances au pH qui sont une caractéristique propre à l'espèce (plantes acidophiles ou basophiles) sur lequel il

est possible de jouer dans le choix des cultures suivant les conditions du sol. Il est intéressant de noter que les sols tropicaux, comme en Guyane, se caractérisent souvent par des pH acides (Dabin, 1984).

Tableau 5 : Conditions acceptables pour les plantes cultivées (Boyer, 1982)

plantes	Intervalle de tolérance de pH	pH optimum limitation nulle ou faible
Ananas	4,0-6,5	4,5-5,0
Arachide	4,2-7,5	6,0-7,0
Bananier	4,0-7,0	5,5-6,5
Cacaoyer	4,0-8,0	6,0-7,5
Caféier	4,5-7,0	5,5-6,5
Canne à sucre	4,0-8,9	6,0-8,0
Cocotier	5,0-8,0	5,8-7,0
cotonnier	5,2-8	6,6-7,5
Haricot	5,0-7,5	5,4-7,0
Hévéa	3,2-6,0	4,3-5,0
Maïs	3,7-8,0	5,4-7,5
Manioc	4,0-7,0	5,5-6,5
Mil	4,0-8,0	5,0-7,5
Palmier à huile	3,2-7,0	4,0-6,0
Patate douce	5,25-7,5	6,0-7,0
Pyrèthre	5,5-7,8	6,5-7,2
Riz	3,8-8,4	5,5-6,5
Soja	4,8-7,5	5,2-7,0
Théier	3,9-6,5	4,5-5,6

F. *Fonctionnement biologique*

Les fonctions biologiques du sol représentent les valeurs les plus intégratives de la connaissance de la qualité du sol (Schimann et al., 2012). Les bio-indicateurs utilisés sont basés sur la mesure des principales fonctions microbiennes liées aux cycles du carbone et de l'azote (Schloter et al., 2003), c'est-à-dire sur la **capacité du sol à transformer la matière organique en éléments nutritifs** pour la plante. En effet, il ne suffit pas d'avoir de la matière organique pour conclure que le sol est fertile, encore faut-il que cette matière organique ne soit pas stockée sous forme d'humus récalcitrant et puisse être minéralisée en éléments absorbables par la plante. Les fonctions choisies pour évaluer la qualité du sol dans son fonctionnement microbien sont la respiration pour la minéralisation de la matière organique

du sol et la dénitrification pour la perte potentielle du nitrate du sol sous forme gazeuse N_2O , N_2 .

- La respiration

La respiration microbienne du sol concerne l'ensemble des micro-organismes dans leur diversité et abondance. Elle nous renseigne sur la **capacité de la communauté microbienne** hétérotrophe du sol à **dégrader la matière organique**. Elle peut aussi être considérée comme un **indicateur de la biomasse microbienne totale active du sol** et donc de sa capacité biotique.

- La dénitrification

L'étape finale du cycle de l'azote s'appelle la **dénitrification**, au cours de laquelle un autre groupe de bactéries transforment le nitrate en gaz azoté qui est libéré dans l'atmosphère. Cette étape se déroule principalement lorsque le sol est saturé d'eau et concourt à **une perte d'azote minéral dans les sols**.

II. Echantillonnage

II.1 Zone d'étude

Les données cartographiques existantes (topologie LIDAR, données pédologiques et délimitation du périmètre d'étude) concernant la zone d'étude ont été analysées.

Les outils de SIG (système d'information géographique) nous ont permis de dessiner une grille d'échantillonnage sur le périmètre afin d'effectuer **un prélèvement de sol pour chaque hectare** de la zone. La zone à couvrir représente 305 hectares (figure 2).

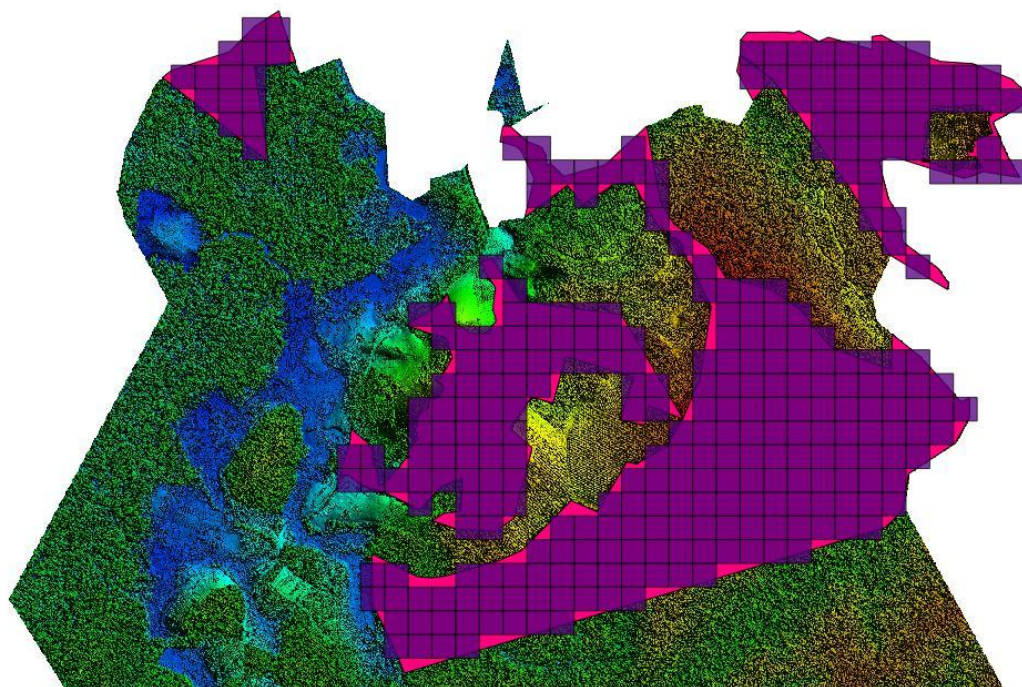


Figure 3 : Maillage de 100m*100m (1ha) superposé au périmètre d'étude sur Cacao (rose)

II.2 Exclusion des fortes pentes

Les travaux agricoles sont fortement contraints par le relief environnemental. Plus particulièrement, des pentes supérieures à 30% entraînent de fortes limitations agricoles (grande sensibilité à l'érosion et mécanisation des cultures difficiles). Nous avons pour chaque hectare étudié, calculé la pente moyenne. Il y a 278 hectares pour lesquels la pente moyenne est inférieure à 30%, soit environ 90 % de la zone totale (figure 3).

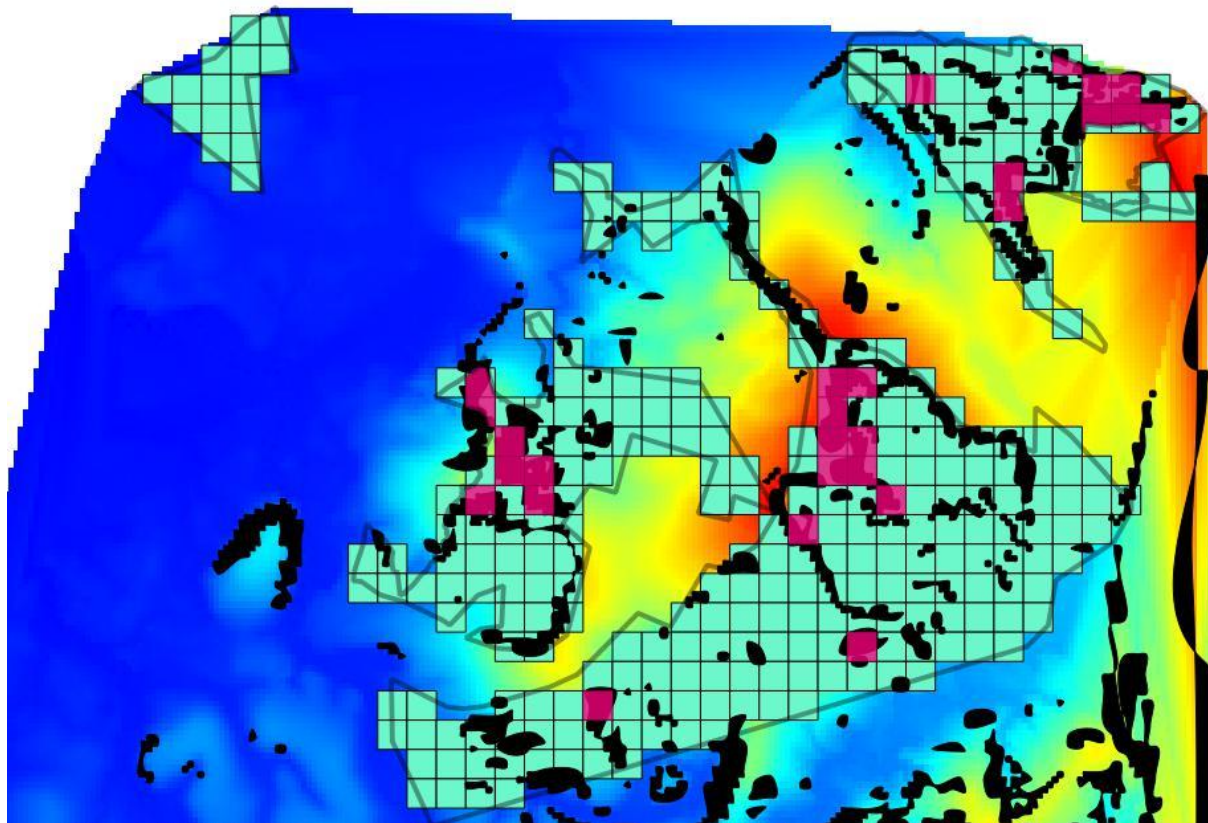


Figure 4 : Les différents secteurs présentant une pente moyenne inférieure à 30% (carrés bleu-ciel), en rose les hectares dont la pente moyenne est supérieure à 30%, en noir le détail des pentes de plus de 30%

II.3 Sols analysés en laboratoire

Les secteurs d'un hectare présentant une pente moyenne inférieure à 30% ont donc été visités (= 278 visites). Sur place, l'échantillonnage des sols (pour les futures analyses) ne s'est fait que sous certaines conditions, à savoir :

- une **absence d'occupation** de la zone à prospecter (exemple : parcelle déjà occupée)
- une **absence d'engorgement** (il a été remarqué que tous les bas-fonds ne sont pas engorgés. Il ne faut donc pas exclure toutes ces zones de l'étude)
- une **absence d'agrégats de sable blanc**, caractérisant un fort lessivage des sols (baisse des propriétés physico-chimiques). Nous n'avons pas remarqué de sables blancs sur cette étude.
- une **profondeur de sol utile suffisante** (minimum 20cm), limitée soit par une nappe soit par un socle rocheux soit par un système de drainage latéral

Au total, **196 échantillons de sol ont été analysés** en laboratoire, soit 70% des points visités (figure 4). Les raisons pour lesquels les sols n'ont pas été échantillonnés sont indiquées dans la table attributaire de la couche cartographique.

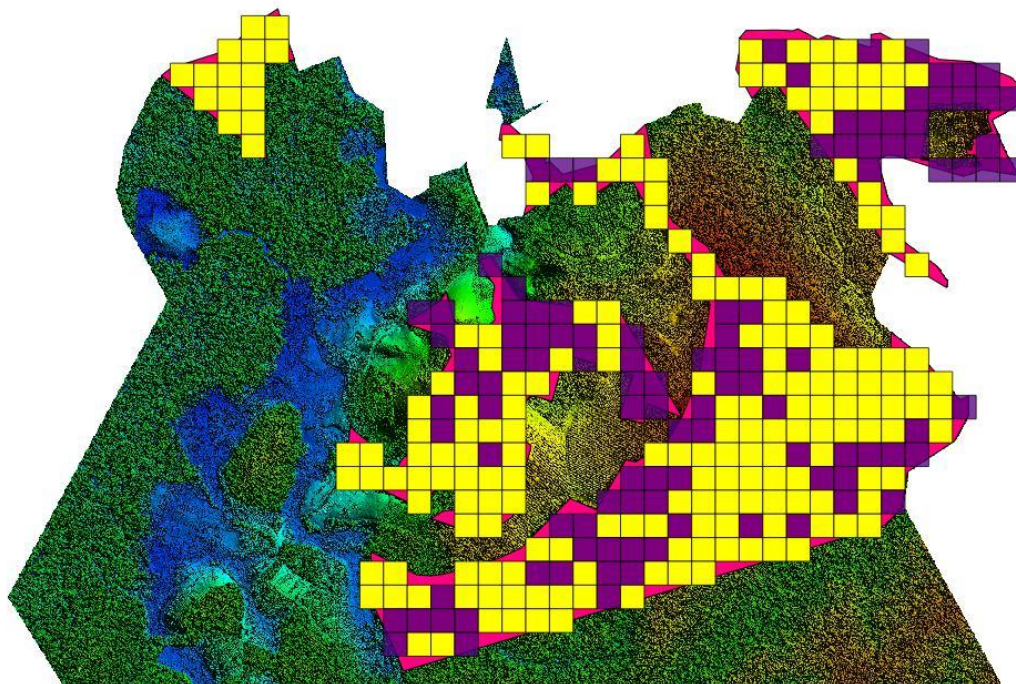


Figure 5 : Différents secteurs dont les sols ont été analysés en laboratoire (en jaune)

Plus d'un mois de terrain, à raison de 2 ou 3 jours de terrain par semaine, ont été nécessaires pour mener à bien cet échantillonnage. Cela représente plus de 110 kms de marche à pied parcourus en pleine forêt.

III. Typologie

III.1 Analyses des critères

Les différents critères cités ci-dessus ont été analysés dans le laboratoire des sols de SOLICAZ.

III.1.1 Analyse physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été en partie réalisées dans un laboratoire métropolitain agréé et l'autre partie par SOLICAZ.

Elles concernent plusieurs critères de diagnostics de l'état du sol. Sont ainsi répertoriés sous forme de tableau synthétique : la profondeur utile du sol ; la topographie ; la granulométrie ; la teneur en matière organique ; et le pH du sol.

III.1.2 Analyses biologiques

En plus des analyses physico-chimiques, des analyses des fonctions microbiologiques sont réalisées sur l'ensemble des sols récoltés. Les mesures portent sur les processus de respiration et de dénitrification prises comme bio-indication de la qualité du sol. Presque deux mois ont été nécessaires pour réaliser toutes ces mesures en laboratoire sur les 196 échantillons.

Les données de la typologie des sols sont regroupées dans une base de données et hiérarchisées sous forme d'indice de qualité des sols avant d'être exprimées en données cartographique pour la restitution finale.

III.2 Création d'un indice de qualité des sols à partir d'une hiérarchisation des critères typologiques mesurés

Pour mener à bien ce travail, il a fallu **hiérarchiser les différents facteurs**. Tout d'abord, comme vu précédemment, le retrait des zones de fortes contraintes physiques (fortes pentes, engorgement, faible profondeur de sol,...) permettent de sélectionner les futurs emplacements agricoles potentiels. En effet, il n'est pas possible d'intervenir directement sur ces composantes pour faire face à leurs contraintes. Ensuite, la profondeur de sol détermine le choix de la culture : l'arboriculture nécessite des sols plus profonds (>60 cm) que le maraîchage (>40 cm) ou le pâturage (>20 cm) pour l'encrage des racines (Boyer 1982). Enfin, la texture du sol couplée aux différentes mesures d'analyses biologiques ont permis la création d'un indice de la qualité des sols (décliné en trois catégories : faible, moyenne et forte) servant de base pour un diagnostic rapide. Cette qualité des sols est directement liée aux exigences agronomiques des espèces culturales (les espèces les plus exigeantes auront besoin d'un sol de meilleur qualité, les espèces les moins exigeantes pourront être cultivées sur les différentes qualités de sol).

Il est à noter le que pH n'est finalement pas intégré pour la création de cet indice car les sols se révèlent acides sur l'ensemble du territoire (facteur non-discriminant). La matière organique n'est pas non plus prise en compte pour l'indice de qualité car la teneur en MO sera bouleversée par le changement d'usage des terres. De plus, contrairement aux contraintes physiques et biologiques, les agriculteurs ont la possibilité d'intervenir sur ces composantes chimiques.

III.3 Création de shape pour les types cultures

Les résultats des analyses physico-chimiques et biologiques couplés aux conditions environnementales d'où sont issus les sols et la hiérarchisation des différents facteurs nous ont permis de **réaliser des couches cartographiques (« shapes ») renseignant le type de culture le plus approprié et la qualité des sols** pour chaque hectare.

La carte regroupant les informations pour les 3 différents types de cultures est fournie en format papier (A0), en document PDF et en données SIG (QGIS). Une carte pour chaque type de cultures, ainsi qu'une carte renseignant les informations des autres zones (appelées « zones particulières ») est aussi disponible en SIG et en PDF.

III.4 Aide à l'outil SIG

Les couches cartographiques ont été créées avec le logiciel « Quantum GIS » version 1.8.0 (téléchargeable gratuitement sur <http://www.qgis.org/fr/site/>). Il est néanmoins possible d'ouvrir les fichiers avec d'autres logiciels SIG. Cependant, le projet créé comporte des symbologies bien particulières qui ont été optimisées pour une lecture plus facile des cartes. Seul le projet QGIS nommé « cartoCACAO » respecte les symbologies utilisées sur les cartes imprimées. L'utilisateur peut changer les couleurs et/ou les symboles des différentes couches. De plus, l'outil de requête permet de faire des sélections précises à partir des tables attributaires selon les besoins de l'utilisateur pour visualiser leur emplacement sur la carte (exemple : sélectionner et afficher les zones pour lesquels la profondeur de sol est supérieure à 40cm, sur un type de sol argilo-sableux sur un milieu dont la pente inférieure à 10% et avec une bonne activité biologique). Toutes les mesures réalisées et les informations nécessaires se trouvent dans les tables attributaires des différentes couches (tableau 6).

Tableau 6 : Explications sur les attributs des couches cartographiques.

identity	numérotation des points d'échantillonnage
X_moy	coordonnées géographique X
Y_moy	coordonnées géographique Y
pente_moy	valeur exacte de la pente moyenne sur l'hectare correspondant.
pente_sd	écart-type de la pente moyenne sur l'hectare. Donne une idée de l'hétérogénéité des zones des pentes
prelevement	indique si les sols ont été échantillonnés (pour les analyses) ou non
cause_refu	indique la cause de l'absence de l'échantillonnage (facteur d'exclusion)
sol_prof	profondeur de sol utile en cm
sol_obs	observations liées au sol sur terrain
position	remarques sur le lieu d'échantillonnage (ex: bas-fond, proximité layon, type de forêt,...)
remarques	donne des informations liées à l'échantillonnage sur le terrain
texture	texture des sols sur la base de leur granulométrie
MO_teneur	teneur en matière organique. Tous les sols présents ont une bonne teneur en MO
pH	mesure précise du pH du sol
Act_bio	Indice sur la qualité biologique du sol. De 0 (activité biologique faible) à 3 (très bonne)
sol_qualit	indice de qualité de sol. Valeurs de 0 à 2 (0 correspondant à une mauvaise qualité des sols et 2 à une bonne qualité). Cet indice est basé sur les analyses de texture et des activités biologiques des sols.

Résultats

I. Facteurs entraînant un rejet pour l'installation des trois types de production

I.1 Présentation des surfaces non recommandables pour l'agriculture

On parle de zone d'exclusion lorsque les zones étudiées ne sont pas recommandées pour l'installation de pâturage, maraîchage ou de verger.

Le tableau 8 présente la surface totale de la zone d'étude (soit 305 ha) ainsi que les surfaces qui ont été exclues puisqu'elles comprenaient au moins un des facteurs d'exclusion décrits dans la méthodologie. Ainsi, 35.7% de la zone d'étude ne sont recommandés pour aucun des trois types de production et 64.3% de la zone d'étude sont qualifiés de "surface acceptée" ou "surface recommandable" pour au moins un des grands types de culture (pâturage, maraîchage et verger).

Tableau 7 : Surfaces totale, exclues et acceptées (en ha et en pourcentage de la zone d'étude) selon les facteurs d'exclusion

	nombre d'hectares	pourcentages
Surface totale	305	100
Surface exclue	109	35.7
Surface acceptée	196	64.3

En définitive les deux tiers de la zone d'étude sont recommandés pour l'installation soit du pâturage, soit du maraîchage ou du verger.

I.2 Explication des facteurs d'exclusion dans le cas des 305 ha de Cacao

Les facteurs d'exclusion concernant les 305 ha de Cacao sont détaillés dans le tableau 9 ci-dessous. Aussi, une zone exclue peut présenter plusieurs de ces facteurs.

Tableau 8 : Explication des facteurs d'exclusion pour les 305 ha de Cacao

Facteurs d'exclusion	nombre (hectares)	pourcentage des exclusions	pourcentage de la zone d'étude
forte pente (> 30%)	27	24.7	8.9
engorgement	9	8.3	2.9
<hr/>			
<i>zones à préserver</i>	<i>36</i>	<i>33.1</i>	<i>11.8</i>
<hr/>			
sol peu profond (< 20cm)	65	59.6	21.3
<hr/>			
<i>culture hors-sol possible</i>	<i>65</i>	<i>59.6</i>	<i>21.3</i>
<hr/>			
autres (zones occupées)	8	7.3	2.6
<hr/>			
TOTAL exclusion	109	100	35.7
<hr/>			
TOTAL zone étudiée	305		100

La principale cause d'exclusion concerne **la faible profondeur utile des sols** : 1/5 de la zone d'étude présente des sols peu profonds. Même si notre étude ne recommande pas ces zones pour l'installation de pâturage, maraîchage et verger, l'installation de **production hors-sol** (élevage, culture sous serre) pourrait toutefois être envisagée.

Environ 12% de la zone d'étude montre de trop fortes pentes ou des sols trop engorgés pour l'installation de zones agricoles. Il serait alors recommandé de préserver ces milieux pour **maintenir un réservoir de biodiversité** (ou attribuer ces zones pour des cultures tolérantes à l'engorgement).



Témoin : Affleurement
de la roche mère

Photo 1 : Affleurement de la roche mère



Photo 2 : Illustration d'une zone déjà occupée (bananeraie et abattis)



Photo 3 : Zoom sur la zone déforestée et occupée

II. Facteurs d'évaluation des zones acceptées

Le tableau 9 détail l'ensemble des facteurs d'évaluation qui ont permis de créer un indice de qualité des sols.

Tableau 9 : Facteurs d'évaluation de la typologie des sols de la zone d'étude

	nombre (hectare)	pourcentage
Type cultural en fonction de la profondeur du sol (cm)		
Pâturage (sol > 20cm)	196	100
Maraîchage (sol > 40cm)	101	51.5
Verger (sol > 60cm)	68	34.7
Pente (en %)		
pente < 20% (mécanisable)	108	55.1
20% < pente < 30% (non mécanisable)	88	44.9
Texture		
sableuse	4	2.2
argileuse	137	69.9
argilo-sableuse	45	22.9
sablo-argileuse	9	4.5
autres (contenant du limon)	1	0.5
Qualité des sols (indices)		
faible qualité	16	8.2
moyenne qualité	134	68.3
bonne qualité	46	23.5
TOTAL	196	100

Le pâturage peut se faire sur l'ensemble de ces 196 hectares (étant donné qu'un des critères d'acceptation d'analyses est une profondeur utile minimum de 20 cm). Le maraîchage peut recouvrir plus de la moitié de cette zone et l'arboriculture un peu plus d'un tiers. Sur les couches cartographiques, il faut bien visualiser qu'il est possible de faire du pâturage là où il est possible de faire du maraîchage et de l'arboriculture. De même qu'il est possible de faire du maraîchage là où il est possible de faire de l'arboriculture. Les couches cartographiques sont en effet chevauchantes.

L'agriculture mécanisable est possible dans plus de la moitié de la surface étudiée (pentes inférieures à 20%). Les autres zones sont caractérisées par des pentes comprises entre 20 et 30% qui limitent l'utilisation de machines agricoles.

L'analyse de la texture montre une dominance argileuse (69.9% de) et argilo-sableuse (22.9%).

Seulement 8% des sols échantillonnés sur les 196 ha se montrent de faible qualité, les autres zones reflétant une qualité de sol moyenne ou bonne.

Tableau 10 : Répartition des sols (nb en ha) selon leur qualité chez les trois grands types de culture

Usages prévus	Qualité des sols		
	Faible	Moyenne	Bonne
Verger	9	46	13
Maraîchage	12	72	17
Pâturage	16	134	46

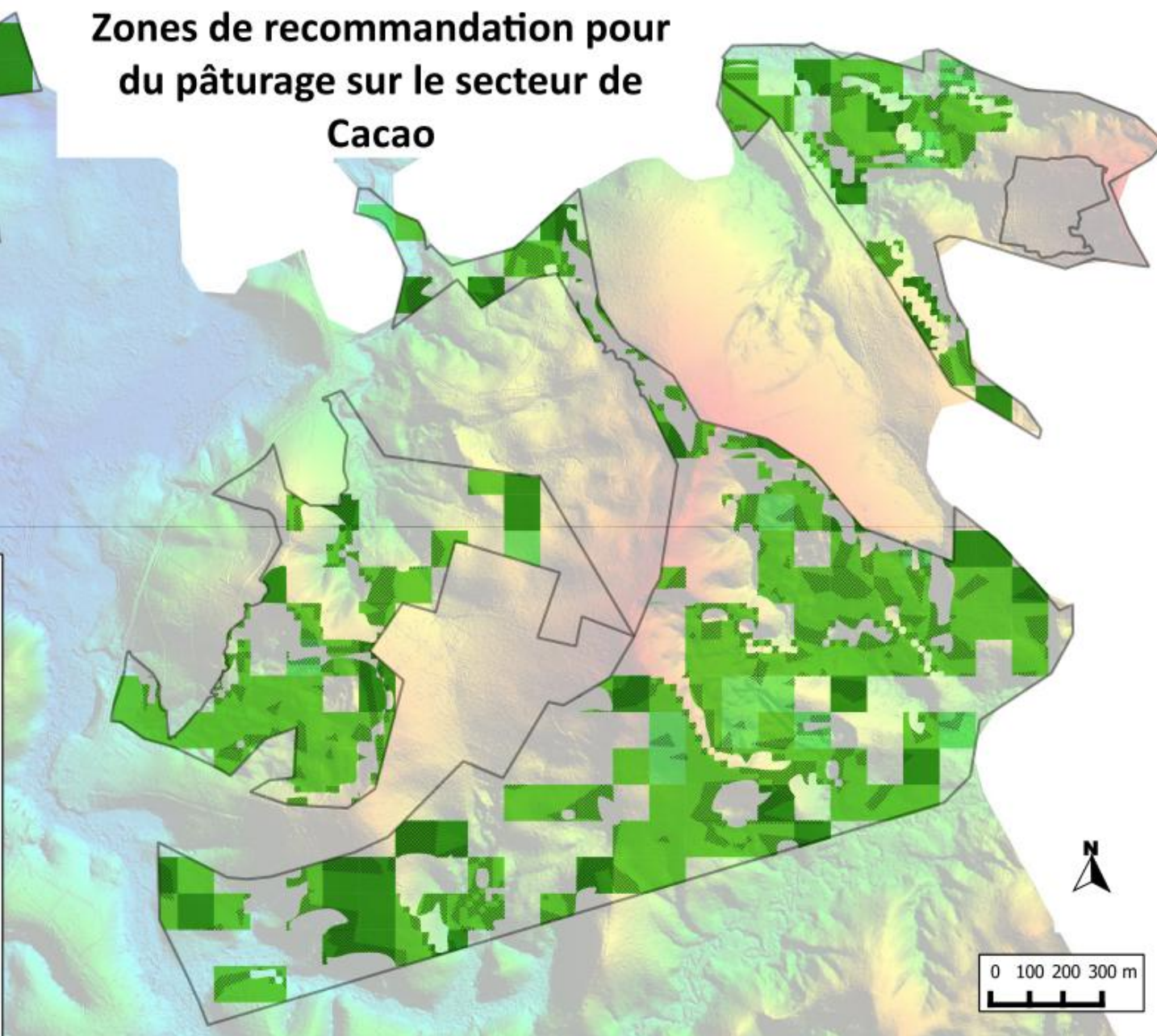
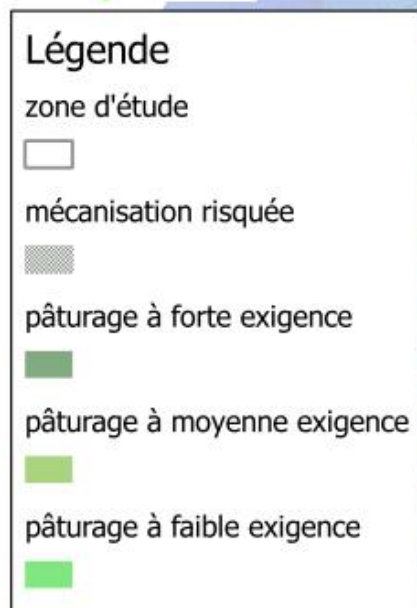
Tableau 11 : Répartition des sols (nb en ha) selon le niveau d'exigence des cultures chez les trois grands types de culture

Usages prévus	Exigence des cultures		
	Faible	Moyenne	forte
Verger	68	59	13
Maraîchage	101	89	17
Pâturage	196	180	46

La qualité des sols permet de cibler les cultures selon leurs exigences agronomiques. En effet, il serait judicieux d'installer des cultures très exigeantes sur les sols de meilleure qualité. Par contre des cultures peu exigeantes peuvent être installées quelque soit la qualité des sols (tableaux 10 et 11). Sur les couches cartographiques, il faut bien visualiser qu'il est possible de mettre en place des cultures peu exigeantes là où il est possible de mettre en place des cultures à moyenne et forte exigence. De même qu'il est possible de mettre en place des cultures de moyenne exigence là où il est possible de mettre en place des cultures à forte exigence. Les couches cartographiques sont en effet chevauchantes.

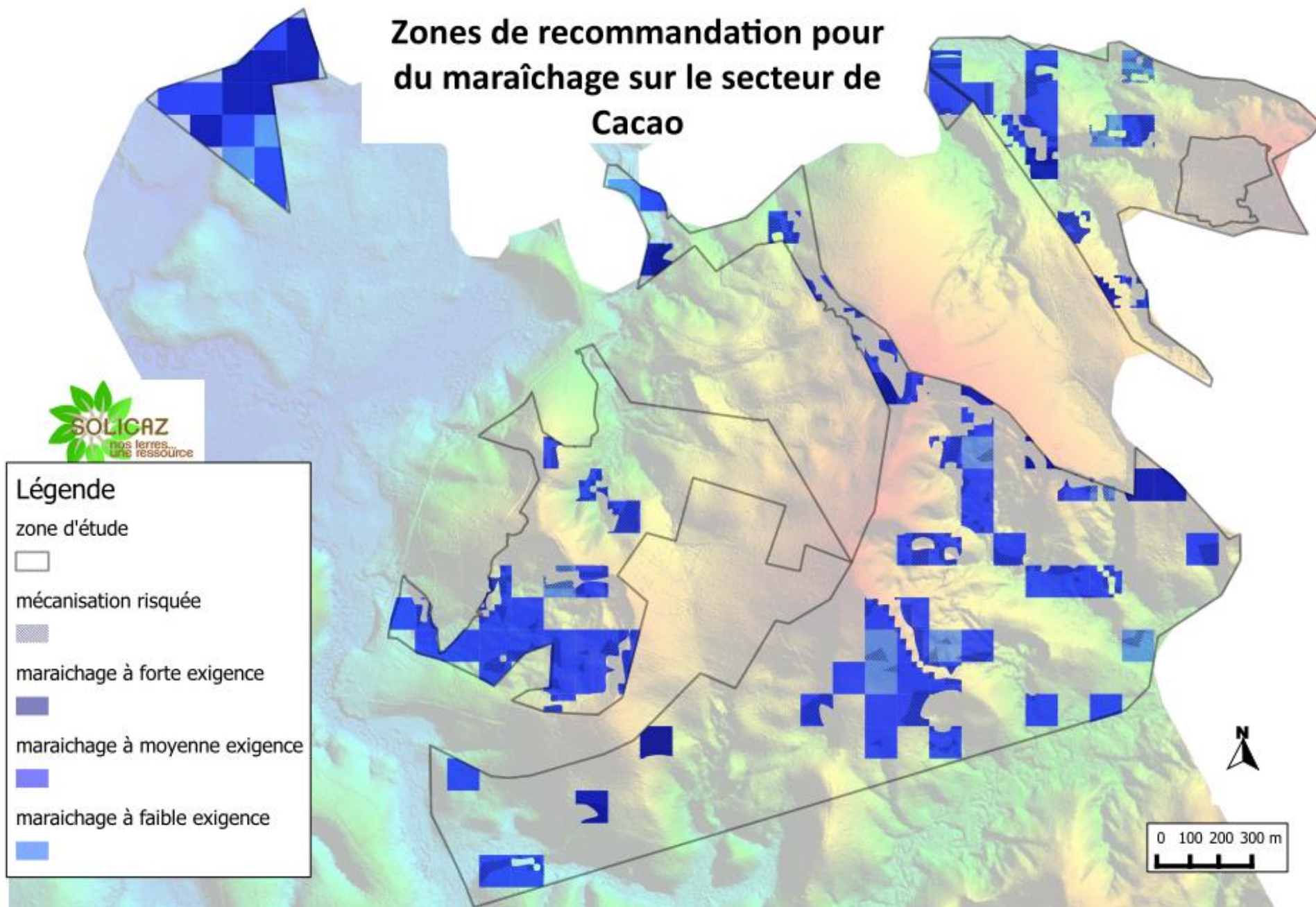
Enfin, il est important de rappeler que le diagnostic de la qualité des sols a été effectué sur les sols forestiers. Ainsi, pour maintenir la qualité de ces sols après changement d'usage (vers des terres agricoles), il sera indispensable de: (i) d'avoir une méthode de déforestation qui respecte le sol, puis (ii) de ne pas laisser les sols à nu pour éviter l'érosion.

Zones de recommandation pour du pâturage sur le secteur de Cacao

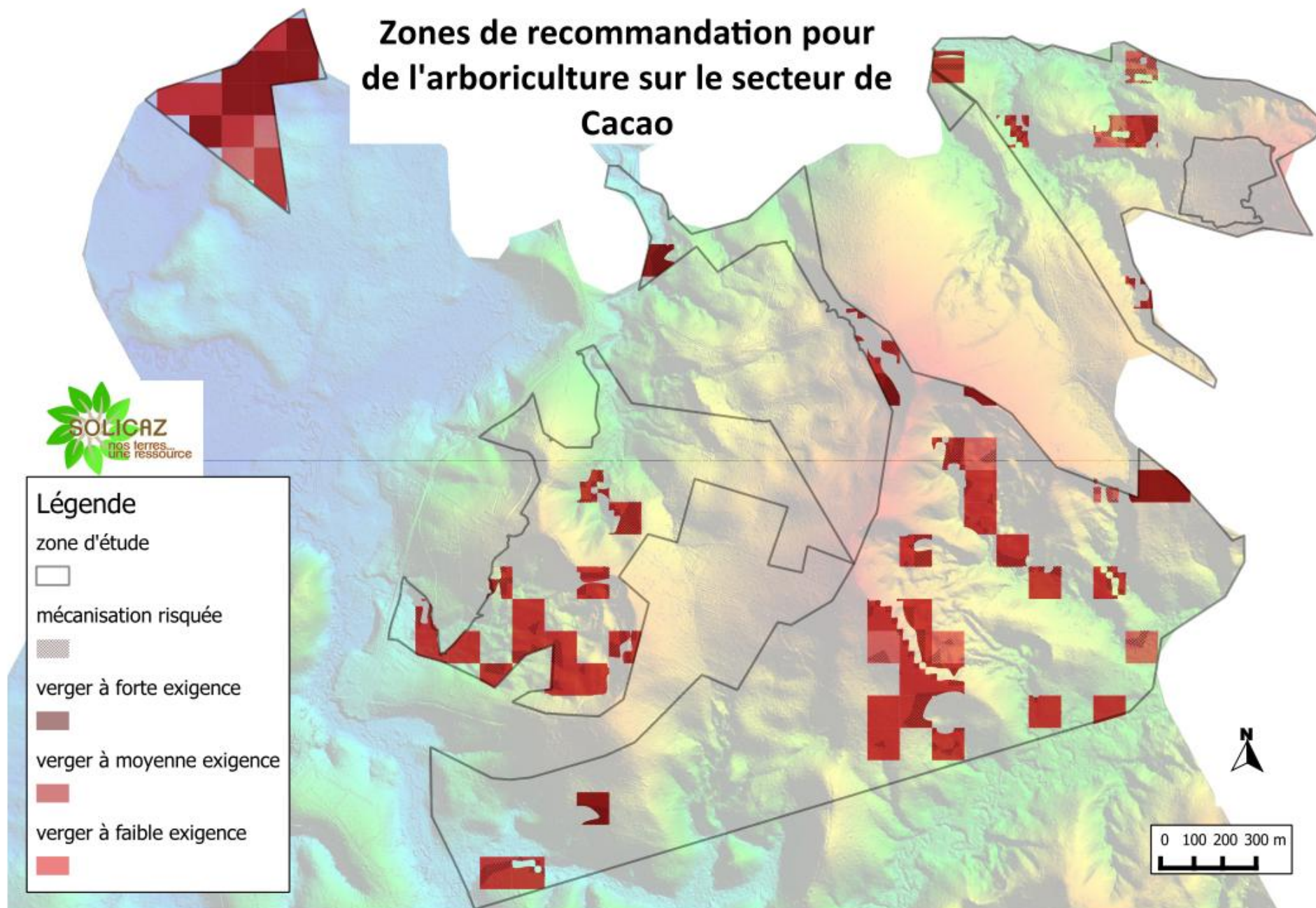


0 100 200 300 m

Zones de recommandation pour du maraîchage sur le secteur de Cacao



Zones de recommandation pour de l'arboriculture sur le secteur de Cacao

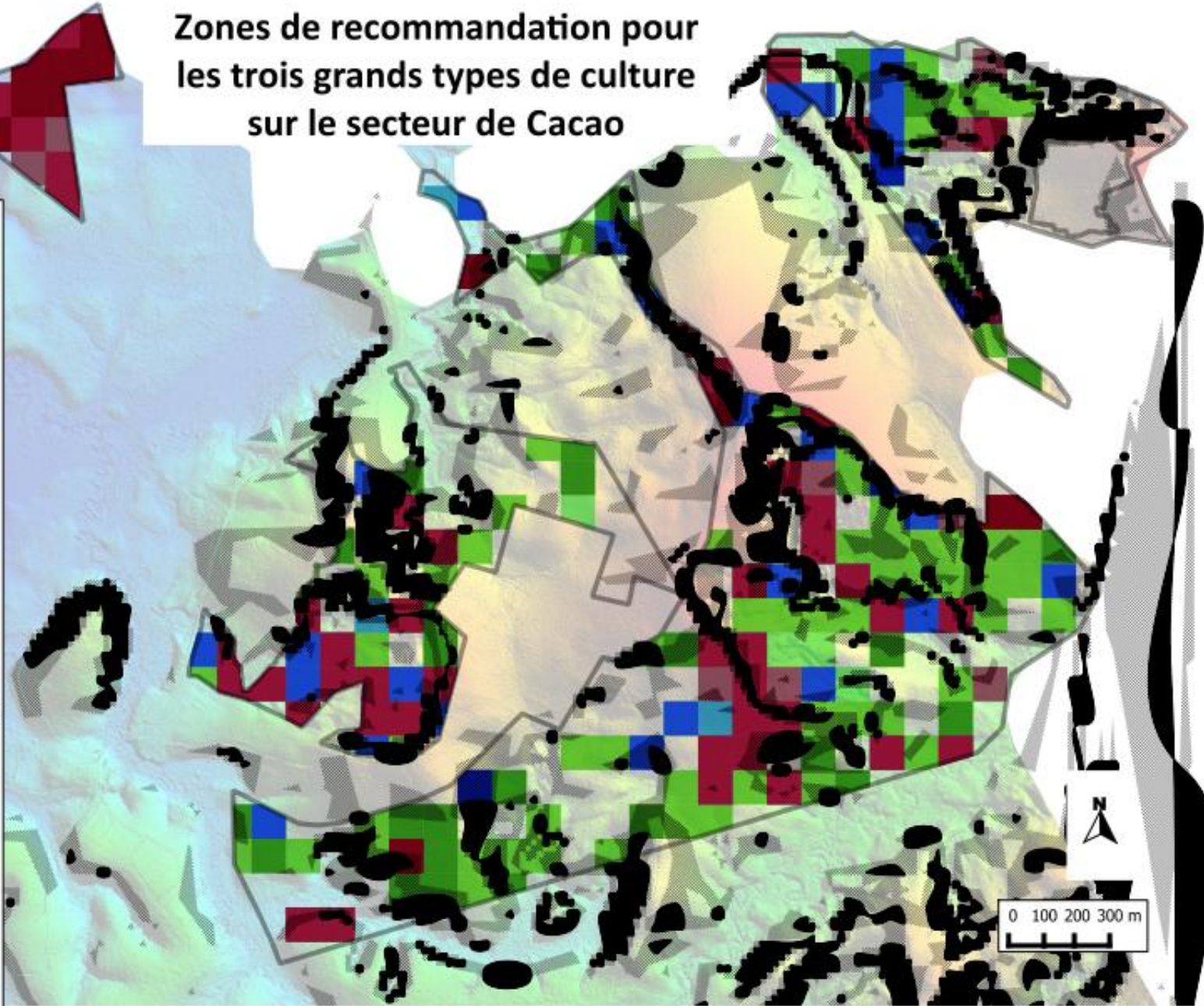


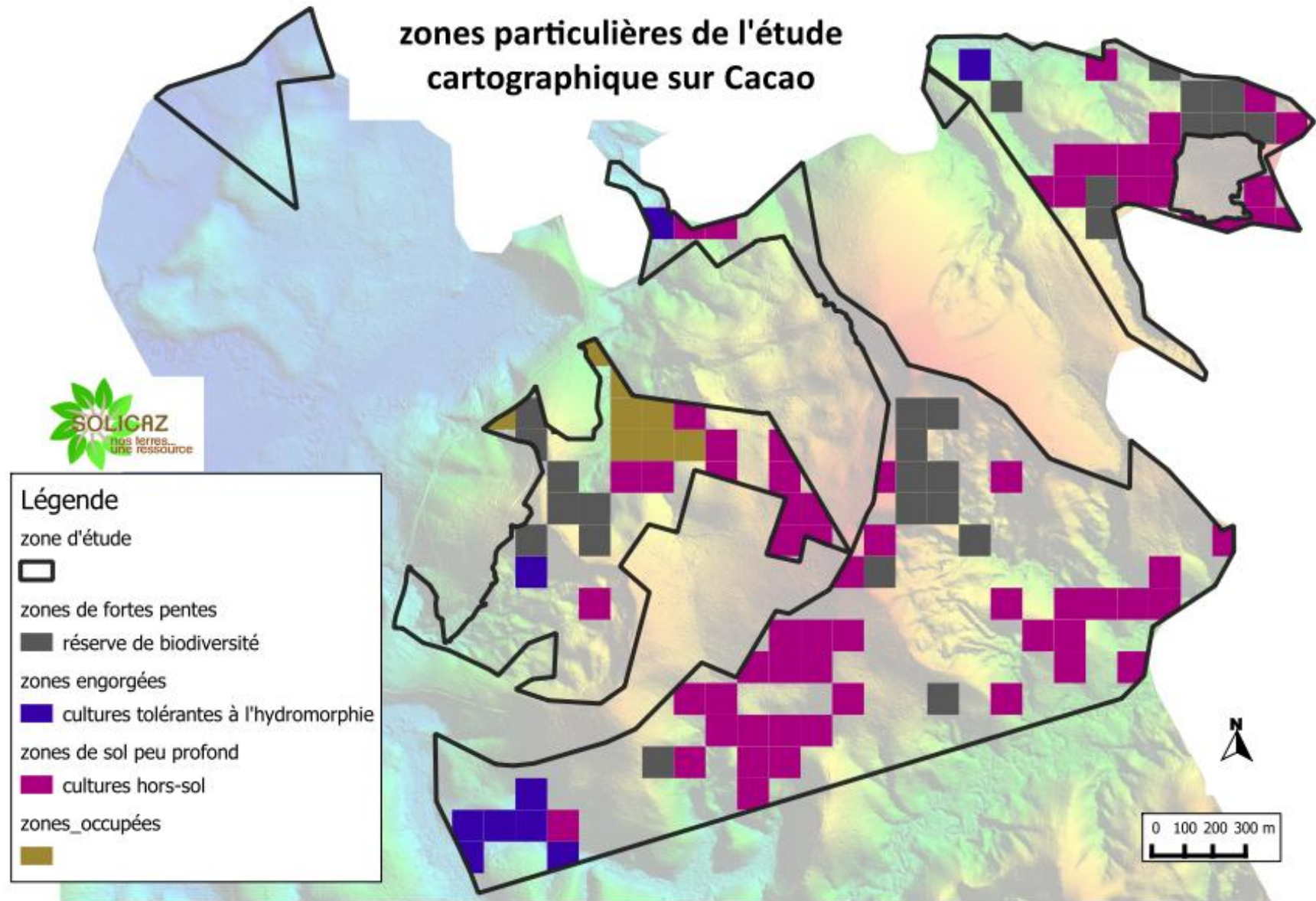
Zones de recommandation pour les trois grands types de culture sur le secteur de Cacao



Légende

- zone d'étude
- zones de pente 20-30%
- zones de pente >30%
- verger à forte exigence
- verger à moyenne exigence
- verger à faible exigence
- maraichage à forte exigence
- maraichage à moyenne à exigence
- maraichage à faible exigence
- patelage à forte exigence
- patelage à moyenne exigence
- patelage à faible exigence





BIBLIOGRAPHIE

BOYER J., 1982. *Les sols ferrallitiques*. Tome X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Initiations- Documents techniques n°52, ed. ORSTOM Paris. 384p.

BOULET R., HUMBEL F-X., HERVIEU J., 1980. *Données nouvelles sur les sols guyanais : applications à la mise en valeur*. Cayenne, ORSTOM, 30 p. multigr. La Nature et l'Homme en Guyane.

BOULET R., VEILLON L., 1982. *Notice de la carte pédologique du secteur oriental du plateau de Nancibo*.

BUTTOUD G., KARSENTY A., 2001. *L'éco certification de la gestion des forêts tropicales*. Revue forestière française, documents irevues.inist.fr. 16 p.

DABIN B., 1984. *Les sols tropicaux acides*. ORSTOM.13p.

GISSOL groupe d'intérêt scientifique, 2005. *Sol pour une gestion patrimoniale et durable des sols*. Ministère de l'agriculture et de la pêche. 85p.

LEPRUN JC., MISSET M., VIALA A-L., 2001. *Guide de reconnaissance des principaux sols guyanais à l'usage des non pédologues, actualisation et valorisation des données pédologiques*. IRD, EPAG. Ed IRD. 25p.

LEROY M., DERROIRE G., VENDE J., LEMENAGER T., 2013. *La gestion durable des forêts tropicales De l'analyse critique du concept à l'évaluation environnementale des dispositifs de gestion*.

SCHIMANN H., PETITJEAN C., GUITET S., REIS T., DOMENACH A.M., ROGGY JC., 2012. *Microbial bioindicators of soil functioning after disturbance: the case of gold-mining in tropical forests of French Guiana*. Ecological Indicators: 20. 34–41.

SCHLOTTER M., DILLY O., MUNCH J., 2003. *Indicators for evaluating soil quality*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 98 (1-3), pp.255-262.

Table des illustrations

Tableaux

Tableau 1 : Limitation agricole en fonction de la pente (Boyer, 1982)	10
Tableau 2 : Limitations culturales en relation avec la profondeur du sol utile (Boyer, 1982)	10
Tableau 3 : Limitations culturales en fonction de la texture (Boyer, 1982)	12
Tableau 4 : Limitations agricoles suivant la teneur en matière organique en % (Boyer, 1982).....	12
Tableau 5 : Conditions acceptables pour les plantes cultivées (Boyer, 1982).....	13
Tableau 6 : Explications sur les attributs des couches cartographiques.	20
Tableau 7 : Surfaces totale, exclues et acceptées (en ha et en pourcentage de la zone d'étude) selon les facteurs d'exclusion.....	21
Tableau 8 : Explication des facteurs d'exclusion pour les 305 ha de Cacao	22
Tableau 9 : Facteurs d'évaluation de la typologie des sols de la zone d'étude	24
Tableau 10 : Répartition des sols (nb en ha) selon leur qualité chez les trois grand types de culture.....	25
Tableau 11 : Répartition des sols (nb en ha) selon le niveau d'exigence des cultures chez les trois grands types de culture	26

Figures

Figure 1 : Méthodologie employée dans ce travail.....	6
Figure 2 : Maillage de 100m*100m (1ha) superposé au périmètre d'étude sur Cacao (rose)	15
Figure 3 : Les différents secteurs présentant une pente moyenne inférieur à 30% (carrés jaunes)	16
Figure 4 : Différents secteurs dont les sols ont été analysés en laboratoire (en jaune).....	17
Figure 5 : Types de culture en fonction de la profondeur du sol	Erreur ! Signet non défini.

Photos

Photo 1 : Hétérogénéité quant à la couleur et la texture des sols.....	Erreur ! Signet non défini.
Photo 2 : Affleurement de la roche mère.....	23
Photo 3 : Zoom sur la zone déforestée et occupée	23
Photo 4 : Illustration d'une zone déjà occupée (bananeraie).....	23