



**HAL**  
open science

# Etude des relations entre l'herpétofaune et la structure de la végétation dans les agroforêts à base de cacaoyers, au Guatemala

Aymeric Pinel

► **To cite this version:**

Aymeric Pinel. Etude des relations entre l'herpétofaune et la structure de la végétation dans les agroforêts à base de cacaoyers, au Guatemala. Sciences de l'environnement. 2010. hal-01884517

**HAL Id: hal-01884517**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01884517>**

Submitted on 1 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**2009-2010**

**MASTER FAGE**  
**Biologie et Ecologie pour la Forêt,**  
**l'Agronomie et l'Environnement**

**Spécialité**  
**FGE**

**ETUDE DES RELATIONS ENTRE L'HERPETOFAUNE**  
**ET LA STRUCTURE DE LA VEGETATION**  
**DANS LES AGROFORETS A BASE DE CACAOYERS,**  
**AU GUATEMALA.**

**Par Aymeric Pinel**

**Mémoire de stage, soutenu à Nancy le /09/2010**

Olivier Deheuvels CIRAD/CATIE  
Coordination scientifique du PCC

Daniel EPRON ( daniel.epron@sbiol.uhp-nancy.fr)  
UMR INRA UHP 1137 "Écologie et Ecophysiologie Forestières"  
Nancy-Université - Université Henri Poincaré

CATIE (Centre agronomique tropical d'investigation et d'enseignement)  
2<sup>nd</sup>e Avenue 7-15, zone 14, Guatemala Ciudad, Guatemala.



## Remerciements :

A Daniel Epron et Bernard Amiaud qui ont toujours été là pour suivre l'avancée de mon stage.

A Oliviers Deheuvels qui m'a permis de faire ce stage en signant ma convention.

A Grimaldo Soto qui m'a formé au repérage et à la capture de l'herpetofaune, mais de qui j'attends toujours un peu d'aide pour l'identification. Et à Jésus qui a participé avec moi à cette formation.

A tout le bureau du CATIE du Guatemala (dont Eduardo Say, Alvaro Izaguirre et Vicky) qui m'ont soutenu et aidé pour faire cette étude dans un pays inconnu et avec des conditions de vie et de catastrophe naturelle assez violentes (tempêtes tropicales, coulées de boue, éruptions volcaniques, inondations, chutes de ponts, attaques et prises en otage, etc.).

A mes colocataires de la Finca Bulbuxya dans laquelle j'ai logé.

A Oscar de APROCA et Jorge et Juan Pablo de ASECAN qui m'ont aidé avec les producteurs.

Aux familles d'agriculteurs qui m'ont hébergées et accompagnées pour mes relevés de nuit et avec qui j'ai pu partager des moments privilégiés de leur mode vie.

A Jean-Eude étudiant Français qui m'a rejoint et qui a co-subit les conditions du projet !

A Imen Ben Ammar, Thibault Gaillard, Henry Schroeder et Yves Le Roux qui m'ont bien aidé dans l'étude de mes résultats.

A Anaïs Cousin et Melissa Stil qui sont venues me rendre visite.

A l'équipe d'Anitan qui nous a hébergé de nombreuses fois.

A Nohemi del Cid, Bris Pèrez Herrera, Yesenia Recinos, Alberto Mont et Luz Elena Esquina maintenant amis du Guatemala qui m'ont enseignés leur pays, accompagné et soutenu pour que je me sente un peu chez moi.

A tous les autres que je ne vais pas détailler dont ma famille, mes amis et collègues, mes professeurs (présent et passé), etc., qui ont été avec moi et m'ont suivi durant cette formidable expérience.

A Emile Zola « *Rien ne développe l'intelligence comme les voyages.* », Giacomo Casanova « *L'homme qui veut s'instruire doit lire d'abord, et puis voyager pour rectifier ce qu'il a appris.* » et André Gide « *Moins le Blanc est intelligent, plus le Noir lui paraît bête.* », Alphonse de Lamartine et Montaigne dont les pensées sont toujours aussi enrichissantes et utiles pour comprendre le monde qui nous entoure.

## **Table des illustrations :**

<b><u>Document 1</u></b> : Moyennes météo de Mazatenango (Suchitepéquez)	Page 10
<b><u>Document 2</u></b> : Répartition et choix des parcelles	Page 17
<b><u>Document 3</u></b> : Dimensions et position de la parcelle dans les cultures de cacao et des cellules dans ces parcelles.	Page 17
<b><u>Graphiques 1</u></b> : Poids et sens des paramètres qui forment les axes de l'ACP	Page 20
<b><u>Graphique 2</u></b> : Formation des groupes par la CAH	Page 20
<b><u>Graphiques 3</u></b> : Graphiques de la richesse spécifique et l'abondance de reptiles et d'amphibiens par groupes, grâce à la médiane	Page 21

## **Table des annexes :**

Annexe 1 : Tableau des études du PCC et de leur avancée dans tous les pays	Page 28
Annexe 2 : Fiche technique du cacao	Page 29
Annexe 3 : Tableau récapitulatif des données du Guatemala	Page 30
Annexe 4 : Tableaux des données relatives à la zone d'étude	Page 31
Annexe 5 : Exemple de fiche de prise de données de la couverture du sol	Page 32
Annexe 6 : Exemple de fiche de prise de données de la couverture ombragée	Page 33
Annexe 7 : Exemple de base de données de l'herpetofaune.	Page 34
Annexe 8 : Graphiques croisés dynamiques avec l'abondance de l'herpetofaune.	Page 35
Annexe 9 : Graphique croisé dynamique avec l'abondance de l'herpetofaune en fonction de la température et de l'humidité de l'aire.	Page 36
Annexe 10 : Exemple de base de données des individus réparti en groupes	Page 37
Annexe 11 : Galerie graphique pour l'ACP.	Page 38
Annexe 12 : Tableau de répartition des individus par classes, après la CAH, et différentes coupures de classes possibles	Page 39

## Table des matières

Remerciements : .....	2
Table des illustrations : .....	3
Table des annexes : .....	4
Abréviations : .....	7
Introduction.....	8
Contexte général de l'étude : .....	8
Introduction bibliographique au sujet : .....	9
Le site d'étude : .....	10
Objectif principal de l'étude et sous objectifs : .....	11
La structure d'accueil et ses missions : .....	11
Le CATIE : .....	11
• Mission: .....	12
• Vision: .....	12
• Message: .....	12
Le PCC (projet cacao centraméricain) : .....	12
Généralités sur le Cacao (Theobroma cacao) (Annexe 2) : .....	13
Le cacao dans la région d'étude (Suchitepéquez) : .....	13
L'herpétofaune : .....	14
- Les amphibiens : .....	14
- Les reptiles : .....	14
- Intérêt : .....	14
L'agroforesterie : .....	14
Définition : .....	14
Les avantages : .....	15
Le CATIE, le cacao et l'agroforesterie : .....	16

Matériel et méthodes.....	17
Sites d'études : .....	17
Choix des parcelles : .....	17
Préparation des parcelles : .....	18
Inventaire de l'herpetofaune: .....	19
Végétation associée :.....	19
Couverture ombragée : .....	19
Couverture du sol : .....	19
Présence de différentes strates arborées : .....	20
Etude des données : .....	20
Résultats et Discussion .....	21
Conclusion : .....	24
Bibliographie :.....	25
Annexes : .....	28



## **Abréviations :**

ACP :	Analyse en composantes principales
AFC :	Analyse factorielle des correspondances
APROCA :	Association de producteurs de cacao du sud-ouest du Guatemala.
ASECAN :	Association de cultivateurs de cacao de Nahualate.
CAH :	Classification ascendante hiérarchique
CATIE :	Centre agronomique tropical d'investigation et d'enseignement.
CIRAF :	Centre international de recherche en agroforesterie.
FAO :	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, des Nations Unies
IC3 :	Collection internationale de cacaoyers du CATIE
IICA :	Institut interaméricain des sciences agricoles.
INRA :	Institut national de recherches agronomiques.
PCC :	Projet cacao d'Amérique Centrale.
SAF :	Surfaces d'amortissement et de connexion des espaces fragmentés.
SAU :	Surface agricole utile

## Introduction

« *Il n'y a d'homme plus complet que celui qui a beaucoup voyagé, qui a changé vingt fois la forme de sa pensée et de sa vie* », Alphonse de Lamartine.

« *Il faut voyager pour froter et limer sa cervelle contre celle d'autrui* », Montaigne.

Ces deux citations m'ont, entre autres, poussées, pour le dernier stage de ma scolarité, à partir à l'étranger pour voir ce qui se fait ailleurs dans le cadre de la préservation de l'environnement. Cela m'a permis de prendre d'un autre point de vue tout ce qui m'a été appris durant ma scolarité et d'échanger des idées avec des personnes d'horizon et de parcours différents. Ce rapport présente une étude faite au Guatemala dans le cadre d'une étude (PPC) à plus grande ampleur, au niveau de l'Amérique centrale, avec le CATIE. Le cadre principal de cette étude est l'agroforesterie à base de cacao. Le but du PCC est de présenter les cacaoyères avec des arbres supérieurs comme des agroforêts qui pourraient suppléer les forêts naturelles qui sont en perpétuel régression et sont remplacées, le plus souvent, par des monocultures. Il s'agit d'une étude en milieu tropical pour sauvegarder la biodiversité et l'environnement tout en permettant aux hommes de vivre et de se nourrir convenablement. Pour mon étude nous avons utilisé l'herpétofaune comme indicateur du milieu et des données floristiques pour caractériser les différents milieux. Le but de mon étude est de trouver un mode de gestion favorable aux cultures tout en préservant un maximum la diversité de l'herpétofaune.

### Contexte général de l'étude :

De nombreux articles associent l'intensification des cultures avec la **perte de la biodiversité** et la diminution des fonctions environnementales. Des études ont montré que les **surfaces d'amortissement et de connexion des espaces fragmentés (SAF)** de cacao sont favorables à la biodiversité mais peu d'études montrent s'il existe un lien avec sa valeur de production. Existe-t-il un équilibre entre fonction **productive** et fonction **écologique**? Les systèmes d'agroforêts de cacao laissent penser qu'il est possible de conserver un niveau de **productivité acceptable** pour le propriétaire tout en conservant aussi un certain niveau de biodiversité, mais très peu d'études sur ce sujet ont été réalisées. Le réseau de cacaoyères paysannes installé par le PCC a donc pour objectif d'étudier le compromis entre la productivité d'un côté et certains services environnementaux, dont le maintien de la biodiversité, de l'autre. Pour cela un réseau de parcelles a été défini en posant comme hypothèse que les systèmes limitrophes de la parcelle, l'altitude, la pluviométrie, la végétation et la nature des sols affectent la productivité et la biodiversité de la parcelle de cacaoyer. Le réseau de parcelles a été établi dans les fermes des producteurs appartenant à deux coopératives : Association de producteurs de cacao du sud-ouest du Guatemala (APROCA) et Association de cultivateurs de cacao de Nahualate (ASECAN).

Les **études de l'herpétofaune** en milieux cultivés montrent que la litière procure une grande partie de la nourriture nécessaire aux reptiles et amphibiens ainsi qu'une grande variété de micros habitats utiles à la reproduction et à la protection de ces espèces. Ceci provient de l'importante couverture arborée et de la grande diversité de strates arborées présentes. Ces individus sont plus souvent retrouvés dans les milieux hétérogènes, ce qui correspond aux plantations de cacao. Dans une recherche récente effectuée à la station biologique La Selva (Costa Rica), il a été établi que 75% de la densité d'amphibiens et de reptiles de la litière, ont diminué au cours des 35 dernières années. On note cette diminution principalement en forêt, avec une baisse de 4,3% en moyennes. Cependant, dans les plantations de cacao (*Theobroma*

cacao) leurs densités ont augmenté de 3% à 4%, principalement dans les plantations abandonnées, cette variation a été attribuée à la présence litière plus importante que dans les forêts (Whitfield et al. 2007).

Néanmoins il **manque des études** sur les facteurs environnementaux et structuraux qui pourraient influencer ou favoriser une grande diversité des amphibiens et reptiles dans ces environnements hétérogènes, cette étude sur les plantations de cacao va donc essayer de combler ce vide. De plus cela permettra d'identifier si les individus vivent dans les cacaoyers ou s'il s'agit uniquement d'un moyen de lier plusieurs parcelles plus adaptées à leur mode de vie.

Le but est d'identifier **les facteurs** des agroforêts de cacao qui **impactent la productivité et la biodiversité**. Ceci sera fait grâce à l'étude des relations entre l'herpétofaune et la structure de végétation dans les agroforêts, à base de cacaoyers, et dans les forêts témoins. Cette étude est incluse dans une étude plus large du PCC avec une grande diversité de thèmes (végétation terrestre, arbres, capture de carbone, qualité de sol, pollinisateurs, etc.) dans différents pays (Panama, Costa-Rica, Nicaragua, Honduras, Belize et Guatemala).

### **Introduction bibliographique au sujet :**

L'Amérique centrale est connue pour avoir **une forte biodiversité**, en particulier celle associée aux **forêts tropicales**. Or les forêts primaires se font de plus en plus rares et de plus en plus fragmentées pour laisser la place à des monocultures. Il est alors intéressant de voir le rôle des **cultures qui bordent ces forêts** dans la conservation de la biodiversité. Pour cela, l'herpétofaune est un des bons indicateurs de la qualité de l'habitat.

Un grand nombre d'éléments prouvent que la modification des peuplements végétaux modifie la dynamique des **paysages fragmentés** (Gascon et al. 1999 ; Ricketts 2001 ; Fahrig 2003) ainsi les agroforêts, ici les plantations de cacao, pourraient jouer un rôle important en tant que **zone tampon** dans un paysage fragmenté (Perfecto et al 1996). Ces écosystèmes fournissent un habitat structurellement plus complexe que d'autres types d'utilisations des terres (Biodiversity and Conservation 2006 ; Springer 2006) et offriraient par la même une facilité de déplacement des espèces entre différentes zones fragmentées.

Etant donné que l'agriculture est pratiquée sur des terres qui, à l'origine, étaient couvertes de forêts ou d'autre habitats naturels, l'homme a introduit des espèces d'intérêt, ce qui a nécessairement abouti à la transformation des habitats et des communautés autochtones (Tilman, 2001 ; McNeely et Scherr, 2003 ; Donald, 2004). L'agriculture est largement considérée comme **la plus grande menace** envers la biodiversité et la plus grande source de destruction et de changement des habitats (Heywood et Watson, 1995 ; McNeely et Scherr, 2003). Anciennement l'agriculture menaçait directement la forêt par la **déforestation** mais actuellement cette tendance c'est amoindrie et c'est **l'intensification** (pesticides, engrais, pressions sur les ressources naturelles, fractionnement des parcelles, changement du paysage agricole...) des cultures qui menace la biodiversité. La fragmentation due à l'augmentation des petites parcelles entraîne une fragmentation des habitats ce qui est considérée comme la plus grande cause actuelle de perte de biodiversité (Soulé, 1987 ; Blaustein et al., 1994) car cette fragmentation diminue la taille des populations locales, leurs interconnexions et leur succès reproducteur (Shaffer, 1987).

Il faut trouver des solutions pour gérer les paysages agricoles et naturels et ainsi relier les parcelles agricoles, favoriser l'agriculture extensive et protéger les espaces naturels, il s'agit d'efforts de conservation fait par les agriculteurs, les entrepreneurs et L'Etat.

D'ici **2050** la demande mondiale en cacao devrait plus que **doubler**. Les décisions sur la façon de répondre à ce déficit (récupérer des terres de forêt pour planter plus de cacaoyers ou intensifier les cultures) auront de profonds et lourds effets sur les forêts tropicales humides et les espèces sauvages des pays dans lesquels les plantations de cacaoyers sont déjà présentes et **devront sûrement s'agrandir**. Le cacao pousse à l'abri de la lumière sous un ombrage assez dense qui fournit une grande potentialité d'habitats et d'espèce d'arbres différents et donc une forte biodiversité (Zapfack et al. 2002 ; Bobo et al. 2006), ces plantations traditionnelles sont souvent enrichies par des produits forestiers non ligneux (Duguma et al. 2001). Les changements de l'utilisation des terres pourraient avoir un fort impacte négatif sur la biodiversité (Philpott et Dietsch, 2003; Dietsch et al. 2004).

Les agriculteurs auront besoin de se familiariser et **d'être informé** sur le rôle des plantations de cacaoyers pour trouver un compromis entre rendement et écologie pour maintenir ou réduire les couverts ombragés dans leurs plantations (Donald 2004; Steffan-Dewenter et al. 2007).

La production agricole, dont celle de cacao, avec des interactions entre facteurs **biologiques, sociaux et économiques**, peut influencer fortement la biodiversité et les écosystèmes en changeant la composition floristique, la biomasse et les cycles biogéochimiques (Greenberg et al. 2000; Philpott et al. 2006; Philpott et al. 2008). Depuis peu, les chercheurs et les organismes de conservation de la nature prêtent attention aux écosystèmes agricoles diversifiées, dont le cacao fait partie, pour concilier conservation et développement (Schroth et al. 2004; Philpott & Armbrrecht, 2006; Bos et al. 2007).

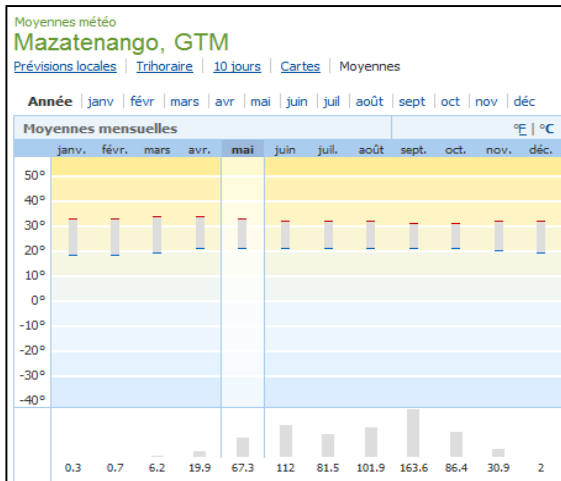
La couverture forestière comprend des vestiges de forêt primaire pour faire de l'ombre à des cultures tels que le cacao (Alger 1998). Ceci forme des complexes d'agroforêts habités par de nombreuses **espèces indigènes de plantes rare** et exploitées, de forêt ou de prairies, et d'animaux, dont certaines espèces de serpents menacées (Schroth et al. 2004 ; Argolo 2004 ; Johns 1999 ; Sambuichi 2002). Il est difficile néanmoins de savoir si **les plantations de cacao sont réellement des habitats d'intérêt floristique et faunistique** propres ou si elles ne sont que des corridors écologiques utiles au passage des espèces d'une parcelle de forêt à l'autre dans un environnement fragmenté (Ewers et Didham 2006; Kupfer et al. 2006; Faria et al. 2007).

### **Le site d'étude :**

Le Guatemala (Annexe 3) est un petit pays de 109000km<sup>2</sup> environ situé à la même latitude que l'Inde Centrale ou le Sénégal. Il possède deux frontières maritimes, les Caraïbes et le Pacifique, et quatre frontières terrestres, le Mexique, le Belize, le Honduras et le Salvador.

On y trouve une chaîne de montagne, la Sierra Madre avec un point culminant à 4200m environ et quelques volcans actifs, un plateau calcaire de forêt tropical, très peu peuplé, et la cote du pacifique, formé de savanes et forêts. A cela il faut ajouter quelques grands fleuves comme l'Usumacinta, le Motagua et le Sarstún, entre autres, et trois grands lacs qui sont Petén Itza, Atitlan et Izabal. Il s'agit d'un pays très hétérogène et avec de nombreuses ressources naturelles.

La Côte Sud est coincée entre une chaîne de volcans au nord et l'océan Pacifique au sud c'est, une plaine de 50 km de largeur en moyenne qui s'étend sur 250 km de d'ouest en est. Cette plaine est **très fertile** (cendres volcaniques) et produit de la canne à sucre, du **cacao** et du café de qualité, et de nombreux fruits exotiques.



**Suchitepéquez** (données ci-contre et annexe 4) est un département situé au sud-ouest du Guatemala bordé par Quetzaltenango, Sololá et Escuintla ; allant des montagnes jusqu'aux côtes de l'océan Pacifique. Une grande partie de la population fait partie de la communauté Maya Quiché. **Le climat chaud et pas excessivement sec** est favorable aux reptiles et aux amphibiens (voir ci-contre). On trouve une **grande diversité** de lézards et de serpents mais aussi de grenouilles, crapaud et autres amphibiens.

Document 1 : Moyennes météo de Mazatenango (Suchitepéquez)

### **Objectif principal de l'étude et sous objectifs :**

Etudier les relations entre la structure de la végétation et l'abondance et la diversité de reptiles et d'amphibiens présents dans un échantillon de 36 agroforêts, à base de cacaoyer, et 3 forêts témoins (Sujet principal du rapport) :

- Analyser le rôle de conservation de la biodiversité des plantations en agroforêts dans des publications scientifiques.
- Sensibiliser les communautés d'agriculteurs à la préservation de la biodiversité présente dans leurs cacaoyers par la diffusion d'informations simple et didactiques.

### **La structure d'accueil et ses missions :**

#### **Le CATIE :**

L'histoire du **Centre agronomique tropical d'investigation et d'enseignement** (CATIE) commence en 1940 lors du huitième congrès scientifique américain, avec l'idée de créer une institution interaméricaine pour l'agriculture tropicale qui serait un soutien pour tous les pays d'Amérique en matière de recherche et formation. Ainsi en 1942 naît l'**Institut interaméricain des sciences agricoles** (IICA) qui est basé au Costa Rica.

Peu à peu l'institut s'est développé et a englobé plusieurs pays du centre et du sud du continent. Puis avec la mise en place de différents projets et programmes d'aide vint la nécessité d'un centre dédié à la recherche appliqué en priorité : le Catie, qui voit le jour dans **les années 70**.

En 1995 s'ouvre le premier cursus d'études supérieures au Catie (dans le domaine de l'agroforesterie). D'abord mis en place pour seulement 10 ans puis renouvelé pour 20 ans, en 2000, l'Assemblée législative du Costa Rica a adopté une nouvelle loi qui donne encore vie au Centre pour 20 ans, soit **jusqu'en 2020**.

En 2003, avant la célébration de son 30<sup>ème</sup> anniversaire, le CATIE était composé de l'IICA et de **13 pays membres réguliers** : Belize, Bolivie, Colombie, Costa Rica, Salvador, Guatemala, Honduras, Mexique, Nicaragua, Panama, Paraguay, République Dominicaine et Venezuela

- **Mission:**  
Améliorer le bien-être humain et réduire la pauvreté rurale à travers l'éducation, la recherche et la coopération technique, ainsi que promouvoir la gestion durable de l'agriculture et des ressources naturelles.
- **Vision:**  
Travailler en Amérique Centrale, Amérique du Sud et dans les Caraïbes pour parvenir à un développement humain plus élevés en fournissant, en accord avec l'écosystème, des produits et des services compétitifs et durables. Le CATIE développe des actions pour renforcer et élargir l'attention sur les besoins prioritaires des pays de ces régions.
- **Message:**  
Le CATIE conjugue la science, l'enseignement de troisième cycle et une assistance technique pour réduire la pauvreté grâce à une gestion intégrée et durable de l'agriculture et à la conservation de l'environnement.

### **Le PCC (projet cacao centraméricain) :**

Le PCC travaille avec plus de **6000 familles** dans **6 pays** d'Amérique centrale (Annexe 1). La culture du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) représente une alternative durable pour les familles soucieuses de produire une culture endémique et rentable tout en respectant l'environnement. L'agroforesterie apparut comme discipline scientifique en 1978 et depuis 1979 le CATIE se **spécialisa dans l'agroforesterie** avec des cultures pérennes, notamment le café et le cacao (Somarriba et al. 2001), d'où l'idée logique de ce projet.

Le cacaoyer est lié aux **communautés indiennes** d'Amérique Centrale depuis plus de **3000 ans**. Il prend son origine sur les rives du fleuve Amazone en Amérique du Sud mais il est cultivé très tôt par les Mayas en Amérique Centrale. Des boissons au chocolat étaient préparées par les Colombiens Britanniques dès 1200, pour les personnes importantes, mais aujourd'hui les communautés s'en servent encore pour des cérémonies et le cacao est donc toujours très présent dans la culture centroaméricaine.

La production de cacao en Amérique Centrale représentant moins de 0,1% de la production mondiale elle génère toutefois un revenu important pour près de 15000 familles vivant surtout dans **des régions reculées** de ces pays. De plus le cacao centraméricain est reconnu sur les marchés américains et européens en tant que produit écologique et de haute qualité. Le PCC travaille avec dix associations et coopératives qui regroupent les 6000 familles membres. Ces familles produisent annuellement 1600 tonnes de cacao sur **8000 hectares** de plantations pour une valeur de 2,65 millions de dollars (cela représente 70% de la production de la région).

Le but du PCC est d'augmenter **la productivité et la diversité** des cultures et leur **valeur écologique** mais aussi d'améliorer la compétitivité des entreprises et les conditions de vie des familles qui y travaillent. Le PCC met aussi en place des écoles paysannes sur le terrain avec les familles de cultivateurs pour accroître leurs connaissances et leurs compétences techniques sur la culture du cacaoyer, pour **une gestion plus durable et plus respectueuse de l'environnement**. C'est dans ces écoles paysannes que l'ont va présenter et expliquer **les résultats de cette étude**. On va aussi conseiller les producteurs sur un mode de culture, suite aux résultats, en accord avec l'environnement. Pour finir la mise en place de jardins clonaux (plantations de différentes variétés de cacao sélectionnées) permet au projet de faciliter la distribution aux producteurs de matériel végétal amélioré et, à terme, **d'augmenter le rendement** des plantations.

## **Généralités sur le Cacao** (Theobroma cacao) (Annexe 2) :

Le cacao est une plante **indigène d'Amérique** naturelle dans les forêts. Anciennement utilisées pour préparer les boissons au cacao, des bonbons et surtout comme monnaie d'échange. Cela a entraîné un besoin accru de cacao et donc la culture des plants de cacao par l'homme. Pour les familles d'agriculteurs c'est une bonne affaire de produire et vendre du cacao car c'est une culture qui est toujours en demande, et typique des régions tropicales humides. De plus son prix sur le marché est relativement stable, à la différence d'autres cultures telles que le café ou le sucre.

### **Le cacao dans la région d'étude (Suchitepéquez) :**

La culture du cacao occupe une place importante dans l'économie des familles du département de Suchitepéquez, ceci depuis plusieurs générations et **sans aucune gestion technique**. Sa production **a diminuée** au cours des dernières années. Selon certaines sources, la production moyenne de la région est estimée à 2,96 quintaux de cacao sec à l'hectare. Il n'y a **pas de politiques publiques** bien définies qui entraînerait la mise en place de stratégies de mise en œuvre et d'amélioration de l'assistance technique, de la gestion post-récolte et de l'agro-artisanat. Un soutien marketing de la fabrication de chocolat et de ses dérivés devrait **accroître la production** et le revenu familial des producteurs. Des associations (ASECAN et APROCA entre autres, avec qui l'on travaille) se mettent en place et participent au PPC dans ce but.

Le gouvernement de la République du Guatemala, par l'intermédiaire du Programme d'administration présidentielle avec le peuple, a soutenu des actions visant à renforcer le développement des régions de production agricole du pays. Dans ce contexte, le secteur de la production de fruits est essentiel à la réalisation des objectifs de ce programme. En août 2009, dans le département de Suchitepéquez, la Présidence de la République du Guatemala a appelé à un soutien pour renforcer ce secteur des fruits, productif dans la région, en mettant l'accent sur certaines cultures comme le cacao.

Les cultures de cacao dans la région possèdent toutes des variables semblables à celles-ci :

- Altitude: 200-900 m.
- Précipitations: 1500 - 3000 mm
- Température moyenne: 21-26 ° C
- Drainage: bon à modéré
- Profondeur du sol: Moyen à très profond
- Ph: 5-7
- Pente: moins de 16%
- Présentes dans les zones à usages multiples.

Dans le département de Suchitepéquez il ya deux pépinières d'arbres fruitiers à des fins commerciales, qui produisent en moyenne 35000 plants de cacao en fonction de la demande dans la région. Une de ces pépinières est située à San Antonio Suchitepéquez, le lieu précis de l'étude. Cette ville concentre 22% des cacaoyers.

Selon les évaluations 0,05% du département (**soit 115ha**) sont actuellement utilisés pour la culture du cacao et 2,04% (**soit 5137ha**) réunissent des conditions favorables à cette culture, ce qui offre encore des nombreuses possibilités de culture de cacao. Si le cacao présente bien des avantages certains pour l'environnement et pour les producteurs il sera donc possible de faire d'autres cultures. Le prix par plant varie de 1,4€ 1,2€, pour une densité de 625 plants à l'hectare cela coûterait 875€ par hectare. Le prix élevé peut être un frein à la culture du cacao.

## L'herpétofaune :

« *L'herpétofaune désigne l'ensemble des espèces de reptiles et [...] d'amphibiens* ».

(Le Garff, B. *Dictionnaire étymologique de zoologie*. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 1998.)

- **Les amphibiens :** Le nom d'amphibien vient du cycle de vie en deux phases de ces animaux, une phase aquatique en premier lieu (stade larvaire) puis une phase terrestre (stade adulte). On peut différencier cette classe en plusieurs ordres dont Anoures (grenouilles et crapauds) et salamandres. Les principales caractéristiques pour reconnaître un amphibien, souvent de taille assez petite, sont une absence de poils et la présence de glandes qui permettent à la peau d'être humide constamment. Les amphibiens sont inoffensifs pour l'homme mise à part quelques dendrobatidae qui possèdent des glandes qui produisent une substance toxique, pour se défendre, dangereuse pour l'homme uniquement au contacts des muqueuses. Pour la plupart leur unique défense est le mimétisme et il n'est donc pas aisé de les remarquer aux premiers abords. Leur activité étant essentiellement nocturne cela explique les observations et relevés de terrain de nuit.
- **Les reptiles :** Le nom de reptiles vient de la façon qu'on ces animaux de ce mouvoir par reptation. Ils possèdent des pattes courtes, ou pas de pattes du tout et se déplacent donc au ras du sol. Dans cette classe on trouve les serpents, les lézards, les crocodiles et les tortues. Il s'agit d'animaux de taille et de formes diverses mais ils sont tous poïkilothermes et ont une peau dure avec des écailles.
- **Intérêt :** Amphibiens et reptiles ont un grand rôle dans le **maintient de la biodiversité**. Ils se nourrissent de petits insectes ou petits mammifères qui pourraient devenir invasif et néfaste pour les cultures. Ils sont aussi des proies pour d'autres prédateurs non nuisibles. De plus, leur zone de vie assez restreinte, leurs caractéristiques physiologiques, leur mode de vie et de reproduction et leur sensibilité à différentes perturbations du milieu, même faibles en font de bons indicateurs de la qualité d'un l'environnement restreint. Une étude montre qu'en 35 ans, sur 17 espèces d'amphibiens et de lézards étudiés, une diminution de 75% de la population a été relevée. Les densités de ces espèces ont diminués, en moyenne, de 4.5% par an depuis 1970. La diminution des ces populations peut être due à différents paramètres dont, la diminution des forets, la fragmentation des habitats et l'expansion des routes ou les insecticides et herbicides (qui impactent directement les individus ou indirectement dans la chaine trophique).

## L'agroforesterie :

### **Définition :**

La définition de référence est celle du *Centre agroforestier mondial* (ex-Centre international de recherche en agroforesterie, CIRAF) :

« *L'agroforesterie est un système dynamique de gestion des ressources naturelles reposant sur des fondements écologiques qui intègre des arbres dans les exploitations agricoles et le paysage rural et permet ainsi de diversifier et de maintenir la production afin d'améliorer les conditions sociales, économiques et environnementales de l'ensemble des utilisateurs de la terre.* »



Une autre définition intéressante de l'agroforesterie est celle donnée par Gordon & Newman en 1997 : « *Mode d'utilisation du sol qui introduit des arbres dans les systèmes de culture et qui permet la production d'arbres et de cultures de vente ou de bétail sur la même parcelle* ».

### **Les avantages :**

Une idée testée par l'INRA était de voir si en imitant la nature dans les cultures, c'est à dire en mélangeant différents arbres et herbacées on ne pouvait pas augmenter les rendements de chacune des espèces cultivées. C'est l'agroforesterie.

Outre ses qualités paysagères, qui ne doivent pas être négligées, ne serait-ce que dans une perspective touristique, l'agroforesterie permet d'augmenter la rentabilité des terres. En effet, les arbres plantés dans une parcelle, en sollicitant une surface négligeable au sol, constituent un investissement important qui rapportera plus de bénéfices que les différentes cultures dans des champs séparés.

Des associations judicieuses (par exemple 50 noyers par hectares dans un champ de blé d'hiver) permettaient d'augmenter la productivité et l'effet "puits de carbone". Si, au lieu de partager une parcelle en deux parties, l'une plantée de cinquante noyers, l'autre de blé, on pratique une association des deux espèces sur la même parcelle, la productivité de la parcelle peut augmenter jusqu'à 50%. En effet, l'énergie du soleil qui n'est plus utilisée par le blé une fois la moisson opérée au début de l'été sera rentabilisée par l'agriculteur dans la mesure où elle permettra le développement du noyer. Inversement, en hiver et au début du printemps, quand le noyer ne dispose pas encore de feuilles, l'énergie lumineuse qui serait perdue si les noyers étaient plantés seuls sur la parcelle sera utilisée par le blé au moment de sa croissance. Les arbres des agroforêts constituent un stock non négligeable de carbone, à la fois dans leur bois, mais aussi dans le sol qui est enrichi continuellement en matière organique par la décomposition de leurs racines fines et de la chute des feuilles.

Les agroforestiers peuvent créer des associations de plantes complémentaires, ce qui permet à la fois de ne pas perdre toute la production en cas de maladie ou d'événements touchant une espèce particulière. La diversification de la production, avec des arbres arrivant à maturité à des moments différents, permet un apport d'argent sur toute l'année. Les différents arbres sont mieux en mesure de se protéger les uns les autres contre les parasites et de favoriser mutuellement leur développement. Le besoin d'engrais et surtout de pesticides est alors moindre qu'en agriculture intensive classique. Cependant, l'agroforesterie n'a pas nécessairement vocation à se placer dans une perspective d'agriculture biologique : elle autorise également des pratiques agricoles dites conventionnelles.

L'arbre a un effet protecteur des cultures (brise-vent, moindres impacts des pluies violentes, grêles et insolation excessives, etc.). L'arbre, en compétition avec la culture dès sa plantation, enfonce naturellement ses racines plus profondément. Les arbres forment alors un filet racinaire qui passe sous les couches superficielles du sol occupées par les cultures. Ceci permet de décolmater le sol et favoriser la circulation capillaire de l'eau profonde, tout en permettant aux pluies de mieux s'infiltrer pour recharger la nappe. L'enracinement profond des arbres leur permet de mieux résister aux sécheresses et à la chaleur. Cet enracinement permet de récupérer les nitrates en profondeur et les surplus d'azote libre ce qui permet de limiter la pollution des nappes d'eaux. Les champignons qui vivent en symbiose avec ces bactéries augmentent la fertilité du sol et sa capacité à retenir et faire circuler l'eau et les nutriments, améliorant la productivité sylvicole et agricole. Ce complexe racinaire permet aussi de lutter contre l'érosion, la salinisation et les inondations par la limitation du ruissellement responsable des pics de crue des rivières.

Les chambres d'agriculture dans un guide édité en 2008 décrivent les atouts suivants :

- **Intérêt commercial :** Il s'agit d'une source de diversification et de revenus complémentaires avec des arbres de qualité, rentable en 20 à 50 ans, qui poussent plus vite au sein de cultures.
- **Intérêt patrimonial :** Des arbres plantés sur 10 à 20 % de la SAU d'une exploitation en augmentent la valeur commerciale et patrimoniale (incluant aspect patrimoine naturel et paysager), sans perte de revenus.
- **Intérêt environnemental :** Une double-culture bien aérée favorise les arbres, les cultures intercalaires et leurs auxiliaires protectrices.

Plus particulièrement, l'agrosylviculture est pratiquée de manière ancestrale en Amazonie allant des cultures itinérantes sous couvert forestier aux cultures intercalaires (dans des clairières sur brûlis). Le microclimat s'avère être beaucoup plus stable là où la canopée a été conservée (Wilkin, 1972).

Des cultures intercalaires d'arbres et de légumineuses ou des cultures permanentes de café ou de cacao sont courantes en Amérique du Sud. Diverses études, relayées par la FAO montraient dès les années 1960 (Hunter et Camacho) que, sous les tropiques, intercaler arbres et autres cultures augmentait les rendements. Ainsi au Costa Rica, l'hévéa (*Hevea brasiliensis*) pousse mieux avec le cacaoyer dont le rendement est également amélioré, par rapport aux monocultures de ces deux espèces originellement forestières. L'agroforesterie est très bien adaptée aux systèmes de gestion collective qui existent encore dans certains pays d'Amérique du Sud (forêts, champs et pâturages communautaires). Le cacao, comme le thé ou le café, s'y prêtent bien.

### **Le CATIE, le cacao et l'agroforesterie :**

Le CATIE (antérieurement l'IICA) a 63 ans d'expérience dans les domaines de la recherche, l'éducation et le développement sur le cacao. Durant ces années, le CATIE a été l'une des principales sources de germoplasma, connaissance et formation de ressources humaines sur le domaine du cacao en Amérique Latine. Le groupe thématique Cacao du CATIE maintient d'excellentes relations et connexions avec les principaux centres de recherche internationale, les réseaux nationaux de recherche des pays cacaoyers d'Amérique Centrale, universités, organisations de producteurs cacaoyers et autres acteurs du secteur cacaoyer latino-américain et mondiaux.

Cinq grands domaines prouvent l'expérience du CATIE en matière de cacao :

- La collection internationale de plants et graines de cacao qui permet l'échange et la vente de ces graines.
- L'amélioration génétique et la gestion intégrée des maladies et ravageurs.
- L'agroforesterie avec cacao.
- La préparation et la gestion de projets de développement de cacaoyères dans plusieurs pays d'Amérique Latine et avec plusieurs ethnies indigènes.
- L'éducation et la formation des communautés d'agriculteurs aux nouveaux procédés.

**La collection internationale de cacaoyers du CATIE (IC3)**, considérée comme la seconde mondiale, est l'unique collection dans le domaine public. La IC3 a été créée en 1944 par l'IICA pour promouvoir la distribution et l'échange de germoplasma supérieure de cultivars tropicaux de valeur.

### **Agroforesterie avec cacao :**

L'agroforesterie apparut comme discipline scientifique en 1978 et depuis 1979 le CATIE se spécialisa dans l'agroforesterie avec des cultures pérennes, notamment le café et le cacao (Somarriba et al. 2001). Au niveau du cacao, le CATIE s'est surtout centré sur la compréhension du recyclage des nutriments et la durabilité de la fertilité naturelle du site. Mais aussi sur la gestion agroforestière et ses effets sur la productivité commerciale et primaire (accumulation de biomasse et de carbone) des systèmes (Somarriba y Beer 1999). De nombreux travaux ont été dédiés à la compréhension de la gestion et de la régulation de la quantité d'ombre des SAF de cacaoyers afin d'augmenter la productivité, la diversité financière et les services environnementaux. (Andrade y Somarriba 2003; Beer et al 2003; Quesada y Somarriba 2005; Somarriba 2007; Somarriba et al. 2007).

## **Matériel et méthodes**

(À partir des données du PPC de «Protocolo general de investigaciones en herpetofauna » de Olivier Deheuvels (2009) et «Protocolo para la evaluación de la herpetofauna en los cacaotales de Centroamérica » de Grimaldo Soto (2009))

### **Sites d'études :**

La sélection des sites d'études est faite à partir d'une liste de producteurs adhérents à l'association puis par image satellites en fonction des différents types de cultures qui bordent les champs de cacao, pour voir un effet possible de la fragmentation. On cherche des parcelles les plus différentes possibles à tous les niveaux, biotique et abiotique.

### **Choix des parcelles :**

L'objectif du projet est de trouver les compromis qui existent entre la productivité des cacaoyères d'Amérique centrale et les services environnementaux qu'elles fournissent. Il a donc été choisi des parcelles présentant le plus de contrastes possibles les unes des autres. Les caractéristiques prises en compte pour juger de ces contrastes sont définie en amont pour **tout le réseau international des parcelles du PCC**.

Il a été posé l'hypothèse que le système de culture, l'environnement (essentiellement les systèmes voisins, l'altitude, la pluviométrie et les sols), et la structure du paysage, affectent la productivité du système et la biodiversité, incluant les maladies et ravageurs du cacao (par exemple la Moniliose ou des rongeurs). Ces caractéristiques auront aussi des conséquences sur la capacité du système à stocker le carbone.

La recherche des parcelles s'est faite par caractérisation après enquête dans les SAF de cacaoyers et mesures sur le terrain.

L'échantillonnage des parcelles doit:

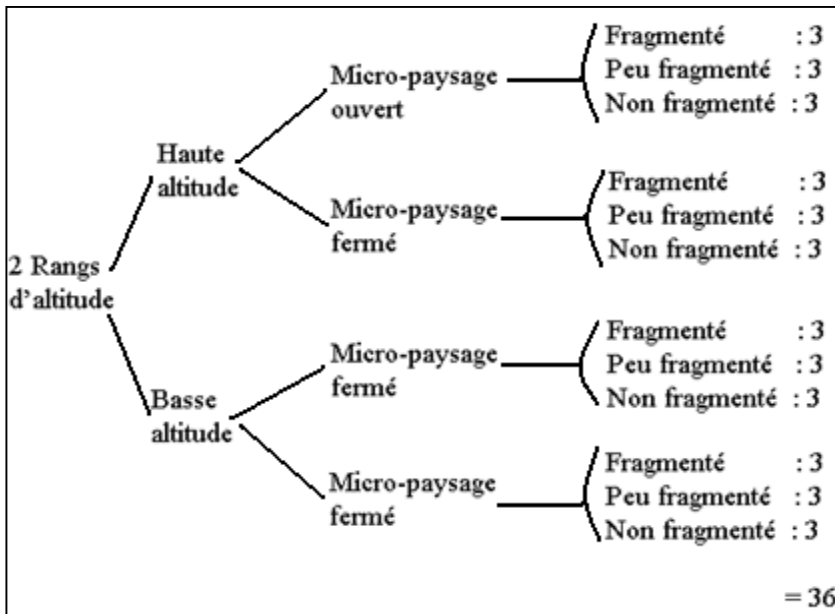
- Permettre l'observation d'un large champ de populations qui forment la biodiversité : plantes, champignons, lichens et animaux qui pourraient nuire ou non au cacao.
- Couvrir une grande diversité de types et de systèmes de cultures.
- Essayer de conserver une indépendance des variables étudiées.

L'altitude fut prise à 2 niveaux différents résumés en basse altitude, en dessous de 300 mètres, et haute altitude, au dessus de 300 mètres

Les conditions de micro-paysage, définies dans le cadre de l'étude comme la diversité d'usage des terrains et l'importance de sa couverture en forêts sont aussi définies en deux groupes :

1. Paysage ouverts : couverture en forêt faible et/ou espacé, représentant moins de 30% de la couverture du sol.
2. Paysages fermés : couverture en forêts dense et/ou continue, représentant plus de 60% de la couverture du sol.

Les conditions environnementales sont prises selon les cultures qui bordent nos cacaoyères et divisées en trois données :



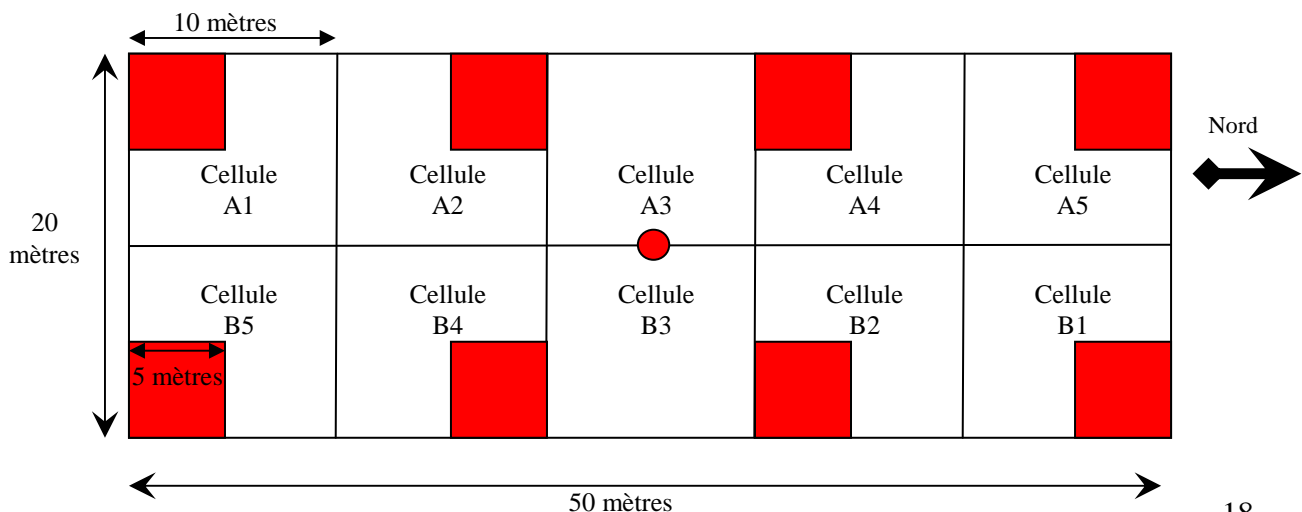
1. Fragmenté : 0 à 10% de culture de cacao alentour.
  2. Peu fragmenté : 11 à 89% de culture de cacao alentour.
  3. Non fragmenté : 90 à 100% de culture de cacao alentour.
- Toutes ces données nous ont permis de choisir un réseau de 36 parcelles (Document 2) de cacaoyers à étudier avec trois parcelles par différentes combinaisons de conditions. On étudie en plus 3 parcelles témoins de forêts.

Document 2 : Répartition et choix des parcelles

### Préparation des parcelles :

A la suite de la sélection, l'étude se fait sur les 36 champs de cacao et les 3 forêts témoins. L'étude faisant partie du projet PCC, mis en place depuis déjà plusieurs années, les champs et les parcelles ont déjà été **sélectionnés, identifiés, définies et marquées à mon arrivée** (Doc 3). Dans chaque cacaoyère une parcelle de 20x50 mètres située dans le centre de la cacaoyère est étudiée. Elle est fractionnée en 10 cellules, codées du nord au sud, de 10x10 mètres.

Pour chaque étude on relève le code de la parcelle, la date, la couverture nuageuse, la période du jour ou de la nuit, le point d'eau le plus proche et les observations nécessaires à la compréhension de l'étude. Ensuite, au début et à la fin de l'inventaire de l'herpétofaune, on note l'heure, l'humidité et la température à l'aide de l'hydro-thermomètre.



Document 3 : Dimensions et position de la parcelle dans les cultures de cacao et des cellules dans ces parcelles.

### **Inventaire de l'herpetofaune:**

Tout d'abord, au début du stage, a eut lieu une **semaine et demie d'apprentissage** dans un lieu du Guatemala différent de celui de la prise de donnée. Cette formation à la recherche, la capture, la prise de photo et l'identification de l'herpetofaune fut faite grâce au spécialiste Grimaldo Soto.

L'inventaire de cette étude se réalise sur des mini-parcelles de 5x5mètres à l'intérieur même des cellules de 10x10mètres. Le temps impartit est de 5 minutes par cellules, ce qui fait 50 minutes par parcelles. La recherche se fait de façon le plus hétéroclite possible en inventoriant dans les troncs, les branches, les herbes, sous les pierres, la litière, etc. Sans excéder les deux mètres de hauteur. On note dans quelle cellule a été trouvé chaque animal ainsi que son stade de développement, son sexe, son activité, sa classe, le substrat et sa hauteur où il a été trouvé. Pour capturer les animaux on dispose de sacs plastiques (sac congélation) pour les lézards et les amphibiens. Pour les serpents on dispose d'un rouleau à peinture qui permet de les tenir à distance pour les identifier. Pour toutes les espèces on prend des photos que l'on pourra montrer à un spécialiste qui pourrait aider à l'identification. Du fait d'une loi de conservation les animaux ne peuvent être prélevés sur le terrain.

L'inventaire se fait **quatre fois par parcelles**, deux fois au grand jour (en général entre 8H et 15H) et deux fois dans la nuit noire (en général entre 19H et 2H). Il faut éviter de faire des relevés durant les levers et couchers de soleil car se sont des moments de faible activité pour ces animaux. De même pour un minimum de perturbation (bruit et mouvements de la litière dut aux gouttes) et un maximum de concentration, il faut éviter les fortes pluies. Pour avoir un minimum de perturbation des animaux l'étude d'un même site est renouvelée au plus tôt le lendemain.

### **Végétation associée :**

#### **Couverture ombragée :**

La couverture arborée est relevées grâce à un densitomètre à miroir hémisphérique. Au centre de la parcelle, avec le densimètre tenue au niveau de la taille, on relève le reflet des feuilles des arbres qui font de l'ombre au sol. Le relevé est fait dans les directions des quatre points cardinaux. Le densitomètre est constitué de 24 cases qu'il faut elles même divisées en quatre. On calcule alors combien de cases sont remplies par le reflet des feuilles.

Le pourcentage moyen de couverture ombrageuse sur la cellule est donné par la formule :

(Somme de l'ombre des quatre points) / 4 x 1,04

#### **Couverture du sol :**

La couverture du sol est relevée dans un périmètre de 1m<sup>2</sup> fait grâce à un cadre que l'on pose sur le sol. Dans ce périmètre on relève tout ce qu'il y a, soit : ligneuse, herbacées, troncs, pierres, litière, sol nu et autres. Ces relevés sont repartit en trois classes : moins de 10cm, de 10 à 40cm et plus de 40cm. On fait aussi le pourcentage total pour chaque classe.



### **Présence de différentes strates arborées :**

Grâce à la méthode de Thiolay on estime la densité de végétation sur une stratification de 0 à 2 mètres, de 2 à 10 mètres, de 10 à 20 mètres, de 20 à 30 mètres et de plus de 30 mètres. L'estimation est faite grâce à quatre indices :

1. Indice 0 s'il n'y a pas de végétaux.
2. Indice 1 pour 1 à 30 % de densité.
3. Indice 2 pour 30 à 60 % de densité.
4. Indice 3 pour 60 à 100% de densité.

Il a aussi été utilisé certaines données floristiques susceptibles d'influencer la présence d'amphibiens et reptiles, récupérée grâce à d'autres acteurs du projet:

- Superficie de la cacaoyère dans laquelle on a placé la parcelle.
- Fragmentation du milieu, soit la proportion de cultures voisines différentes du cacao.
- Altitude de la parcelle.
- Pente la plus forte au sein de la parcelle.
- Nombre de cacaoyer dans la parcelle.

### **Etude des données :**

Une typologie intégrant les paramètres issus des études sur le terrain est réalisée.

Les variables utilisées sont les suivantes :

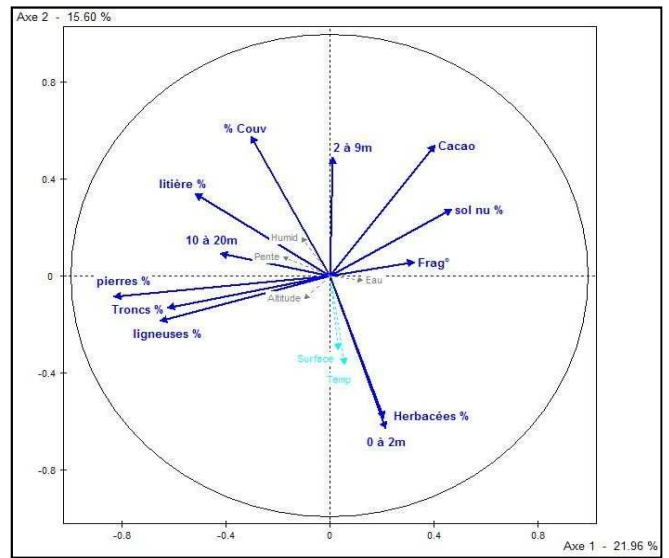
0 à 2m :	Résultats de l'étude Thiolay entre 0 et 2 mètres.
2 à 10m :	Résultats de l'étude Thiolay entre 2 et 10 mètres.
10 à 20m :	Résultats de l'étude Thiolay entre 10 et 20 mètres.
Litière % :	Pourcentage de la couverture moyenne de litière dans la couverture du sol.
Pierres % :	Pourcentage de la couverture moyenne de pierres dans la couverture du sol.
Ligneuses :	Pourcentage de la couverture moyenne de ligneuses dans la couverture du sol.
Herbacées % :	Pourcentage de la couverture moyenne d'herbacées dans la couverture du sol.
Troncs % :	Pourcentage de la couverture moyenne de troncs dans la couverture du sol.
Sol nu % :	Pourcentage de la couverture moyenne de sol nu dans la couverture du sol.
% Couv :	Pourcentage moyen de couverture ombrageuse.
Cacao :	Nombre de cacaoyers, en général de hauteur inférieure à 10 mètres.
Surface :	Superficie de la parcelle.
Temp :	Température.
Humid :	Humidité.
Pente :	Pente la plus forte calculée dans la parcelle.
Altitude :	Altitude au centre de la parcelle.
Eau :	Point d'eau le plus proche.

Une analyse en Composante Principale (ACP) normée est tout d'abord réalisée sur ces variables, à l'aide du logiciel SPAD 7.3. Une classification(CAH) agrège ensuite les parcelles étudiées suivant un algorithme de classification hiérarchique utilisant le critère d'agrégation de Ward (critère de la variance). Cette classification agrège les individus (parcelles) de façon à minimiser la variance interne de chaque classe (inertie intra-classes) et à maximiser la variance entre ces classes (inertie interclasses). Ces inerties sont calculées à partir des coordonnées des éléments à classer sur les axes factoriels sauvegardés pour la typologie (ici 5 axes nous permettent de conserver plus de 70% de l'inertie totale). J'ai choisit la coupure de l'arbre hiérarchique pour avoir un nombre de classes qui me semblaient cohérentes et avec suffisamment d'individus (Anexe : )

## Résultats et Discussion

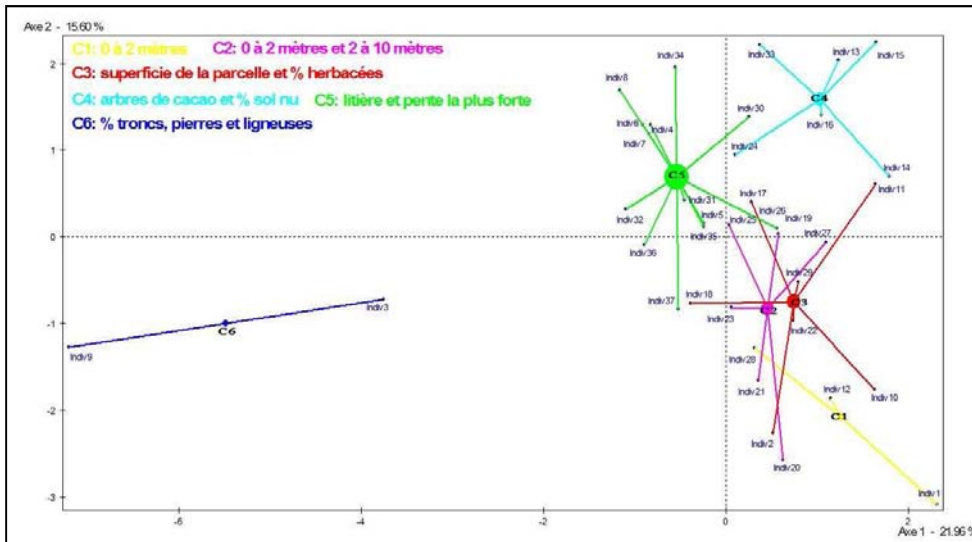
Grâce à des tableaux croisés dynamiques on vérifié la cohérence des variable sur la répartition de l'herpetofaune (Annexe 8). L'ACP est un model puissant pour les répartitions.

Ce graphique permet de voir que **l'axe 1** est majoritairement soutenu par tout ce qui à rapport aux strates basses de la végétation : pierres, ligneuses, 10 à 20m, etc. **L'axe2** est soutenu par tout ce qui touche aux strates supérieurs de la végétation : couverture, cacao, litière due aux chutes des feuilles des arbres, etc.



Graphiques 1 : Poids et sens des paramètres qui forment les axes de l'ACP

Le graphique suivant présente **les groupes d'individus** réalisés grâce à SPAD, l'éloignement des individus par rapport aux groupes, la proximité des groupes par rapport aux axes définit plus haut ainsi que les paramètres qui ont permit de former ces groupes.



Graphique 2 : Formation des groupes par la CAH

considérées comme **nos témoins**. On a alors 7 groupes à étudier.

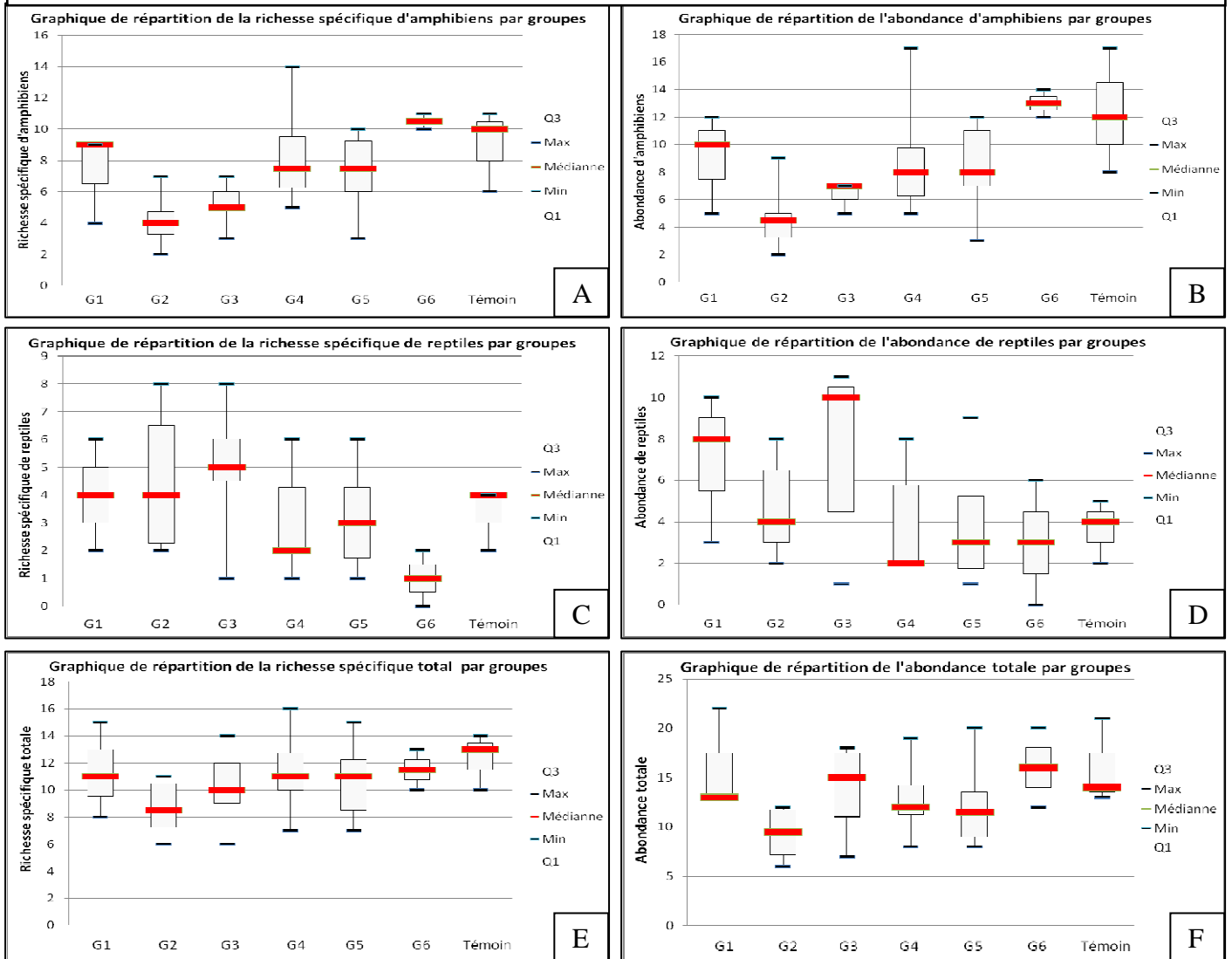
Les groupes ne sont pas formées uniquement sur un paramètre mais sur des rapprochements entre **tous les paramètres relevés**. On peut donc considérer que chaque groupe représente **un environnement** et un type de gestion de cultures différent. A ces groupes de parcelles de cacaoyers on ajoute un dernier groupe constitué de trois

La galerie graphique (Annexe 11) sert à voir rapidement les relations entre les variables de l'ACP et éventuellement détecter des points atypiques dans les corrélations.

On va étudier les différences d'abondance et de richesse spécifique de l'herpétofaune grâce à ces différents groupes décrits ci-dessous et à l'aide de graphiques :

- Groupe témoin : Présence de ligneuse ; nombreuses herbacées ; peu de litière et sol nu ; nombreux troncs et pierres ; forte densité de 0 à 2m et 2 à 10 m et grande superficie.
- Groupe 6 : Fort pourcentage de troncs, pierres et ligneux et peu d'arbres de cacao.
- Groupe 5 : Fort pourcentage de litière ; forte pente maximum de la parcelle ; faible densité végétale de 0 à 2 m et faible pourcentage de sol nu.
- Groupe 4 : Nombreux arbres de cacao ; fort pourcentage de sol nu et faible pourcentage d'herbacées.
- Groupe 3 : Fort pourcentage d'herbacées ; grande superficie de la parcelle ; faible densité végétale de 10 à 20 m et faible pourcentage de litière.
- Groupe 2 : Forte densité végétale de 0 à 2 m et de 10 à 20 m et faible fragmentation.
- Groupe 1 : Faible couverture arborée et forte densité végétale de 0 à 2 m.

Graphiques 3 : Graphiques de la richesse spécifique et l'abondance de reptiles et amphibiens par groupes, grâce à la médiane



Les graphiques A et B avec les données sur les amphibiens présentent une faible richesse spécifique et abondance dans le groupe 2, une faible richesse spécifique dans le groupe 3 et une forte richesse spécifique et abondance pour les groupes 6 et 1.

Les graphiques C et D avec les données sur les reptiles présentent une faible richesse spécifique dans le groupe 6, une forte richesse spécifique et abondance dans le groupe 3 et une forte abondance dans le groupe 1.

Les graphiques E et F avec les données totales font uniquement ressortir une plus faible richesse spécifique et abondance pour le groupe 2, sinon les autres groupes ont des résultats proches. Notre groupe témoin ne ressort pas particulièrement des autres groupes ce qui signifie que nos agroforêts de cacao ont des abondances et richesses spécifiques proche des forêts. Les cultures de cacao n'entraînent donc pas une forte perturbation de l'environnement. Il faut maintenant voir quelle gestion permettrait de favoriser encore cet avantage par rapport aux monocultures.

Le groupe 2 qui est nettement en dessous des autres au total de données peut-être expliquer par un premier paramètre qui est qu'avec une forte densité en dessous de 2 mètres il est plus difficile de repérer et relever les individus. Le second paramètre est qu'avec une faible fragmentation les individus ont plus d'espace de vie et ne sont pas cloîtrés dans une petite cacaoyère, comme lorsque l'environnement est très fragmenté, ce qui pousse les individus à se réfugier dans les SAF et entraîne une condensation de la population. Mais il est aussi possible qu'il ne s'agisse que d'un moyen de lier plusieurs parcelles plus adaptées à leur mode de vie. Il faudrait donc une étude plus poussée sur ce sujet et étudier les parcelles limitrophes.



La forte présence d'amphibiens dans les groupes 6 et 1 permet de dire qu'une faible densité d'arbres (arbres de cacao et couverture) et une grande densité de composant du sol (troncs, pierres, ligneux et densité de 0 à 2 mètres) favorisent la présence d'amphibiens. Le groupe 3 fait ressortir qu'un environnement avec un fort pourcentage d'herbacées et un faible pourcentage de litière (dû aussi à une faible densité végétale entre 2 et 10 mètre) n'est pas favorable à la présence d'amphibiens. La grande superficie peut entraîner une difficulté à rencontrer des individus plus dispersés dans la cacaoyère. On trouve aussi de nombreux amphibiens dans le groupe témoin.

Pour les données des reptiles on retrouve le groupe 1, auquel s'ajoute le groupe 3, qui possèdent des paramètres qui semblent favoriser la présence de ces animaux. Le groupe 6 au contraire semble défavorable uniquement pour la diversité de reptiles.

Les paramètres utilisés permettent de former des groupes bien différents, malgré le groupe 6 éloigné des autres qui montre que ces deux individus sont très spécifiques et avec des paramètres uniques. La décision de prendre 6 groupes, plus un groupe témoin, vient du fait qu'avec 36 individus cela fait 6 individus par groupes en moyenne et prendre plus de groupes entraînerait une trop faible densité d'individus par groupes. Le choix du nombre de groupe est aussi guidé par l'arbre de répartition (Annexe 12). Le nombre d'individus est assez juste pour faire des statistiques et avoir des résultats mais les parcelles étaient identifiées et étudiées bien avant mon arrivée. Pour ce qui est du nombre de paramètres discriminants relevés cela permet de former des groupes cohérents, aussi grâce à certaines données récupérées par d'autres étudiants sur la végétation. Les paramètres de l'étude ont été gardés car ils permettent d'identifier différents type de strates de la végétation, et donc d'avoir différents biotopes stratifiés en résultats. Il se pourrait qu'il y ait d'autres paramètres discriminants intéressants mais cela paraît suffisant dans l'étude et au vu du nombre d'individus.

Pour avoir un point de vue différent et complémentaire il serait intéressant de faire une AFC avec ces données et de pousser un peu plus loin l'identification. Pour une prochaine étude il serait aussi intéressant de prendre un groupe de monocultures en plus du groupe de forêts pour voir s'il y a une grande différence, ou pas. Il est en effet courant de voir, après la coupe de champs de canne à sucre, de nombreux vautours qui viennent se nourrir de serpents et lézards.

Les résultats que nous obtenons permettent d'établir un écosystème type pour les plantations de cacao qui permettrait d'optimiser la biodiversité des champs. C'est vers une culture type de cette forme qu'on voudrait que tous les propriétaires arrivent à la fin de l'étude totale du PCC. Les autres études du PCC vont peut être permettre de confirmer cette étude et de relever aussi les paramètres permettant optimiser la rentabilité. Ainsi en regroupant les deux types d'études, biodiversité et productivité, on obtiendra un type de culture permettant un compromis entre une bonne conservation de l'environnement (biodiversité végétale et animale) et une productivité suffisante et diversifiée pour les propriétaires tout au long de l'année. Cette étude montre que la présence d'une bonne hétérogénéité des objets du sol, herbacées, pierres, ligneuses, troncs et litière, mais sans excès de l'un d'eux, permet d'obtenir de nombreux individus et une bonne richesse spécifique. Ceci doit être dû au fait qu'il y a de nombreux insectes qui font de bonnes proies et des caches pour que l'herpétofaune y vive, se reproduise et se protège. Pour la strate supérieure on trouve qu'une faible densité d'arbres en général permet aussi une grande variété d'individus. On peut le justifier par le fait que ces animaux nécessitent de l'eau (de pluie surtout pour les amphibiens), et du soleil (pour ces animaux poïkilotherme). Les arbres hauts peuvent capter toutes la lumière et l'eau de pluie qui ferait défaut à l'herpétofaune. La température et l'humidité n'ont pas été prises en compte mais elles peuvent jouer un rôle sur la répartition de l'herpétofaune (Annexe 9).

## Conclusion :

De notre étude on refait sortir une parcelle type qui serait très hétérogène et assez fournies dans les strates inférieures de la végétation et, au contraire, avec une assez faible densité d'arbres supérieurs. Ceci permettra de donner des conseils aux producteurs pour gérer leurs cultures en accord avec l'environnement. Il faudra quand même préserver les arbres hauts qui servent à faire de l'ombre au cacao, qui en a besoin surtout dans ces premières années. Ces arbres hauts permettent aussi un apport financier et nutritif non négligeable car ils fournissent du bois et des fruits. Tous les producteurs chez qui ont été faites les études se sont engagés à suivre des conseils pour accorder l'amélioration de leur production avec un maintien et un respect de l'environnement grâce aux associations dont ils font partie. Néanmoins il serait intéressant d'attendre les autres parties du projet PCC car certains doutes persistent. Dans les parcelles très fournies au niveau du sol il est difficile de rencontrer toutes les espèces qui peuvent se cacher plus facilement, mais dans les espaces dégagés les animaux ont une vue plus dégagée et peuvent s'enfuir avant notre arrivée.

Un des grands problèmes techniques de cette étude est le fait que de nombreux guides différents qui nous ont accompagnés dans cet environnement inconnu. Ces guides n'étaient pas tous d'accord sur l'emplacement des parcelles et souvent la délimitation des parcelles par piquet n'était plus présente, il fallait alors suivre les souvenirs du guide. Pour la reconnaissance de l'herpétofaune je n'y connaissais rien et les échanges avec mon spécialiste scientifique étaient peu probants. Malgré un début d'identification uniquement grâce à des livres je me suis finalement limité à la différence entre espèces sans les nommer. Après tous les problèmes techniques de prise de données, la rédaction du rapport et l'identification des espèces ont commencé uniquement à mon retour en France.

Les limites du pays et de la structure d'accueil ont eu un fort impacte sur la prise de données. Des prises de données ont été faites de nuit mais sans moyen de transport et avec des bus qui ne passent pas de nuit il m'a fallu attendre trois mois et demi pour avoir une moto, ce qui a fait que les relevés de nuit ont été faits pendant la période des pluies, nombreux amphibiens, et les relevés de nuit durant la période sèche, nombreux reptiles. De plus la communication dans le pays avec la structure mais aussi avec le maître de stage Olivier ont été très difficiles par un manque de réponses claires et un accès à internet limité.

Le maître de stage étant resté tout le long de mon stage au Costa Rica je n'ai pas eu l'occasion de le rencontrer, malgré ma demande avant le stage qui a reçu une réponse positive. Pour le logement il a fallu un peu de temps, et passer des nuits chez des producteurs, avant de trouver un endroit convenable. Pour finir nous n'avons pas eu de moyens de communiquer, malgré une demande incessante, avec les étudiants qui faisaient les mêmes études dans d'autres endroits. Étant donné que le projet est réalisé dans différents pays il faut que le protocole soit le même mais en raison des différences de terrain et de moyens techniques je pense, après coup, qu'il faudrait adapter le protocole à chaque site, ce que le bureau n'a pas voulu faire...

Les structures humaines jouent un grand rôle dans la biodiversité et ne sont pas encore beaucoup prises en compte. Par exemple de nombreux individus se font écraser sur la route, ceci est dû au fait que, la nuit, avec la lumière, les amphibiens et lézards y trouvent de nombreuses proies, la nuit les lézards profitent de l'asphalte pour se réchauffer. Une grande diversité et une importante quantité d'individus est alors présente sur les chemins qui offrent en plus une bonne visibilité de l'approche des prédateurs, ceci peut être bénéfique pour la diversité et la sélection naturelle. À contrario de nombreuses poules sont présentes aux alentours des habitations, ces dernières grattent la terre pour chercher des graines mais se nourrissent aussi bien d'amphibiens et de reptiles. L'herpétofaune est donc pauvre dans ces endroits.

## Bibliographie :

**Cette liste inclut des références qui n'ont pas été citées spécifiquement, mais qui ont été utiles ou ont apporté des informations supplémentaires pour l'étude.**

Publications :

- Acevedo Manuel. **Anfibios y reptiles de Guatemala: una breve síntesis con bibliografía.** Museo Nacional de Historia Natural "Jorge A. Ibarra".
- Barlow J. et al. **Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary and plantation forests.** *The National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 18555–18560.
- Barlow J., Gardner A. et al. 2007. **The Value of Primary, Secondary, and Plantation Forests for a Neotropical Herpetofauna.** *Biological Conservation*, April 136: 212–231 .
- Bisseleua D.H.B., Missouf A.D. and Vidal S. 2009. **Biodiversity conservation, ecosystem functioning, and economic incentives under cocoa agroforestry intensification.** *Conservation Biology*. 23(5): 1176–1184.
- CIRAD et CATIE, 2009. **Producción y ambiente en cacaotales, la red de investigación del PCC en Centroamérica.**
- Faria D. et al. 2007. **Ferns, frogs, lizards, birds and bats in forest fragments and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest, Brazil.** *Biodiversity and Conservation*. 16: 2335–2357.
- Faria D., Laps R.R., Baumgarten J. and Cetra M. 2006. **Bat and bird assemblages from forests and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest of southern Bahia, Brazil.** *Biodiversity and Conservation*. 15: 587–612.
- García Anleu, Rony Alberto. **Caracterización ecológica de la herpetofauna del Parque Nacional Sierra de Lacandón, Petén, La Libertad, Guatemala / Rony Alberto García Anleu.** Guatemala : USAC, 1999. Tesis (Biólogo), USAC.
- HEINEN J. T. et al. 1992. **Comparisons of the leaf litter herpetofauna in abandoned cacao plantations and primary rain forest in Costa Rica.** *Biotropica*. 24(3) 431–439
- Johanboeke M. 1974. **Collecting on a Costa Rican cacao farm.** *Bulletin of the Philadelphia Herpetological Society*. 22: 27–32.
- Joly P., Morand C. and Cohas A. 2003. **Habitat fragmentation and amphibian conservation: building a tool for assessing landscape matrix connectivity.** *Comptes Rendus Biologies* 326S: 132–S139.
- Joly P. et al. 2001. **Habitat matrix effects on pond occupancy in newts.** *Conservation Biology* 15(1): 239–248
- Kappelle M. et al. 2005. **Assessing linkages between agriculture and biodiversity in Central America: Historical overview and future perspectives.** *The Nature Conservancy*.
- Kati V. et al. 2004. **Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale.** *Conservation biology*. 18(3): 667–675.
- King D.I. et al. 2007. **An evaluation of the contribution of cultivated allspice (*Pimenta dioca*) to vertebrate biodiversity conservation in Nicaragua.** *Biodiversity and Conservation* 16(4): 1299–1320.

- Lieberman S.S. 1986 **Ecology of the leaf litter herpetofauna of a neotropical rain forest: La Selva, Costa Rica.** Acta Zoológica Mexicana. 15: 1–72.
  
- McNeely J.A. 2004. **Nature vs. nurture: managing relationships between forests, agroforestry and wild biodiversity.** Agroforestry Systems 61: 155–165.
- Oke D.O. et Odebiyi K.A. 2007. **Traditional cocoa-based agroforestry and forest species conservation in Ondo State, Nigeria.** Agriculture, Ecosystems and Environment 122: 305–311.
- Quiroga G.S. 2008. **Contribucion al conocimiento del paisaje de cacaotales, como hábitat para el mantenimiento de la diversidad de herpetofauna en Talamanca, Costa rica.** Thèse.
- Ray N., Lehmann A. and Joly P. 2002. **Modeling spatial distribution of amphibian populations: a GIS approach based on habitat matrix permeability.** Biodiversity and Conservation. 11: 2143–2165.
- Ribeiro-Júnior A., Gardner A. and Ávila-Pires T. **Evaluating the Effectiveness of Herpetofaunal Sampling Techniques across a Gradient of Habitat Change in a Tropical Forest Landscape.** Journal of Herpetology 42(4): 733-749.
- Rice R.A. and Greenberg R. 2000. **Cacao cultivation and the conservation of biological diversity.** Ambio. 29(3): 167–173
- Schroth G. and Harvey C.A. 2007. **Biodiversity conservation in cocoa production landscapes: an overview.** Biodiversity and Conservation. 16: 2237–2244.
- Scott N.J. Jr. 1976. **The abundance and diversity of the herpetofaunas of tropical forest litter.** Biotropica 8(1): 41–58.
- Slowinski J.B and Crother B.I. 1987. **Diel differences in leaf-litter abundances of several species of reptiles and amphibians in an abandoned cacao grove in Costa Rica.** Revista de Biología Tropical. 35(2): 349–350
- Steffan-Dewenter I. 2007. **Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification.** The National Academy of Sciences of the USA. 104(12): 4973–4978.
- Swift M.J., Izac A.-M.N., Van Noordwijk M. 2004. **Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes, are we asking the right questions?** Agriculture, Ecosystems and Environment 104: 113–134.
- Wake D.B. 2007. **Climate change implicated in amphibian and lizard declines.** The National Academy of Sciences of the USA. 104(20): 8201–8202
- Watling J.I. and Donnelly M.A. 2002. **Seasonal patterns of reproduction and abundance of leaf litter frogs in a Central American rainforest.** The Zoological Society of London. 258: 269–276.
- Whitfield S.M. and Pierce M.S.F. 2005. **Tree buttress microhabitat use by a neotropical leaf-litter herpetofauna.** Journal of Herpetology. 39(2): 192–198.
- Whitfield S.M. et al 2007. **From the cover: Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica.** The National Academy of Sciences of the USA. 104: 8352–8356.
- Williams N. **Protection fails to stem amphibian decline.** Magazine Current Biology. 17(10) R339.
- Young A.M. 1979. **Arboreal movement and tadpole-carrying behavior of Dendrobates pumilio Schmidt (dendrobatidae) in Northeastern Costa Rica.** Biotropica. 11(3): 239

#### Sites internet :

- <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19426005.600-leaf-loss-adds-to-frogs-woes.html>
- <http://www.uta.edu/biology/campbell/guatemala/>
- <http://nationalzoo.si.edu/ConservationandScience/MigratoryBirds/research/cacao/default.cfm>
- <http://news.mongabay.com/2007/0416-frogs.html>
- <http://news.mongabay.com/2007/0809-cacao.html>
- <http://notexactlyrocketscience.wordpress.com/2007/04/27/climate-change-responsible-for-decline-of-costa-rican-amphibians-and-reptiles/>
- <http://www.globalamphibians.org/servlet/GAA?searchName=Bufo+sternosignatus>
- <http://www.ots.duke.edu/en/education/ots-1.shtml>
- <http://amphibiaweb.org/>
- <http://www.reptile-database.org/>

#### Livres :

- Clave ilustrada preliminar para la determinación de la herpetofauna del biotopo para la conservación del Quetzal. Mario Dary Rivera and Bruno Van den Brule. Guatemala : CECON, 1982.
- A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world, The Lowlands of Mexico, Northern Guatemala, and Belize. Julian C. Lee. A Comstock Book
- Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatan and Belize par Jonathan A. Campbell

## Annexes :

Pays	Coordinateur	Thème de recherche	Avancement	Personne en charge
<b>PANAMA</b>	Rolando CERDA	Structure du paysage	Terminé	Henry Mavisoy (Col.)
		Végétation terrestre	Terminé	Guadalupe Avila
		Capture de Carbone	Terminé	
		Herpétofaune	Terminé	Rolando Gutierrez (Col)
		Calité du sol	Terminé	Laura Cotrina (Peru)
		Polinizateurs	A faire	ClaudioCordoba -Pa,2010
<b>COSTA RICA</b>		Structure du paysage	Terminé	Olivier Dehevels (Fr)
		Végétation terrestre	Terminé	Olivier Dehevels (Fr)
		Capture de Carbone	A compléter	Tania Ch (Colombia)
		Herpétofaune	Terminé	Grimaldo Soto (Bolivia)
		Calité du sol	Terminé	Guillaume X Rousseau (Fr)
		Polinizateurs	Terminé	Julio Cesar Bravo (Col)
<b>NICARAGUA</b>	Luis OROZCO	Structure du paysage	Terminé	Daniel, Ana, Merlin, Aura, Byron
		Végétation terrestre	Terminé	
		Capture de Carbone	Terminé	Veronica Poveda
		Herpétofaune	A compléter	Byron Molinares (Nic)
		Calité du sol	A compléter	Daniel y Merlin
		Polinizateurs	A compléter	Julio Bravo + Ana Alaniz
<b>GUATEMALA Alta Vera Paz</b>	Eduardo SAY	Structure du paysage	A compléter	Jairo (Gua) + Henry (Col)
		Végétation terrestre	A compléter	Henry Mavisoy (Col.)
		Capture de Carbone	A compléter	
		Herpétofaune	A faire	
		Calité du sol	A faire	Aurore Cavalier (Fr)
		Polinizateurs	A faire	Ana Silvia Morales (Gua)
<b>GUATEMALA Costa Sur</b>		Structure du paysage	A compléter	Robinson Cabezas (Col)
		Végétation terrestre	A faire	Hector Davila (Gua)
		Capture de Carbone	A faire	
		Herpétofaune	A compléter	
		Calité du sol	A compléter	Laura Saenz (Guatemala)
		Polinizateurs	A compléter	Robinson Cabezas (Col)
<b>HONDURAS</b>	Carlos ASTORGA	Structure du paysage	A compléter	Carlos Andino
		Végétation terrestre	A faire	
		Capture de Carbone	A faire	
		Herpétofaune	A compléter	Carlos Andino
		Calité du sol	A faire	
		Polinizateurs	A faire	
<b>BELIZE</b>		Structure du paysage	A faire	Olivier Dehevels (Fr)
		Végétation terrestre	A faire	Olivier Dehevels (Fr)
		Capture de Carbone	A faire	Rolando Cerda
		Herpétofaune	A faire	Grimaldo Soto (Bolivia)
		Calité du sol	A faire	Guillaume X. Rousseau (Fr)
		Polinizateurs	A faire	Rolando Cerda

Annexe 1 : Tableau des études du PCC et de leur avancée dans tous les pays

## ***Fiche technique du cacao***

### **Les Exigences Climatiques**

Les facteurs climatiques essentiels au développement de cacao sont la température et la pluie. Le vent et la lumière ou le rayonnement solaire jouent aussi un rôle car le cacao est une plante ombrophile. L'humidité relative est également importante car elle peut contribuer à la propagation de certaines maladies des fruits. Ces exigences climatiques font que la culture du cacao est concentrée dans les basses terres tropicales.

### **La Température**

Le cacao ne supporte pas les températures basses, sa limite est une moyenne annuelle de 21°C pour de bonnes fleurs et une bonne cultivabilité, le minimum absolu est de 10°C. Les températures trop élevée peuvent causer des changements physiologiques et les arbres doivent donc rester à l'ombre sans rayonnement solaire fort direct. Température détermine la formation de fleurs, à 25°C les fleurs sont normales et abondantes.

### **L'Eau**

Le cacao est sensible au manque d'eau aussi bien qu'aux inondations, il nécessite alors un bon drainage du sol. Une inondation ou une stagnation asphyxie les racines et provoque la mort de l'arbre en un temps très court. Les besoins en eau varient entre 1500 et 2500 mm dans les plaines chaudes et entre 1200 et 1500 mm dans les zones plus fraîches ou les hautes vallées. Le taux d'humidité optimal est de 85 %. Les périodes sèches ne doivent pas excéder trois mois.

### **Le Vent**



Des vents soutenus peuvent provoquer le dessèchement, la mort et la chute des feuilles et des fruits. Par conséquent différentes espèces d'arbres peu sensibles au vent et intéressantes pour le producteur (fruits et bois) sont disposés autour des arbres de cacao pour faire brise vent.

### **L'Ombre**

Le cacao est une culture typiquement ombrophile. L'ombrage permet aux jeunes plants d'acquérir un bon développement et de limiter la croissance des mauvaises herbes. Le rayonnement doit être d'environ 50% durant les quatre premières années puis il peut passer à 70% lorsque les arbres sont bien installés. La mise en place de l'ombrage permet aussi de faire coupe vent et le même style d'arbre est utilisé (ici on trouve du bois d'œuvre, de la banane, de l'avocat, de la coco, de la mangue, etc.)

### **Le Sol**

Cacao nécessite des sols riches en matière organique avec un bon drainage et une topographie régulière. Le facteur limitant dans le développement du cacao sol est la couche mince humique qui se dégrade très rapidement lorsque la surface du sol est fortement exposée au soleil, au vent et à la pluie. Il est donc courant d'utiliser des légumineuses qui fournissent la protection nécessaire du sol et sont une source constante de substances azotées pour la culture.

 <p>avec, au centre, une couronne de laurier et un oiseau (le quetzal) (1871)</p> <p><b>Région</b> Amérique Centrale</p> <p><b>Superficie</b> 108 889 Km2 (soit 1/5 de la France)</p> <p><b>Monnaie Nationale</b> Quetzal : env. 1Q = 0,09€</p> <p><b>Devise Nationale</b> Liberté (Libertad!)</p> <p>Le secteur agricole représente environ <b>10% du PIB</b> et emploie plus de <b>50% de la population active</b>.</p>	<p><b>Nom officiel</b> République du Guatemala (Republica de Guatemala)</p> <p><b>Chef de l'état</b> Óscar Berger Perdomo (depuis le 14/1/2004). Álvaro Colom élu le 4/11/2007.</p> <p><b>Régime politique</b> République</p> <p><b>Indépendance</b> 15 septembre 1821 (d'Espagne)</p> <p><b>Langue officielle</b> Espagnol</p> <p><b>Capitale</b> Ciudad de Guatemala (22 départements)</p> <p><b>Taux de migration</b> - 1,63 ‰ (2005)</p>	<p><b>Localisation :</b></p> 	<p><b>Population</b> 12 728 111 hab. (<b>Juillet 2007</b>) soit 1/5 de la France</p> <p><b>Densité de Pop.</b> 116.64 hab./Km2</p> <p><b>Espérance de vie</b> 69.69 ans (en 2007)</p> <p><b>instruction</b> 70.6% (en 2003)</p> <p><b>Indice de Développement Humain (rang mondial)</b> 0,663 (117) (2003)</p> <p><b>Fête(s) Nationale(s)</b> 15 septembre (Indépendance, 1821), 20 octobre (Révolution, 1944)</p> <p><b>Devise Nationale</b> Liberté (Libertad!)</p>	<p><b>PIB</b> \$35.25 milliards (2006.)</p> <p><b>PIB par habitant</b> \$4.900 ( 2006.)</p> <p><b>Population sous le seuil de pauvreté</b> 56.2% (2004.)</p> <p><b>Exportation</b> \$3.71 milliards f.o.b. (2006.)</p> <p><b>Réserves en Devise et en Or</b> \$4.061 milliards (2006.)</p> <p><b>Taux de croissance</b> 2,6% (2001)</p> <p><b>Taux de natalité</b> 34,61 ‰ (2001)</p>	<p><b>Taux de croissance</b> 4.6% (2006.)</p> <p><b>Dépenses militaires</b> 0.4% (2006)</p> <p><b>Taux de chômage</b> 3.2% (2005.)</p> <p><b>Taux d'infiltration</b> 5.8% (2006)</p> <p><b>Importation</b> \$9.911 milliards f.o.b. (2006.)</p> <p><b>Pnb</b> 23,486 Milliard(s) de dollars</p> <p><b>Taux de mortalité</b> 6,79 ‰ (2001)</p>
<p><b>Lignes de téléphone</b> : 1 450 000 (2005) ; <b>Téléphones portables</b> : 4 640 000 (2005) ; <b>Postes de radio</b> : 1 835 000 (2003) ; <b>Postes de télévision</b> : 2,3 millions (2003) ; <b>Utilisateurs d'Internet</b> : 165 000 (2003) ; <b>Nombre de fournisseurs d'accès internet</b> : 9 (2003) ; <b>Routes</b> : 13 856 km (dont 4 370 km goudronnés) (1998) ; <b>Voies ferrées</b> : 884 km ; <b>Voies navigables</b> : 990 km ; <b>Nombre d'aéroports</b> : 477 (dont 11 avec des pistes goudronnées) (2000) ; <b>Nombre d'homicides</b> : 14 000 sous la présidence d'Alfonso Portillo (2000-2004) et 21 509 en 2004-2007 (soit une dizaine par jour, essentiellement par arme à feu)</p>					
<p><b>L'espagnol est la seule langue officielle.</b> Cependant tous les Amérindiens ne la comprennent pas et si les quatre autres langues les plus parlées sont le quiché, le mam, le cakchiquel et le kekchi, dans les multiples communautés que compte le Guatemala il est parlé <b>23 langues différentes</b>.</p>					
<p><b>Toponymie</b> : Guatemala viendrait du nahoatl « Coactlmoctli-lan », qui signifie « pays de l'oiseau qui mange des serpents ».</p> <p><b>Symbole</b> : le Guatemala a adopté pour symbole le <b>Quetzal</b> (nom de la monnaie), un oiseau au plumage vert et rouge, qui se laisse mourir en captivité.</p>					

Annexe 3 : Tableau récapitulatif des données du Guatemala



Moyennes mensuelles		°E   °C
janvier	Moy. inf. : 19° Moy. sup. : 34° Précip. moy. : 0.3 mm	
février	Moy. inf. : 19° Moy. sup. : 34° Précip. moy. : 0.7 mm	
mars	Moy. inf. : 20° Moy. sup. : 35° Précip. moy. : 6.2 mm	
avril	Moy. inf. : 22° Moy. sup. : 35° Précip. moy. : 19.9 mm	
mai	Moy. inf. : 22° Moy. sup. : 34° Précip. moy. : 67.3 mm	
juin	Moy. inf. : 22° Moy. sup. : 33° Précip. moy. : 112 mm	
juillet	Moy. inf. : 22° Moy. sup. : 33° Précip. moy. : 81.5 mm	
août	Moy. inf. : 22° Moy. sup. : 33° Précip. moy. : 101.9 mm	
septembre	Moy. inf. : 22° Moy. sup. : 32° Précip. moy. : 163.6 mm	
octobre	Moy. inf. : 22° Moy. sup. : 32° Précip. moy. : 86.4 mm	
novembre	Moy. inf. : 21° Moy. sup. : 33° Précip. moy. : 30.9 mm	
décembre	Moy. inf. : 20° Moy. sup. : 33° Précip. moy. : 2 mm	

ives à la zone d'étude

## Departamento de Suchitepéquez (Département de Suchitepéquez)



### Armoiries



### Localisation du département de Suchitepéquez dans le Guatemala

#### Administration

<b>Pays</b>	<a href="#">Guatemala</a>
<b>Type</b>	<a href="#">Département</a>
<b>Chef-lieu</b>	<a href="#">Mazatenango</a>

#### Géographie

<b>Superficie</b>	2 510 km <sup>2</sup>
-------------------	-----------------------

#### Démographie

<b>Population</b>	403 945 hab. (est. 2003)
<b>Densité</b>	160,9 hab./km <sup>2</sup>

EN CADA CELDA DEL CUADRO DE MUESTREO																						
Nombre y apellidos de los OBSERVADORES										FECHA								CODIGO CACAOTAL				
COBERTURA HERBACEA EN CADA CELDA																						
(Datos tomados en % de cobertura de la superficie de un cuadro de 1 m de lado ubicado en el centro de cada celda)																						
Celdas		A1				A2				A3				A4				A5				
Lectura		%	Baja	Media	Alta	%	Baja	Media	Alta	%	Baja	Media	Alta	%	Baja	Media	Alta	%	Baja	Media	Alta	
Helechos :																						
Leñosas :																						
Gramineas :																						
Otras herbáceas o rastreras																						
Musgos :																						
Hojarasca :																						
Tronco :																						
Suelo desnudo :																						
Piedra :																						
Otro :																						
Celdas		B5				B4				B3				B2				B1				
Lectura		%	Baja	Media	Alta	%	Baja	Media	Alta	%	Baja	Media	Alta	%	Baja	Media	Alta	%	Baja	Media	Alta	
Helechos :																						
Leñosas :																						
Gramineas :																						
Otras herbáceas o rastreras																						
Musgos :																						
Hojarasca :																						
Tronco :																						
Suelo desnudo :																						
Piedra :																						
Otro :																						

EN EL CACAOTAL			
Nombres y apellidos de los OBSERVADORES		FECHA	
CODIGO CACAOTAL			
FLORACION DEL CACAO	CANTIDAD DE FLORES		
	MUCHAS		POCAS

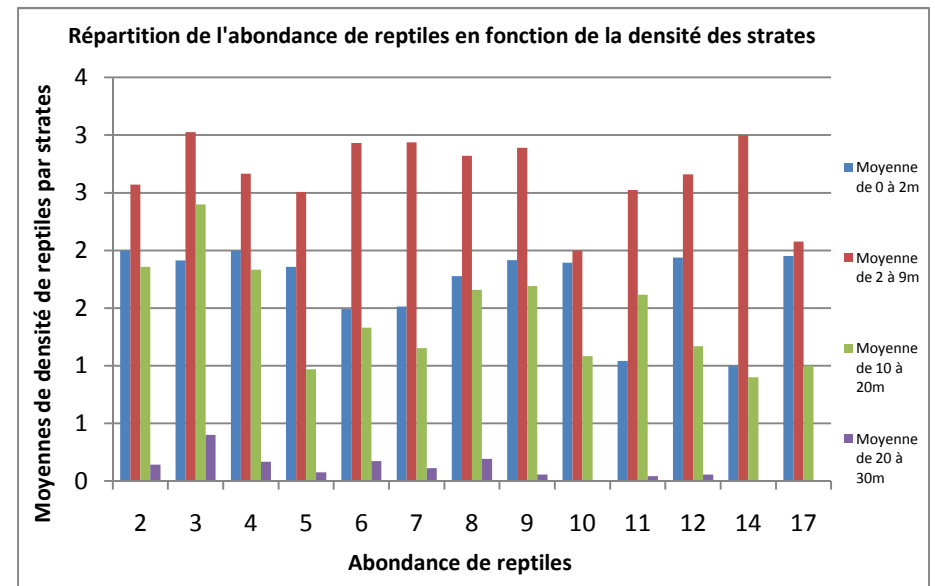
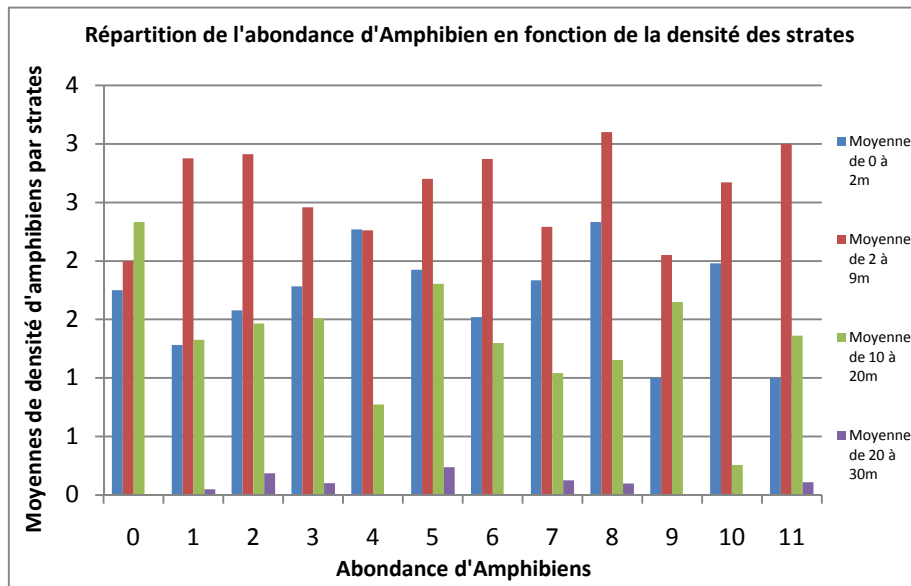
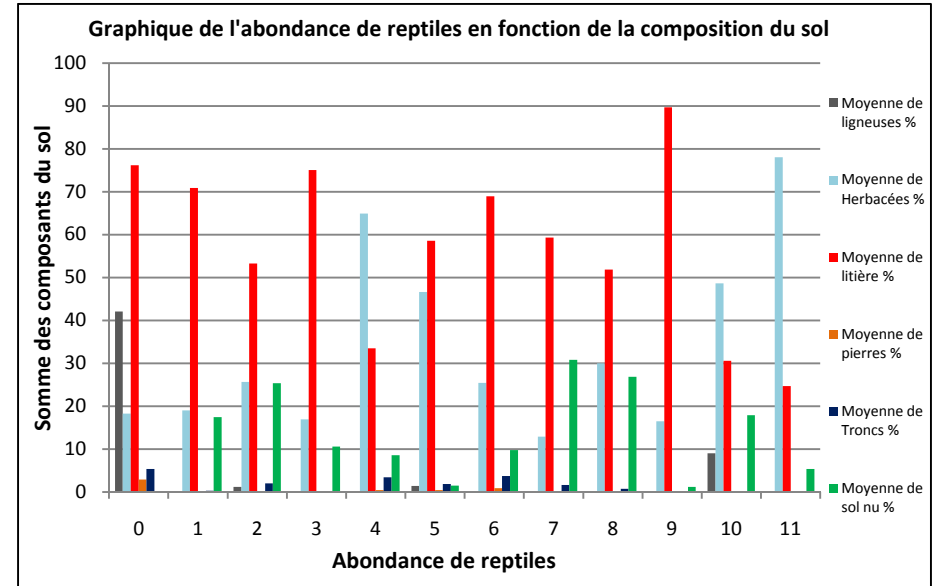
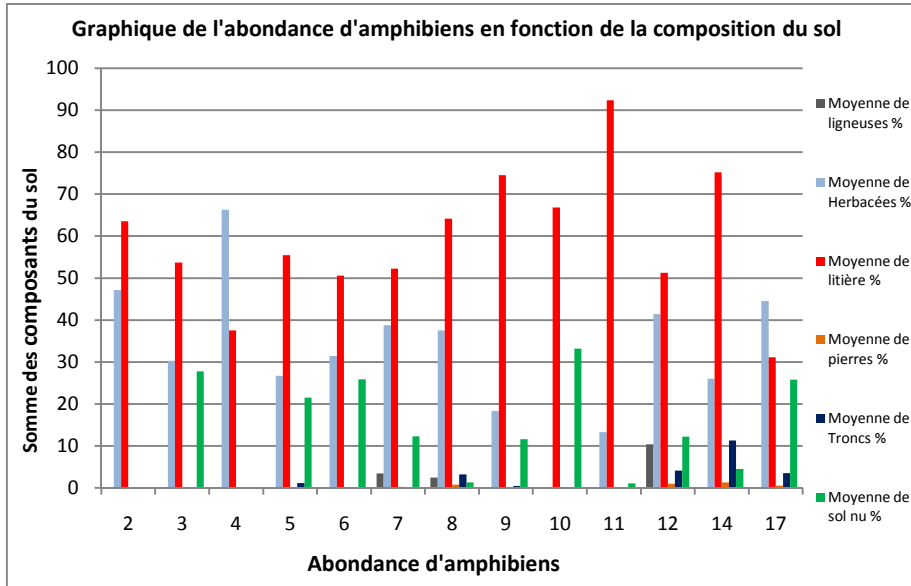
EN EL CUADRO DE MUESTREO												
4		<b>CANTIDAD DE SOMBRA DEL ESTRATO ALTO</b> (TRES PUNTOS en espacios SIN CACAO, 4 lecturas por punto) Se notan : número de cuadros con sombra / número de cuadros sin sombra de cacao observados										
		Punto 1			Punto 2				Punto 3			
Puntos	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste
Lecturas												

EN CADA CELDA DEL CUADRO DE MUESTREO																					
4		<b>CANTIDAD DE SOMBRA EN CADA CELDA</b> (Datos tomados en el centro de cada celda, 4 lecturas por punto) Se nota el número de cuadros con sombra																			
		A1				A2				A3				A4				A5			
Celdas	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	
Lecturas																					
#																					
Celdas	B5				B4				B3				B2				B1				
Lecturas	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	
#																					

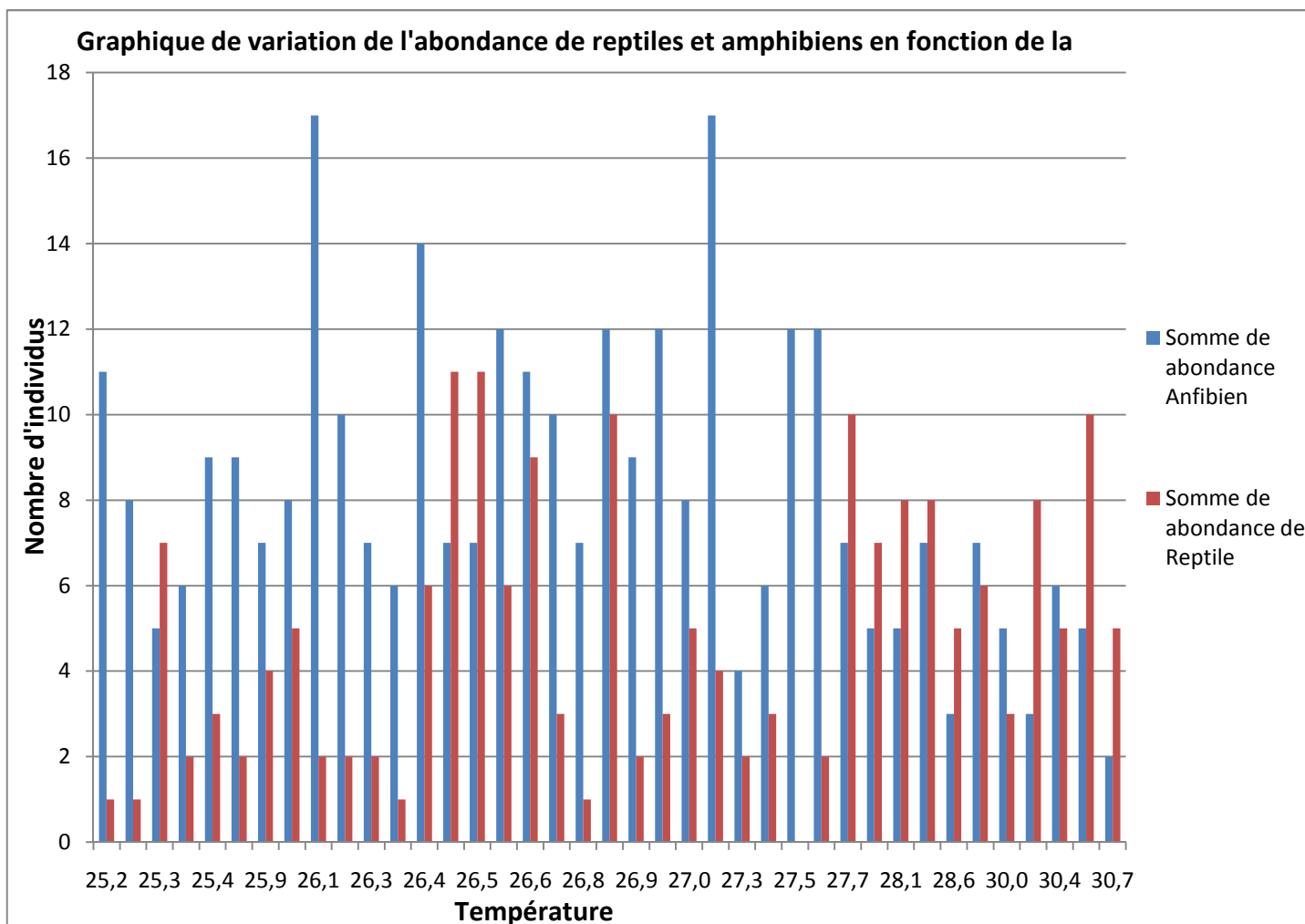
Annexe 6 : Exemple de fiche de prise de données de la couverture ombragée

CODIGO	Fecha	CONDICION CLIMATICA	HUM INICIAL	HUM FINAL	TEMP INICIAL	TEMP FINAL	CLASE	ESTADO	SUSTRATO	ALTURA SUSTRATO en cm	ACTIVIDAD	CODIGO FOTO	Código Animal	Especi
G1	24/03/2010	Despejado	74,0	89,0	27,9	25,8	REPTIL	Adulto	Tronco	80	Posando	9349	Rept52	Anolis lem
G1	24/03/2010	Despejado	74,0	89,0	27,9	25,8	REPTIL	Adulto	Hojarasca	0	caminando	9181	Rept41	nolis trachy
G1	24/03/2010	Despejado	74,0	89,0	27,9	25,8	REPTIL	Adulto	Tronco	15	Posando	9181	Rept41	nolis trachy
G1	24/03/2010	Despejado	74,0	89,0	27,9	25,8	REPTIL	Adulto	Hojarasca	0	comiendo	9181	Rept41	nolis trachy
G1	24/03/2010	Despejado	74,0	89,0	27,9	25,8	REPTIL	Adulto	Tronco	10	Posando	9181	Rept41	nolis trachy
G1	24/03/2010	Despejado	74,0	89,0	27,9	25,8	REPTIL	Adulto	Tronco caido	10	caminando	2641	Rept6	Anolis S
G1	21/04/2010	Despejado	59,0	63,0	33,7	32,2	REPTIL	Adulto	Tronco	20	Posando	9196	Rept7	Anolis S
G1	21/04/2010	Despejado	59,0	63,0	33,7	32,2	REPTIL	Adulto	Hojarasca	0	caminando	9330	Rept8	Ameiva fe
G1	21/04/2010	Despejado	59,0	63,0	33,7	32,2	REPTIL	Adulto	Tronco	10	posando	?Norops?	Rept9	Anolis S
G1	21/04/2010	Despejado	59,0	63,0	33,7	32,2	REPTIL	Adulto	Hoja	15	Posando	9196	Rept7	Anolis S
G5	14/04/2010	Despejado	42,0	41,0	31,3	32,8	REPTIL	Adulto	Hoja	10	caminando	2641	Rept6	Anolis S
G5	14/04/2010	Despejado	42,0	41,0	31,3	32,8	REPTIL	Adulto	tronco	15	Posando	1215	Rept11	Anolis sa
G5	15/03/2010	Despejado	57,0	48,0	28,8	35,1	REPTIL	Adulto	Hojarasca	0	Posando	9592	Rept18	Ameiva on
G5	15/03/2010	Despejado	57,0	48,0	28,8	35,1	REPTIL	Adulto	Suelo	0	comiendo	9181	Rept41	nolis trachy
G5	15/03/2010	Despejado	57,0	48,0	28,8	35,1	REPTIL	Adulto	Suelo	0	caminando	?Lagartija?	Rept27	Aspidosc
G5	14/05/2010	liviendo	92,0	90,0	24,7	24,2	Reptil	adulto	hoja	0	caminando	?Norops?	Rept9	Anolis S
G7	15/03/2010	Despejado	41,0	42,0	32,6	33,1	Reptil	Adulto	Hojarasca	0	Posando	9181	Rept41	nolis trachy
G7	14/04/2010	Despejado	82,0	82,0	26,8	26,5	REPTIL	Adulto	tronco	20	Posando	2641	Rept6	Anolis S
G7	14/04/2010	Despejado	82,0	82,0	26,8	26,5	ANFIBIA	Adulto	debajo de hojarasca	0	caminando	9592	Rept18	Ameiva on
G7	07/05/2010	liviendo	91,0	91,0	24,1	23,7	Reptil	adulto	debajo de hojarasca	0	caminando	?Serp Cafe?	Rept33	Boide S
G11	05/04/2010	Despejado	59,0	68,0	31,1	28,9	REPTIL	Adulto	Hojarasca	0	caminando	9330	Rept8	Ameiva fe
G11	15/04/2010	nublado	82,0	85,0	28,2	27,2	ANFIBIA	adulto	hojarasca	0	caminando	?Serp Cafe?	Rept33	Boide S
G12	05/04/2010	Despejado	72,0	60,0	28,0	31,7	REPTIL	Adulto	Hojarasca	0	caminando	2881	Rept40	nolis tropid

Annexe 7 : Exemple de base de données de l'herpetofaune.



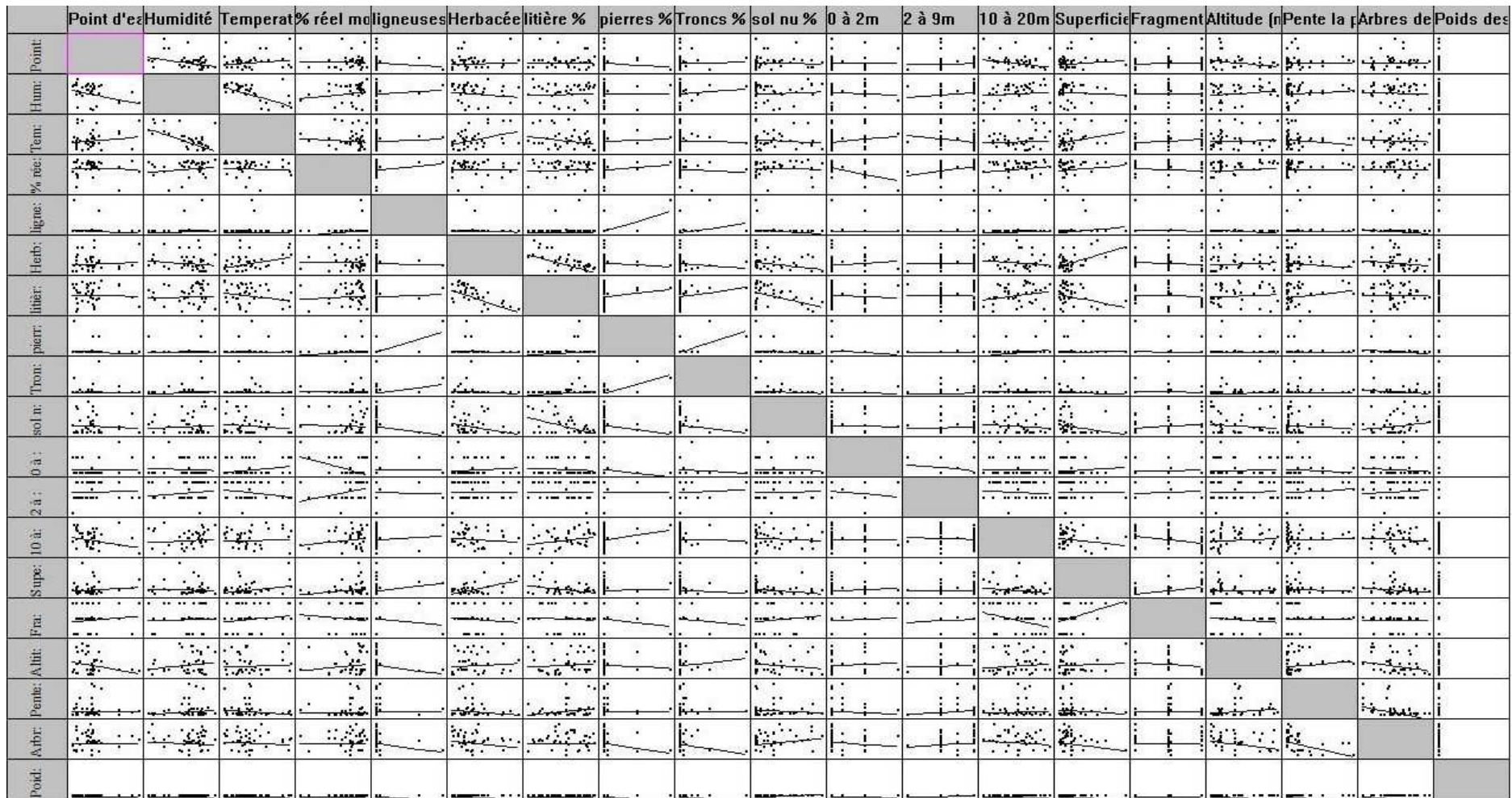
Annexe 8 : Graphiques croisés dynamiques avec l'abondance de l'herpetofaune.



Annexe 9 : Graphique croisé dynamique avec l'abondance de l'herpetofaune en fonction de la température et de l'humidité de l'aire.

Goupes	Code parcelle	Troncs %	sol nu %	0 à 2m	2 à 9m	10 à 20m	Superficie de la parcelle	Fragmentation	Altitude (mètres)	Pente la plus forte	Arbres de cacao	abondance totale	Richesse spécifique totale	abondance de Reptile
1	G1	0,0	52,7	2,0	2,7	0,4	3428	2	519	14	8	22	15	10
	G12	2,3	10,8	3,0	3,0	0,7	7249	3	326	7,5	36	13	8	8
	G28	0,0	14,6	2,5	1,0	1,0	6054	3	308	1,5	19	13	11	3
2	G19	0,0	37,5	2,0	2,0	1,3	10299	1	326	4	36	12	11	7
	G20	0,0	0,0	2,0	2,7	1,8	3352	1	298	1,5	32	6	6	2
	G21	0,0	0,0	2,0	2,6	1,9	13526	2	383	1	33	7	7	5
	G23	0,0	3,3	2,8	2,7	2,2	7049	1	376	1,2	48	12	9	3
	G25	0,0	35,0	1,6	2,6	2,0	1620	1	410	2	25	8	8	3
	G27	0,0	48,0	2,2	3,0	2,3	1264	2	478	2	31	11	11	8
3	G2	0,0	0,0	2,0	2,7	1,4	56294	3	546	4	9	11	10	5
	G10	0,0	0,0	1,0	2,3	0,1	27259	3	324	6	29	15	9	10
	G11	0,0	42,1	1,7	3,0	0,4	39875	3	319	8	28	7	6	1
	G17	0,0	17,3	1,6	3,0	0,5	652	1	298	2	25	11	9	4
	G18	0,0	1,2	2,9	3,0	0,3	22891	3	318	1	27	17	12	10
	G22	0,0	0,0	1,0	3,0	1,3	32398	2	405	1,5	25	18	14	11
	G29	0,0	10,8	1,0	3,0	1,4	12466	2	325	2	28	18	12	11
4	G13	0,0	61,3	1,3	3,0	1,8	6030	3	291	3	37	8	7	2
	G14	0,0	51,6	1,0	2,6	1,0	4618	3	290	2	46	19	16	2
	G15	0,0	51,7	1,3	3,0	1,2	8144	3	299	3	56	12	12	2
	G16	0,0	22,0	1,8	3,0	0,5	4684	1	292	2	60	15	13	8
	G24	3,3	24,2	1,7	2,6	0,8	1013	2	351	2	49	12	10	7
	G33	1,4	31,4	1,0	3,0	1,0	10171	2	531	2	48	11	10	2

Annexe 10 : Exemple de base de données des individus réparti en groupes



Annexe 11 : Galerie graphique pour l'ACP.





Ce rapport présente une étude faite au Guatemala dans le cadre d'une étude (PPC) à plus grande ampleur, au niveau de l'Amérique centrale, avec le CATIE. Le cadre principal de cette étude est l'agroforesterie à base de cacao. Le but du PCC est de présenter les cacaoyères avec des arbres supérieurs comme des agroforêts qui pourraient suppléer les forêts naturelles qui sont en perpétuel régression et sont remplacées, le plus souvent, par des monocultures. Il s'agit d'une étude en milieu tropical pour sauvegarder la biodiversité et l'environnement tout en permettant aux hommes de vivre et de se nourrir convenablement. Pour mon étude nous avons utilisé l'herpétofaune comme indicateur du milieu et des données floristiques pour caractériser les différents milieux. Le but de mon étude est de trouver un mode de gestion favorable aux cultures tout en préservant un maximum la qualité de l'environnement exprimé par la diversité de l'herpétofaune.