



**HAL**  
open science

## Valorisation des données spatiales de l'UMR “ Écologie des Forêts de Guyane ”

Aurélie Dourdain

► **To cite this version:**

Aurélie Dourdain. Valorisation des données spatiales de l'UMR “ Écologie des Forêts de Guyane ”. Sciences de l'environnement. 2017. dumas-03383282

**HAL Id: dumas-03383282**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03383282>**

Submitted on 18 Oct 2021

**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.

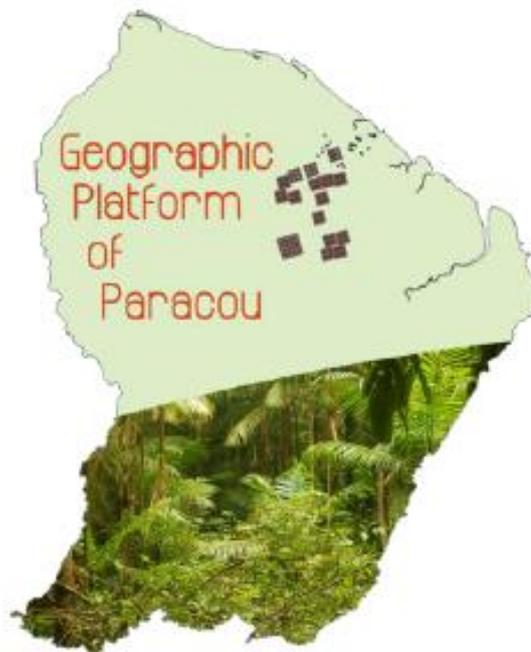
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License



## Valorisation des données spatiales de l'UMR «Écologie des Forêts de Guyane »



SYSTEMES  
D'INFORMATIONS  
LOCALISÉES  
POUR  
L'AMÉNAGEMENT  
DES TERRITOIRES

*Aurélie DOURDAIN*

Directeur du projet : *Éric MARCON (UMR EcoFoG, AgroParisTech)*  
Tuteur SILAT : *Alain CLOPES (UMR TETIS, CIRAD)*  
Rapporteurs : *Sophie FORTUNO (UMR TETIS, CIRAD)*  
*Éric BARBE (UMR TETIS, IRSTEA)*

Novembre 2017



Maison de la Télédétection en  
Languedoc-Roussillon  
500, rue Jean-François Breton  
F- 34093 MONTPELLIER CEDEX  
Tel +33(0)467548760  
Fax : +33(0)467548700



MASTÈRE SPÉCIALISÉ DE LA CONFÉRENCE DES GRANDES ÉCOLES



L'établissement AgroParisTech diffuse ce mémoire et se dégage de toute responsabilité sur le contenu proposé.

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition.

L'obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document doit être respectée selon la licence Creative Commons apposée

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation "Paternité – Pas d'utilisation commerciale – Pas de modification 4.0 France disponible en ligne : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



## Table des matières

---

<b>1. Introduction</b> .....	5
<b>a. Contexte et lieu d'étude</b> .....	5
<b>b. Objectifs et enjeux</b> .....	6
<b>c. Périmètre du projet : mission SILAT</b> .....	7
<b>d. Les ressources disponibles</b> .....	8
<b>2. Etude du projet</b> .....	9
<b>a. Recueil et analyse des besoins</b> .....	9
<b>b. Opportunités et risques</b> .....	10
<b>c. Fonctionnement du projet</b> .....	11
<b>d. Proposition d'outils SIG</b> .....	12
<b>3. Elaboration et résultats</b> .....	15
<b>a. Choix d'une solution technique</b> .....	15
<b>b. Conception technique</b> .....	22
<b>c. L'outil de visualisation</b> .....	24
<b>4. Conclusion</b> .....	26
<b>a. Restitution du projet</b> .....	26
<b>b. Bilan et indicateurs de qualité</b> .....	26
<b>c. Difficultés rencontrées</b> .....	27
<b>d. Evolution du projet et perspectives</b> .....	28
<b>Remerciements</b> .....	30
<b>Bibliographie</b> .....	31
<b>Glossaire</b> .....	33
<b>Table des matières : tableaux et schémas</b> .....	34
<b>Annexes</b> .....	35
<b>Annexe 1 : Enquête</b> .....	35
<b>Annexe 2 : Carte du réseau GuyaFor</b> .....	36
<b>Annexe 3 : Extrait de la grille d'analyse des données (fichier Excel)</b> .....	37
<b>Annexe 4 : Exemple fiche métadonnées</b> .....	38
<b>Image du projet</b> .....	349

# 1. Introduction

---

## a. Contexte et lieu d'étude

La Guyane, implantée en Amazonie, est une des régions de l'Union Européenne (UE) ayant la plus importante croissance démographique. Ce développement rapide va imposer aux décideurs guyanais de faire des choix déterminants sur l'aménagement de leur territoire dans les années à venir. Or, les forêts couvrent en Guyane près de 8 millions d'hectares, soit environ 96% du territoire et recèlent une biodiversité exceptionnelle. De plus, la forêt guyanaise représente plus du tiers des forêts françaises. Avec l'augmentation de la population guyanaise, les écosystèmes sont plus rapidement et intensément affectés.

Afin d'améliorer les connaissances et d'aider la gouvernance du territoire, la communauté scientifique et les décideurs guyanais devront donc conjuguer deux objectifs *a priori* antagonistes : développer leur territoire en aménageant la forêt tout en préservant les services environnementaux qu'elle rend. Approfondir les connaissances sur cette forêt et son fonctionnement à court et long termes est donc fondamental afin que les décisions d'aménagement du territoire soient les plus adaptées possibles à ce contexte. Aujourd'hui, la communauté scientifique appuie de plus en plus ses travaux de recherche sur des résultats d'analyses issus des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et des données forestières permettant un suivi des écosystèmes forestiers guyanais.

Dans ce contexte, le projet est de fournir aux scientifiques et au public un outil d'accès aux données forestières et de biodiversité de l'Unité Mixte de Recherche « Écologie des Forêts de Guyane » (UMR EcoFoG), installée à Kourou. Actuellement, cette UMR regroupe plusieurs organismes : Cirad, CNRS, AgroParisTech, Inra, Université des Antilles et Université de Guyane. Cette unité fait partie du Laboratoire d'Excellence « Centre d'Étude de la Biodiversité Amazonienne » (LabEx CEBA). L'UMR EcoFoG possède des dispositifs expérimentaux qui sont des installations de terrain de grande ampleur et maintenues à long terme. Le principal dispositif expérimental est Paracou, implanté sur la commune de Sinnamary et destiné à l'étude de l'écosystème forestier tropical humide. Créé en 1982 et géré par le Cirad, cette concession est accordée par le Cnes (Centre National d'Etudes Spatiales) pour la recherche forestière.

## b. Objectifs et enjeux

Actuellement, toutes les données forestières sont regroupées dans une base de données (BD) nommée **GuyaFor**, qui rassemble un réseau de dispositifs forestiers permanents du même nom. Ce réseau, composé de 53 parcelles forestières<sup>1</sup>, est cogéré par des organismes de recherche (*Cirad-UMR EcoFoG et CNRS*) et par le gestionnaire des forêts guyanaises (*ONF*). Cette collaboration a été formalisée en 2007 avec la création du réseau GuyaFor mais se base sur l'ensemble des placettes permanentes guyanaises dont les plus anciennes remontent à la fin des années 1960. Ce réseau est aujourd'hui reconnu comme un outil exceptionnel par l'ensemble de la communauté scientifique internationale.

Paracou constitue le principal dispositif forestier du réseau GuyaFor (plus des 2/3 des données) et les efforts se focalisent donc sur ce dispositif dans un premier temps. Dans le cadre du développement de l'activité de recherche de Paracou, l'UMR EcoFoG souhaite faciliter l'accès à la connaissance scientifique acquise à travers la diffusion en ligne de ses données forestières. Cet outil apportera une aide significative aux chercheurs qui étudient les parcelles forestières de Paracou. L'enjeu global du projet est de fournir un outil composé de plusieurs modules incluant une solution cartographique sur le Web qui diffusera les données géographiques de Paracou. L'outil pourra ainsi capitaliser les résultats des recherches acquises depuis 40 ans sur ce dispositif.

La solution doit répondre aux besoins de visualisation des données, mais aussi permettre l'analyse et le téléchargement de données brutes ou élaborées, en plus des données cartographiques. Tout ceci doit se faire en sécurisant l'accès aux données. Nous identifions 3 types de public et donc 3 niveaux d'accès : la communauté interne de scientifiques de l'UMR EcoFoG (accès complet), les chercheurs « partenaires » et étudiants amenés à travailler en Guyane française sur les forêts tropicales humides (accès sur autorisation) et le grand public (visualisation simple). L'outil souhaité doit être optimisé pour que tous types d'utilisateurs, initiés ou non aux techniques des SIG, puissent accéder à l'information. Enfin, pour faciliter la communication avec l'ensemble de la communauté scientifique, nous favorisons un outil en anglais.

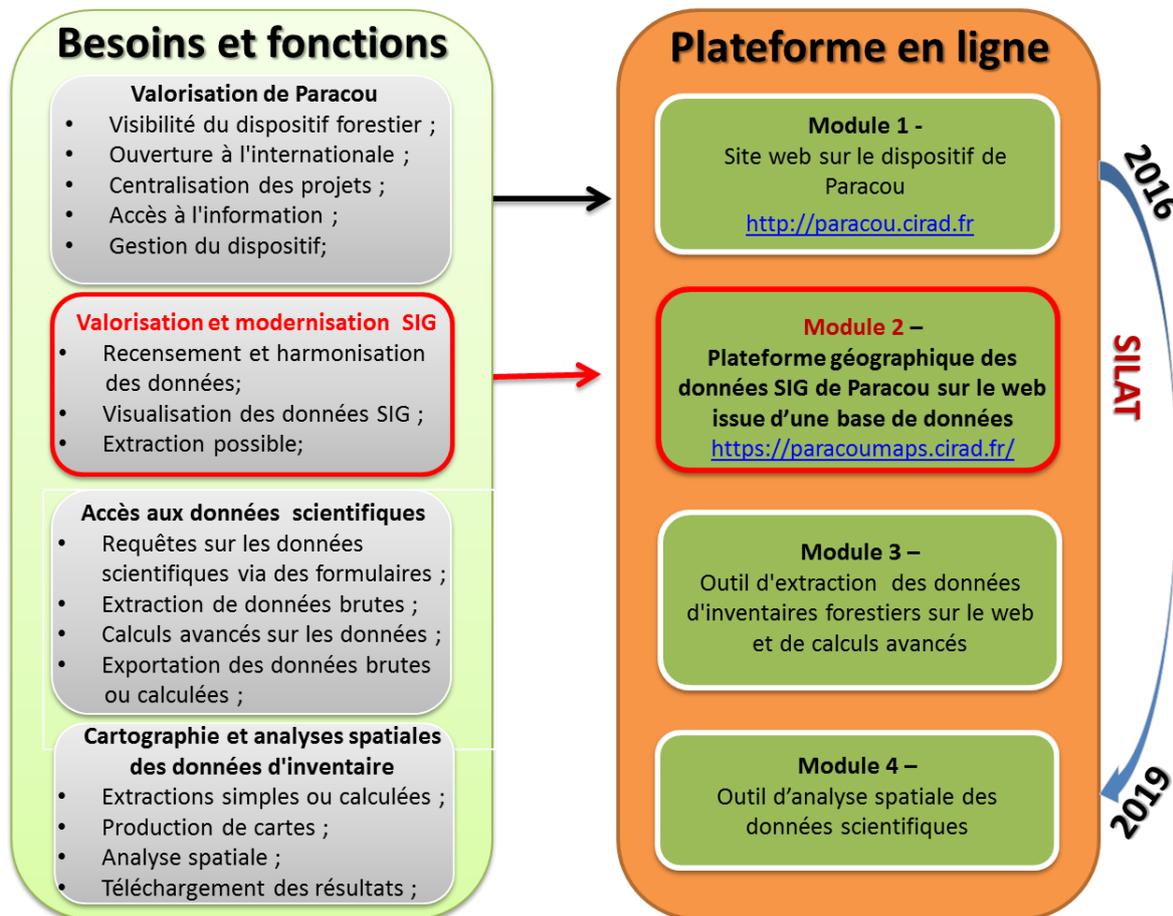
---

<sup>1</sup> Voir Annexe 2 : Carte du réseau GuyaFor

### c. Périmètre du projet : mission SILAT

Cette mission du mastère SILAT s'inscrit dans un projet global de valorisation des données de l'UMR EcoFoG démarré en 2016, qui a notamment abouti à la réalisation, par mes soins, du site web de Paracou : <http://paracou.cirad.fr>.

Dans un premier temps, je suis chargée de comprendre les besoins et de cadrer le périmètre du projet « **plateforme des données en ligne** ». L'organisation et le cadrage de l'ensemble du projet ont pris leur véritable sens durant la mission SILAT. J'ai identifié tous les besoins de l'UMR EcoFoG et nous avons déterminé plusieurs modules. Par conséquent, le projet de plateforme des données a pour finalité de regrouper plusieurs modules. Le schéma 2 ci-dessous est un résumé global de la plateforme avec les différents modules souhaités :



*Schéma 1 : Résumé global du projet et périmètre du SILAT (en rouge)*

Dans un second temps, la réalisation de la plateforme dans son ensemble est ambitieuse pour le cadre du Mastère SILAT. À partir de ce schéma, nous faisons le choix, pour le travail de la mission SILAT, de se focaliser sur la conception complète du module 2 « **Valorisation et modernisation du SIG de Paracou** ». Ce module est prévu pour répondre aux besoins suivants : valoriser les données

géographiques capitalisées par la communauté scientifique sur le site de Paracou, fournir une meilleure accessibilité à ses données et moderniser le réseau SIG. La finalité du module 2 consiste en la création d'un outil de cartographie interactive en ligne (webmapping) qui permettra de visualiser et de distribuer les données spatiales de Paracou. Cette plateforme SIG sera donc interrogeable depuis un site web.

Cette partie de projet guide le module 4 « **Cartographie et analyses spatiales des données d'inventaire** ». Les futures applications de chaque module sur le web feront appel au même système d'information défini en amont et lors du module 2 « **Valorisation et modernisation du SIG de Paracou** ». Le système reçoit et centralise des informations provenant de différentes sources et les diffuse sur les applications. La réflexion en termes de système d'information sur la création de ces deux modules est donc conjointe.

#### d. Les ressources disponibles

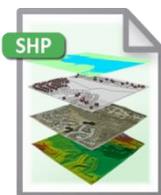
Tout d'abord, l'analyse de l'existant permet de recenser les données à manipuler. Il existe deux principales sources de données pour les modules de la plateforme des données :

- Les **données numériques** de Paracou, regroupées dans la BD **GuyaFor**, développée sous SQL



Server 2008 et hébergée sur le serveur de bases de données d'EcoFoG. Cette base de données inclut différentes informations provenant des inventaires forestiers réguliers sur différents types de peuplements (*naturels, exploités, éclaircis*) : la géolocalisation des individus, les mesures des tiges à intervalles réguliers, leur statut vital, leur identification botanique et la qualité commerciale de la tige. Dans cette BD GuyaFor, les données de Paracou représentent 1.66 Go sur les 2 Go du réseau entier, soit plus de 83%, et plus de 1 500 000 mesures sur 118 500 arbres répartis en 700 taxons.

- Les **données spatialisées** du dispositif de Paracou : des couches environnementales de



différentes natures (topographie, hydrographie, pédologie...), la géolocalisation des dispositifs et des données satellitaires. Actuellement, toutes les données cartographiques sont stockées dans un dossier sur le serveur d'EcoFoG. Elles représentent un volume d'environ 1.10 Go.

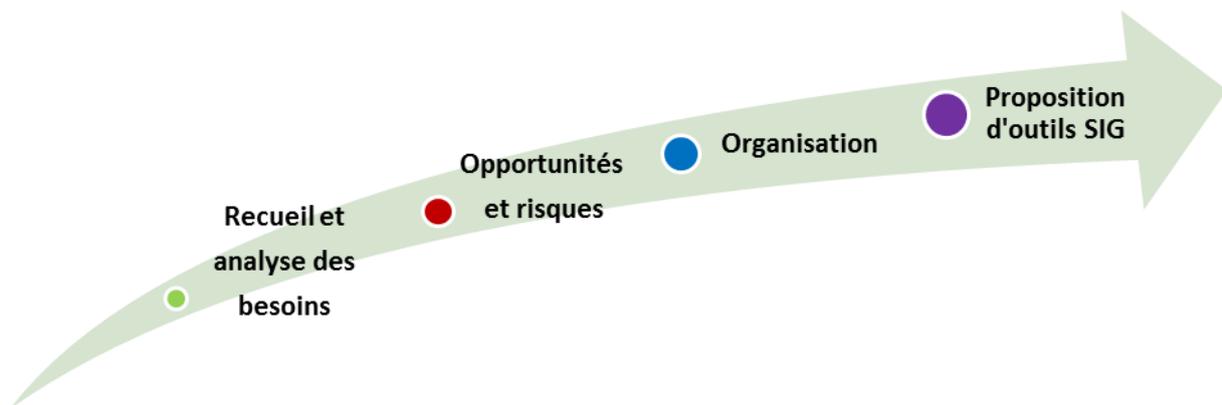
Il n'existe aucune enveloppe budgétaire dédiée au développement du projet. Ainsi, la solution choisie se doit d'être Open Source et gratuite. Néanmoins, un financement a été alloué sur un autre projet scientifique pour le recrutement d'un poste développeur informatique, qui assurera le développement de la plateforme et de ses modules, ainsi que sa mise en ligne.

## 2. Étude du projet

---

La phase préparatoire du projet a donné lieu à une répartition en 4 étapes débutant par le recueil et l'analyse des besoins, puis l'étude des opportunités et des risques a permis d'organiser le projet. J'ai alors proposé une étude comparative des différentes solutions SIG répondant aux besoins. Ensuite, le comité technique a choisi une solution logicielle parmi les solutions proposées et j'ai entamé l'étape de conception de l'outil. Le projet se finalise par la restitution de l'outil et les perspectives.

Voici le résumé global de ma méthodologie sur la phase d'avant-projet :



*Schéma 2 : Déroulement de la phase d'analyse d'avant-projet*

### a. Recueil et analyse des besoins

Cette phase de recueil des besoins m'a conduite à établir une enquête auprès de la communauté scientifique de l'UMR EcoFoG. Cette démarche, permet de déterminer les réelles attentes des utilisateurs en termes de données et de SIG. L'enquête<sup>2</sup> a été réalisée par le biais d'internet ([www.askabox.com](http://www.askabox.com)) sur un délai d'un mois auprès d'une centaine d'utilisateurs (*UMR Ecofog et ses collaborateurs proches*). En plus d'analyser les besoins effectifs, cette phase a aussi permis de communiquer autour de ce projet et d'en mesurer l'intérêt. Le taux de réponse a été faible, seulement une dizaine de chercheurs. Néanmoins, ce nombre est représentatif de notre population de scientifiques présents sur le campus agronomique de Kourou. Il y a actuellement une trentaine de chercheurs scientifiques dont un tiers utilise les techniques du SIG. Les besoins principaux qui ont été identifiés sont les suivants :

- besoin de formation et d'une meilleure connaissance technique dans le domaine du SIG ;
- manque de connaissance pour trouver et visualiser les données spatiales ;
- manque d'information sur les données spatiales ;
- besoin en requêtes simples et avancées sur les données ;

---

<sup>2</sup> Voir Annexe 1 : Enquête

Cette enquête a confirmé les besoins pressentis par l'ensemble de l'équipe projet. Cette démarche, guidée par les besoins des utilisateurs, démontre que les besoins exprimés par la communauté scientifique sont les véritables **pilotes du projet** et servent de fil conducteur au projet. Ce questionnaire a donc apporté un périmètre au projet. L'outil adéquat semble être un regroupement de l'information disponible accompagnée de sa documentation.

## b. Opportunités et risques

D'une part, ce projet bénéficie de plusieurs opportunités :

- développement de l'expérience en application Web pour l'équipe du projet ;
- chaque membre de l'équipe possède le matériel adéquat pour travailler de façon autonome ;
- chaque membre possède un accès internet permettant de travailler à distance ;
- des locaux disponibles pour l'organisation des réunions ;
- ressources techniques et logiciels disponibles gratuitement sur le Web ;

D'autre part, le projet comporte aussi des risques. Ils sont le plus souvent d'ordre technique et organisationnel. Les principaux risques potentiels du projet sont les suivants :

Risques potentiels	Causes	Conséquences	Solutions possibles
<b>Manque de compétences</b>	Equipe mal ou pas formée	Retard sur le projet	S'assurer des compétences ou auto-formation
<b>Réseau inaccessible</b>	Panne de réseau ou d'électricité	Retard possible dans la tâche	Autre réseau disponible
<b>Indisponibilité de l'équipe pour des réunions</b>	Manque de temps, éloignement	Perturbation de la coordination	Planification des réunions de travail en fonction des disponibilités de chacun
<b>Défaillance matérielle</b>	Indéterminé	Retard du projet, surcharge de travail	Prêt de matériel possible
<b>Standardisation et normes pour les données</b>	Peu de connaissance, évolution constante	Inadaptation sur certains navigateurs	Se tenir constamment informé, tester sur tous les navigateurs
<b>Modification des besoins</b>	Nouveau besoin, oubli	Modification de la planification, des livrables.	Prévoir une marge de manœuvre dans la planification des tâches
<b>Hébergeur inaccessible</b>	Panne ou fermeture	Perte possible des données, retard du projet	Contrôler régulièrement l'accessibilité à l'hébergeur

<b>Pas de recrutement sur le poste en informatique</b>	Aucune candidature ou pas de candidature satisfaisante	Retard du projet, pas de partie développement	Avancer le projet sans attendre la partie développement
--	--	---	---

*Tableau 1 : Résumé des risques du projet*

Il a été convenu, avec le commanditaire, que je ne pouvais pas m'engager sur les résultats du projet si les conditions suivantes n'étaient pas réunies : le recrutement du VSC bio-informatique et la mise à disposition de l'infrastructure informatique nécessaire.

### c. Fonctionnement du projet

Le projet ne se dotait pas d'un comité de pilotage, mais seulement d'un comité technique pluridisciplinaire constitué de :

<b>Nom</b>	<b>Rôle dans le projet</b>	<b>Poste actuel</b>	<b>Institut</b>
<b>Aurélié Dourdain</b>	Cheffe de projet Responsable SIG	<i>Responsable technique de Paracou et géomaticienne</i>	CIRAD, UMR-EcoFoG
<b>Éric Marcon</b>	Commanditaire	<i>Directeur UMR EcoFoG</i>	AgroParisTech, UMR-EcoFoG
<b>Bruno Hérault</b>	Conseiller scientifique	<i>Ancien responsable scientifique de Paracou</i>	CIRAD, UMR-EcoFoG
<b>Géraldine Derroire</b>	Conseillère scientifique	<i>Responsable scientifique de Paracou (depuis Mai 2017)</i>	CIRAD, UMR-EcoFoG
<b>Gaëlle Jaouen</b>	Responsable des bases de données	<i>Ingénieure de recherche et gestionnaire des données scientifiques</i>	AgroParisTech, UMR-EcoFoG
<b>Elie Guedj</b>	Responsable de l'informatique	<i>Recruté en contrat VSC informatique depuis le <b>15 septembre 2017</b></i>	CIRAD

*Tableau 2 : Equipe du projet*

Les réunions ont été mensuelles et précédées d'une invitation et d'un ordre du jour envoyés par mail. Un compte-rendu écrit a ensuite été envoyé aux membres du groupe. Des réunions supplémentaires ont été programmées concernant la partie technique dès que le besoin s'en ressentait. Enfin, afin de faciliter l'échange parmi l'équipe de projet, nous avons utilisé le réseau interne de l'UMR EcoFoG.

Dès le départ, nous avons également validé le planning prévisionnel. Le diagramme de Gantt ci-dessous recense les grandes étapes du projet et l'organisation des opérations.

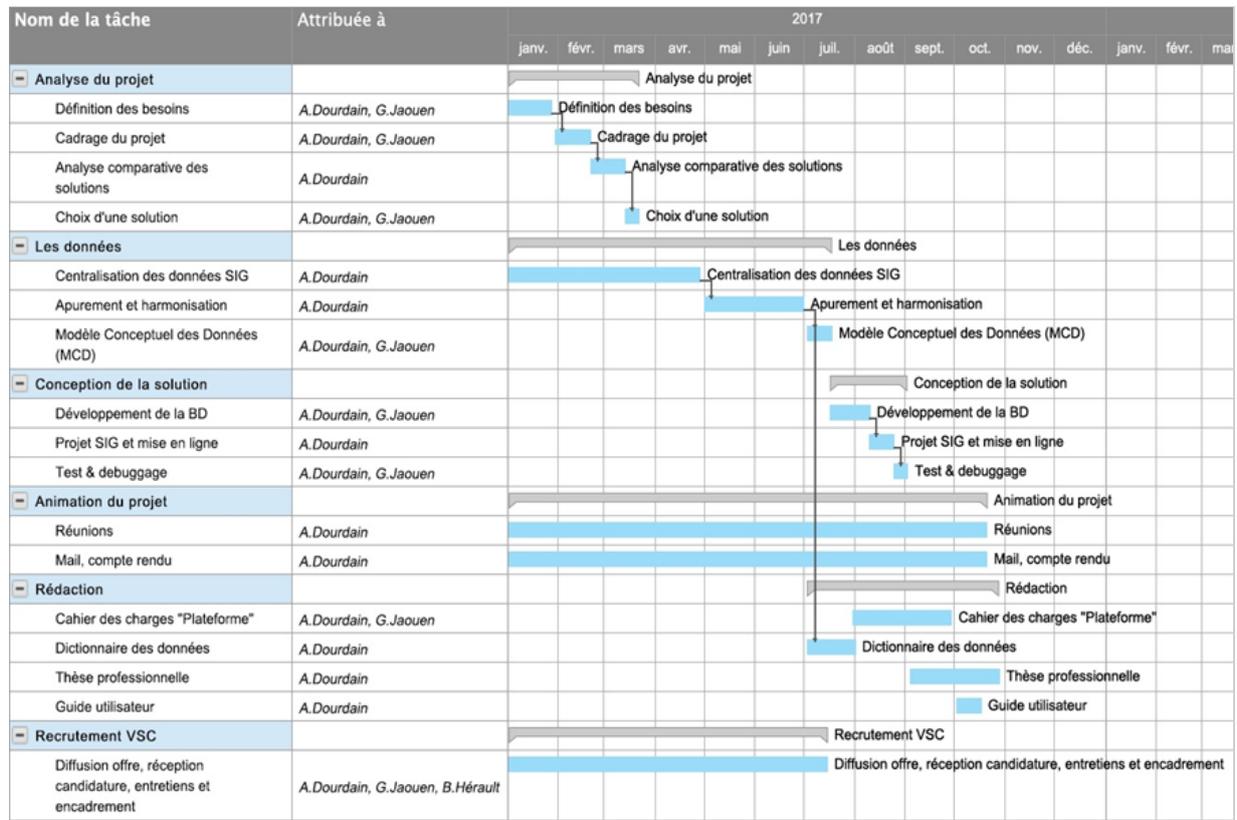


Tableau 3: Diagramme de GANTT

Tout au long de ce projet, les actions que j'ai menées sont, d'une part, le pilotage et la gestion du projet, notamment en matière de préparation et d'animation des réunions d'avancements. D'autre part, j'ai eu la responsabilité technique de l'activité SIG pour le module 2 et la rédaction des rapports en collaboration avec Gaëlle Jaouen. Parallèlement, nous avons réalisé le recrutement du poste VSC développeur informaticien en lien avec Gaëlle Jaouen et Bruno Hérault. Hélas, notre recrutement a tardé et n'a abouti qu'en fin de projet. C'est pourquoi, nous avons dû mener la réflexion sur les solutions techniques de la plateforme sans le développeur informaticien.

#### d. Proposition d'outils SIG

Suite à l'identification des besoins pour le module SIG, j'ai commencé par analyser et comparer les différentes solutions SIG envisageables pour le module 2 « **Valorisation et modernisation du SIG de Paracou** ». Ce module nécessite avant tout une capitalisation des données géographiques de Paracou à travers une solution robuste et pérenne de stockage de l'information. Le module SIG doit se doter également d'un outil permettant l'affichage et l'extraction de ces données sur Internet.

Pour mettre en place cette plateforme SIG, je propose au préalable de réfléchir à un système d'information (SI). Un SI est une représentation opérationnelle de la réalité, qui prend en compte les

données et les outils associés. Ainsi, cela permet une meilleure organisation et fiabilité des données, un partage des données et la mise en application des réglementations en cours.

Tout d'abord, je suggère de capitaliser l'information spatiale dans une **base de données géographique**. La BD permet la sécurisation des données, la pérennisation, l'interrogation via des outils, la gestion des accès multiples, mais aussi l'interopérabilité. Il est aussi préférable de disposer d'une base de données unique qui centralise les données, pour être sûr que tout le monde utilise les mêmes données. Cette base de données représente le cœur de ce système d'information et la source pour toutes les futures applications.

Ensuite, je propose des **solutions de webmapping** afin d'obtenir une représentation optimale de l'information géographique. Le Webmapping désigne, par extension, tout ce qui relève de la cartographie en ligne sur Internet. La solution a pour but de faciliter l'accès aux utilisateurs pour une utilisation simple et compréhensible des données. Sous le terme de cartographie en ligne, on englobe plusieurs types d'applications cartographiques allant du simple visualiseur à l'outil de cartographie thématique, voire au SIG en ligne. Le web dynamique permet d'outrepasser le téléchargement de cartes statiques et de manipuler en ligne, des données géographiques contenues sur un serveur cartographique dans une BD. L'application la plus connue dans ce domaine consiste à créer une image à la demande correspondant à la requête de l'utilisateur, interprétée par un serveur cartographique. Les formats sont devenus interopérables, de sorte que les données puissent être partagées, échangées, modifiées par différents utilisateurs.

Il existe plusieurs types d'applications cartographiques sur internet. Parmi celles-ci, je vous en présente quelques-unes et explicite notamment les besoins auxquels elles répondent :

- **Atlas et catalogage de données cartographiques** : Cette solution génère des documents cartographiques et rassemble l'ensemble des cartes géographiques statiques. On y trouve aussi une grande variété de documents, sous forme d'images ou d'objets en trois dimensions, qui représentent l'espace géographique par sa topographie et/ou par son occupation : photographies aériennes, images de télédétection,...Ce moyen permet ainsi de contourner la difficulté d'accès aux données qui est l'un des principaux obstacles au développement de l'utilisation des SIG. Cette difficulté tient à la méconnaissance des données existantes. Il ne s'agit donc pas de donner le détail de l'information disponible sur la donnée, mais d'en indiquer l'existence et les caractéristiques principales, afin de faciliter le choix des utilisateurs. Cette solution est donc pour la cartographie statique.
- **Visualiseur de données SIG** : Cette solution permet de diffuser les couches spatiales de façon dynamique localement ou en ligne. La cartographie dynamique est un processus automatisé

de représentation et de manipulation de cartes géographiques. Ce processus s'appuie sur un référentiel de données (*base de données, ...*) pour offrir des représentations graphiques et interactives des données. Selon la solution logicielle choisie, certaines proposent différentes fonctionnalités : impression, téléchargement, ajout de fonds cartographiques,...Ce type d'application permet la diffusion des données et aussi le téléchargement des données sources.

- **Logiciel SIG en ligne** : Ces applications tendent vers la mise à disposition des fonctionnalités d'un SIG classique, tel que le logiciel Quantum GIS (QGIS). De base, les solutions apportent la possibilité, à partir d'un navigateur Internet, de visualiser des couches géographiques générées dynamiquement. Actuellement, de nouvelles fonctionnalités plus avancées apparaissent comme la possibilité d'ajouter ou de modifier de l'information en ligne. Ce type d'application a aussi l'avantage de pouvoir analyser des données spatiales en ligne. Toutefois, le développement de ce genre d'application peut être complexe.

Parmi les solutions cartographiques proposées, l'élaboration d'une solution de visualisation des données spatiales sur le web a été retenue. Le module SIG prendra la forme d'un **portail géographique** afin de visualiser les données spatialisées de Paracou, accompagné de fonctionnalités importantes telles que l'extraction. Cette application permet de répondre à la volonté de valorisation des données spatiales de Paracou. La solution du catalogage des données n'a pas été considérée car elle existe déjà avec le géoportail du CEBA (<http://vmcebagn-dev.ird.fr>) lui-même moissonné par un géocatalogue régional géré par la DEAL : GéoGuyane (<http://www.geoguyane.fr/accueil>). De plus, l'atlas cartographique et le catalogage ne répondent pas à notre besoin d'accéder directement à la donnée source et ne gère que les données statiques. Enfin, la solution d'un logiciel SIG en ligne viendra plus tard dans le module 4 « **Cartographie et analyses spatiales des données d'inventaire** » avec lequel l'utilisateur pourra réaliser de l'analyse spatiale et du croisement de données numériques et spatiales.

### 3. Élaboration et résultats

La phase de conception de l'outil s'est déroulée en trois étapes : choix d'une solution logicielle, production de l'outil, pour finir avec sa mise en ligne.

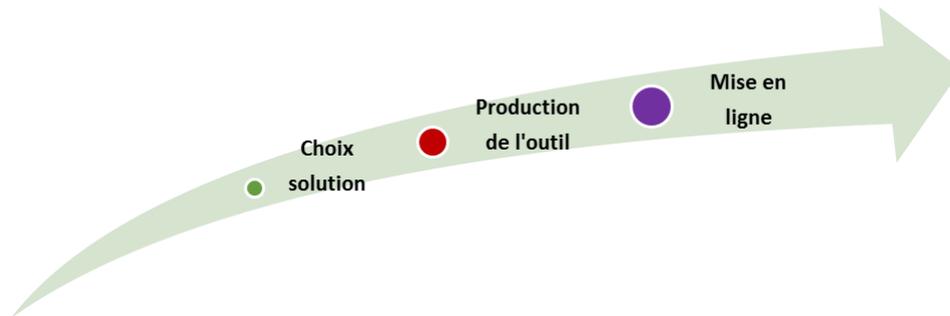


Schéma 3: Déroulement de la phase de conception du projet

#### a. Choix d'une solution technique

L'application attendue pour la plateforme doit se développer sur une solution technique OpenSource et gratuite. L'OpenSource propose des composants matures, interopérables, respectant les standards géographiques de l'Open Geospatial Consortium (OGC). Cette solution a pour but de pérenniser les données spatiales de Paracou, les distribuer via leur mise en ligne et les diffuser. Nous souhaitons donc qu'elle soit la plus durable et pérenne possible. Nous avons établi un diagramme global résumant les ressources, les finalités et les modules, ainsi que les solutions de la plateforme des données. L'utilité de ce diagramme a été d'arriver à une compréhension commune du projet et à sa validation.

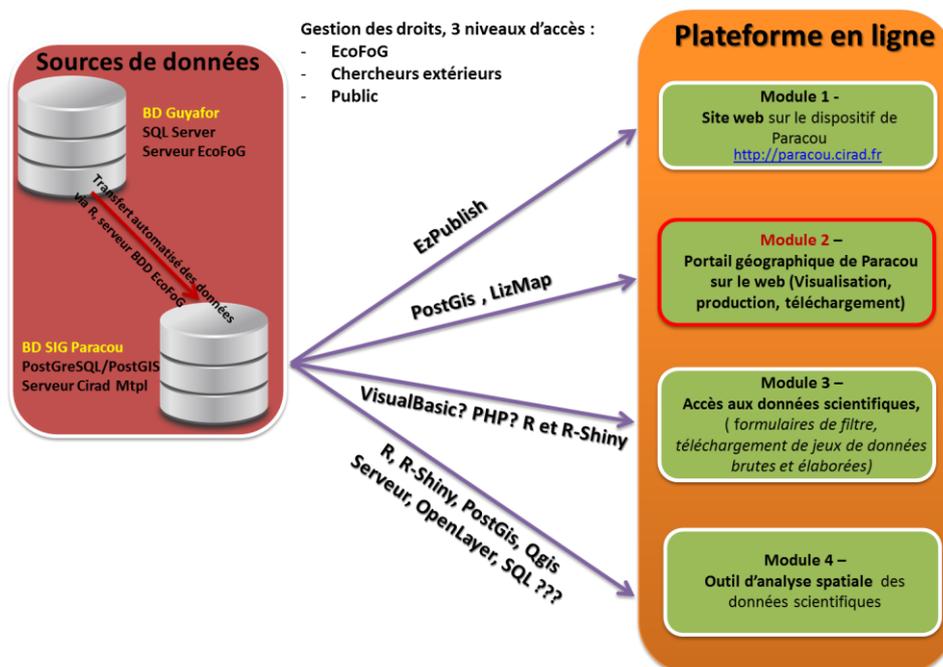


Schéma 4: Diagramme général de la plateforme des données

Le principe de la plateforme se synthétise donc de la façon suivante :

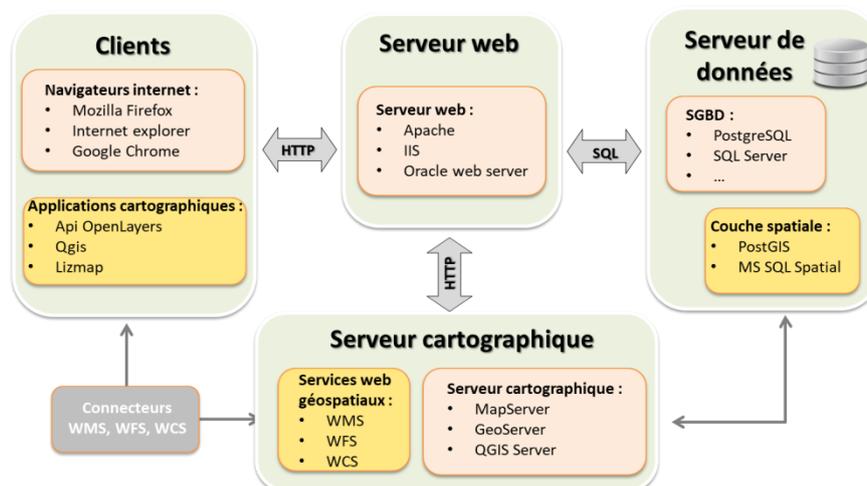
- **MODULE 1 : Site web de Paracou**

Une formation animée par l'équipe de la Direction des Systèmes d'Information (DSI) du CIRAD m'a permis de développer un site Web sur le dispositif de Paracou en 2016. Cet outil a rendu possible le regroupement de l'information décrivant le dispositif de Paracou, la centralisation des projets scientifiques, la simplification des procédures logistiques et la diffusion de la littérature de Paracou. Ce site web est développé avec la solution EzPublish, qui est un système de gestion de contenu. Ce logiciel est distribué gratuitement sous licence GPL ou commercialisé sous licence propriétaire, selon les éditions.

- **MODULE 2 : Portail géographique de Paracou**

Ce module, qui sera accessible depuis la future plateforme des données, permet une visualisation des données spatiales concernant Paracou. Lorsque la donnée est libre de droit, l'utilisateur pourra télécharger la couche spatiale.

La cartographie interactive sur internet utilise une architecture de type client/serveur. Dans une relation client/serveur, un programme (*le client*) envoie une requête à un autre programme (*le serveur*). L'architecture générale du fonctionnement d'une application cartographique sur le web est la suivante :



*Schéma 5: Diagramme général d'une application webmapping*

Ici, en plus des serveurs web et de données, nous avons le serveur cartographique. En fonction de la requête du client au serveur cartographique, il est retourné au client les données désirées sous la forme de cartes. Le serveur cartographique est un logiciel qui stocke les informations comme étant des informations géographiques avec des coordonnées, une table attributaire dans le cas de données vecteur, une symbologie, etc... Ce qui permet de pouvoir faire des requêtes attributaires ou de localisation sur les données, et de l'autre côté, le client (*un autre logiciel souvent situé sur un autre*

ordinateur) affiche les données comme étant des images cartographiques, c'est-à-dire avec une légende, une échelle, la possibilité de changer d'échelle, de zoomer sur la carte et potentiellement d'interagir avec elle.

En géomatique, un service web géographique est un service qui va permettre la publication de données sur le web ou l'accès à distance à des données stockées sur un serveur web. Cela permet aux utilisateurs de consulter des cartes, requêter les données, lancer des analyses ou télécharger des données via un simple navigateur web et sur des données validées. Ces services font l'objet d'une norme dont les spécifications sont décrites et maintenues par l'OGC, consortium de normalisation des échanges d'information géographique au travers d'Internet. Les principaux services géographiques web normés :

- Le Web Feature Service (WFS) est un protocole d'échange de données géographiques vectorielles permettant aux serveurs clients supportant ce protocole et via une adresse web formatée, d'interroger le serveur cartographique afin de manipuler des objets géographiques (lignes, points, polygones).
- Le Web Map Service (WMS) est un protocole de communication standard qui permet d'obtenir des cartes de données géoréférencées à partir de différents serveurs de données. Cela permet de mettre en place un réseau de serveurs cartographiques à partir desquels des clients peuvent construire des cartes interactives.
- Le Web Coverage Service (WCS) est un protocole de diffusion de jeux de données raster sur le Web.

J'expose ici des solutions OpenSource et gratuites de webmapping pour répondre à ces objectifs. Une application cartographique se base sur ces composants :

- **les données** : Je présente ici un comparatif des différents systèmes de gestion de bases de données spatiales (SGBD) libres:

Solution SGBD spatial	Type	Gestion topologie	Gestion raster	Index-ation spatiale	Fonction spatiale	Gestion projection
 <b>PostGIS :</b> module spatial pour PostgreSQL	Client Serveur	Oui	Oui	Oui	+ de 200	Oui
 <b>Spatialite :</b> module spatial pour SQLite	Compilé	Non	Via RasterLite	Oui	Oui	Oui

 <b>MySql Spatial :</b> inclus dans SQLServer (2008)	Client Serveur	Oui	Oui	Oui	peu	Non
---	-------------------	-----	-----	-----	-----	-----

*Tableau 4 : Solutions SGBD libres*

Pour la mise en place de la BD cartographique, la solution technique choisie est une solution **PostgreSQL**, avec son extension spatiale **PostGIS**. Ce système est concurrent d'autres systèmes de gestion de base de données libres tels que SpatialLite et MySQL. L'intérêt de la solution PostgreSQL est qu'elle représente aujourd'hui une des solutions Opensource les plus abouties et utilisées dans le domaine de la recherche scientifique. De plus, la donnée géographique n'est pas traitée à part, et on peut donc aisément mélanger les aspects géographiques et numériques dans nos requêtes avec ses multitudes de fonctions. Enfin, cette solution retenue a une administration facile d'utilisation, via son interface d'administration (PgAdmin) des données stockées dans le SGBD.

- **un serveur cartographique** : L'application permettant la mise en forme, la manipulation et l'affichage de données géographiques. Les serveurs cartographiques libres les plus courants sont :

Serveurs cartographiques	Particularités	Langage
	MapServer est un environnement de développement libre permettant de construire des applications internet à référence spatiale. Ce n'est pas un SIG complet, mais il gère de nombreux formats de fichiers.	C
	GeoServer a de nombreuses fonctionnalités et sa communauté est très active.	JavaScript
	QGIS Server fournit un service web cartographique utilisant les mêmes librairies que l'application bureautique QGIS. Les cartes et les modèles d'impression créés dans QGIS peuvent être publiés comme des cartes web simplement en copiant le fichier de projet de QGIS dans le répertoire du serveur.	C++

*Tableau 5 : Solutions de serveurs cartographiques libres*

Le choix du serveur cartographique porte sur la solution QGIS Server. En ce qui concerne le serveur web, nous prenons Apache 2. Le code sera écrit en PHP 5. Il permettra d'interroger le serveur de données en SQL, d'appeler le serveur cartographique (via CGI) et d'exécuter des scripts R (via le module rApache).

- **une application cartographique cliente :**

Nous pouvons trouver également des clients à développer. Il existe de nombreux exemples sous forme de briques dont on peut s'inspirer. Les librairies Javascript sont connues pour le développement d'applications de cartographie interactive en ligne.

Les applications cartographiques clientes les plus répandues sont décrites ci-dessous avec leurs particularités et leurs services géographiques web normés.

Application cartographique	Particularités	Services Géographiques Web
 OpenLayers	OpenLayers est un logiciel libre, publié sous licence BSD. Il assure un noyau de fonctionnalités orienté vers la mise en place d'applications clientes Web cartographiques fluides. OpenLayers permet d'afficher des fonds cartographiques tuilés ainsi que des marqueurs provenant d'une grande variété de sources de données. La plus ancienne est celle possédant le plus de fonctionnalités	WMS WFS WMTS CSW WPS
 Leaflet	Leaflet est une bibliothèque JavaScript permettant de créer des cartes interactives avec de nombreuses fonctionnalités. Elle est utilisée par OpenStreetMap et la communauté est très active.	WMS WFS WMTS

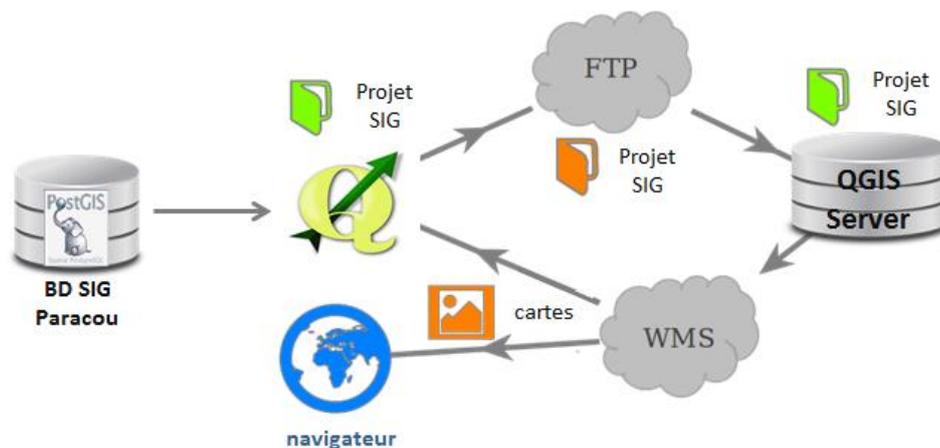
*Tableau 6: Solutions clientes d'applications cartographiques libres*

Cependant, il existe une application cliente prête à l'emploi, c'est à dire que le logiciel bureautique est fourni avec une interface et est paramétrable :

Application cartographique	Particularités	Services Géographiques Web
 Lizmap	Lizmap est un plugin python pour QGIS qui permet de configurer ses cartes à partir de projets QGIS et les diffusent sur internet. LizMap est constituée de 2 éléments complémentaires : une application à installer sur un serveur et le client web LizMap, qui génère les cartes web dynamiques. Il a été réalisé autour de QGIS Server à l'aide du framework PHP5 Jelix, de jQuery et OpenLayers. Cette librairie est couplée avec un plugin dans Qgis qui permet certaines facilités.	WMS WFS WCS

*Tableau 7: Solution cliente d'application cartographique « Lizmap »*

L'application **Lizmap** a été sélectionnée pour le portail géographique dédié à Paracou. C'est une solution de Webmapping sans développement qui permet la publication de cartes dynamiques sur Internet et qui se base sur le logiciel QGIS et son serveur cartographique QGIS Server. Cette solution a l'avantage d'être déjà maîtrisée par moi-même suite à une formation du CIRAD. Les caractéristiques importantes de cette solution sont qu'elle dispose d'une interface facilement modifiable, d'un serveur cartographique, de cartes interactives riches et d'une gestion des droits. Enfin Lizmap est un proxy au web services servant à construire les cartes. Il est donc possible d'utiliser des requêtes WMS ou WFS pointant vers Lizmap. Il est ainsi possible de sécuriser l'accès aux web services pour un accès dans QGIS. Il permet également de partager ces adresses de web services avec des systèmes de catalogages et d'acquérir une meilleure interopérabilité. Ce graphique représente le fonctionnement technique de Lizmap :



*Schéma 6: Fonctionnement technique de l'application Lizmap*

La base de données et son projet Lizmap sont hébergés sur le serveur du CIRAD de Montpellier pour des raisons d'accessibilité à grande échelle, le débit internet en Guyane étant aléatoire. Gaëlle Jaouen a développé un script R pour un transfert automatisé des données entre la BD de GuyaFor sur SQL Server en Guyane et celle PostGreSQL/PostGIS de Montpellier pour la mise à jour hebdomadaire des données. Nous envisageons à terme une migration complète des bases de données d'EcoFoG vers la solution PostGreSQL.

Dans la suite du rapport, je décrirai la conception de ce module 2 de cartographie en ligne qui représente le cœur de la mission SILAT.

- **MODULE 3 : Outil d'extraction des données d'inventaires forestiers**

Dans ce module, l'utilisateur sera à même de réaliser des requêtes sur les données Paracou de la BD GuyaFor en fonction de ses questions scientifiques. Ce module va se diviser en deux parties : la première permettra une extraction des données brutes (*inventaires, identifications botaniques, circonférences des arbres...*), la seconde permettra de réaliser des calculs élaborés sur ces données

(mesures de diversité, surface terrière, densité des peuplements, biomasse,...). L'utilisateur aura la possibilité de paramétrer son jeu de données à partir de listes déroulantes sur plusieurs thématiques (détermination botanique, mesure d'arbre, date d'inventaire,...). Il verra le résultat depuis son interface et pourra également l'exporter dans un fichier de format informatique Comma-Separated Values (.csv). La solution pressentie actuellement pour répondre à ces besoins est en langage VisualBasic et PHP, les calculs scientifiques s'effectueront avec le logiciel R<sup>3</sup>. Plusieurs packages R contenant les formules de calculs avancés sur les données sont d'ores et déjà disponibles au sein de l'UMR. Ce module va voir le jour à la suite du module précédent.

- **MODULE 4 : Outil d'analyse spatiale des données scientifiques**

Ce module permet à l'utilisateur de croiser ses extractions de données scientifiques brutes ou élaborées avec les données géographiques disponibles et d'en faire une analyse spatiale. Par exemple, l'utilisateur souhaite connaître l'environnement (topographie, pédologie, ...) d'une espèce particulière d'arbre à Paracou, ou souhaite analyser la distribution de la densité forestière en fonction de paramètres environnementaux tels que la topographie, l'hydrographie etc... La sélection des données se fait de la même façon que dans le module 3 « accès aux données scientifiques » mais l'utilisateur a ensuite la possibilité de les croiser avec les données de la BD SIG.

Pour ce module, nous avons concrétisé les besoins de l'outil en apportant de potentielles collaborations de projets sur la même thématique :

- **NIAMOTO** (<http://niamoto.readthedocs.io/en/latest/index.html>) : est un système d'information environnemental centré sur les écosystèmes forestiers de Nouvelle-Calédonie. Niamoto agrège les données écologiques et fournit une plate-forme pour définir et gérer les flux de données scientifiques. Ces outils d'analyse mixent occurrences et données spatiales. Le système est basé sur une architecture PostgreSQL /PostGIS et comprend un portail web, des plugins qgis et des services webs. Ce SI a été développé par D. Justeau et encadré par P.Birnbaum<sup>4</sup>.
- **SI-APIMODEL** (<https://w3.avignon.inra.fr/apimodel-apps/>): est un système d'information scientifique concernant principalement la santé et la performance des abeilles. Il est développé sur plusieurs solutions (R-Shiny, PostgreSQL/PostGIS, dplyr, DT, leaflet, ...) par A. Haddad et A. Kretzschmarb<sup>5</sup>. Ce SI a en arrière-plan une base de données sous

---

<sup>3</sup> Le logiciel R est un logiciel de statistique gratuit et à code source ouvert créé par R. Ihaka & R. Gentleman.

<sup>4</sup> CIRAD – UMR AMAP, Chargé de Recherche Nouvelle Calédonie, et la plateforme NIAMOTO : <https://niamoto.ird.nc/>;

<sup>5</sup> Unité de recherche BioSP, Centre de Recherches INRA-PACA, Avignon,

PostgreSQL/PostGIS et se propose de faire la restitution sur le Web en utilisant les possibilités de Shiny, la saisie des données et gère les aspects sécurité et authentification.

Une ébauche de cahier des charges de ce module est en cours. Pour finir, le design de l'interface graphique sera défini plus tard avec la collaboration du développeur informatique et de l'équipe projet.

## b. Conception technique

L'étape de réalisation technique du portail géographique de Paracou (Module 2) comprend plusieurs phases : le recensement des données, leur harmonisation dans une BD, la création d'un projet SIG jusqu'à sa mise en ligne sur un portail cartographique. En tant que géomaticienne de l'UMR EcoFoG, j'ai bénéficié de l'appui du CIRAD de Montpellier pour la mise en place de l'infrastructure informatique. En effet, nos installations informatiques en Guyane Française ne permettent pas une connexion réactive.

Les étapes de production sont les suivantes :

- Tout d'abord, ma méthode de travail débute par **l'inventaire et la centralisation des données** spatiales de Paracou. L'étape de recensement des données et d'harmonisation des informations fut longue (50 % du temps alloué pour le domaine technique). J'ai utilisé une grille d'analyse<sup>6</sup> des données via Excel pour réaliser un descriptif exhaustif des données constitué du résumé de la donnée, sa précision géométrique, son origine, sa qualité et son classement par mots-clés. Le manque d'information sur les auteurs et les dates de création des données a conduit à plusieurs entretiens (*prise de contact par mail et entretien*) et à de la recherche documentaire. Il a fallu réaliser plusieurs traitements SIG afin d'harmoniser les données, de les projeter dans le même système géographique et de corriger les erreurs de dessin. Au niveau de la fiabilité, nous avons également défini quatre classes sur les critères d'absence ou de présence d'informations de qualité :

Code de qualité	Type de fiabilité	Définition
0	faible	<i>La couche spatiale n'est associée dans ses métadonnées à aucun fournisseur, aucune date, aucun droit d'usage et aucun contact référent. Il n'y a pas de traçabilité de la donnée.</i>

<sup>6</sup> Voir annexe 3 : Extrait de la grille d'analyse des données

1	moyenne	<i>La couche spatiale est seulement associée dans ses métadonnées à un contact référent.</i>
2	forte	<i>La couche spatiale est associée dans ses métadonnées à un fournisseur, une date et un droit d'usage mais n'a pas de contact référent.</i>
3	absolue	<i>La couche spatiale est associée dans ses métadonnées à un fournisseur, une date, un droit d'usage et un contact référent.</i>

*Tableau 8 : Code de qualité et fiabilité des données*

Cette vision globale a permis de collecter, d'évaluer et de valider la fiabilité avant l'intégration dans le SIG. Cette phase a abouti à la rédaction d'un dictionnaire des données<sup>7</sup> respectant les standards de métadonnées (ISO 19115).

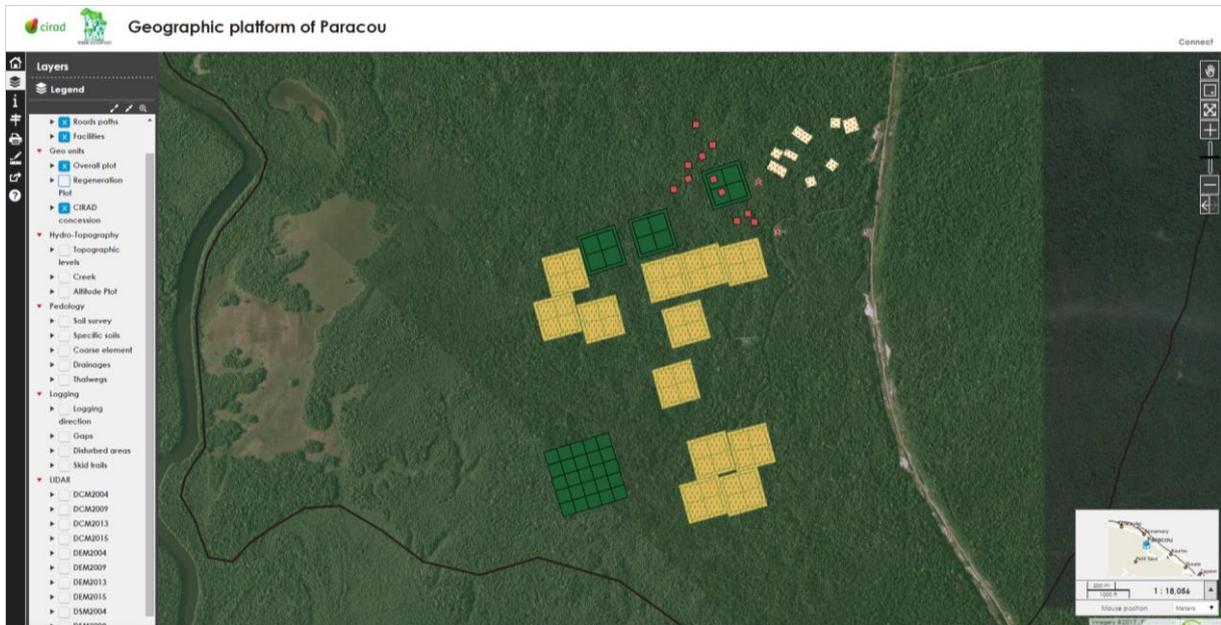
- L'analyse des données a guidé la partie de conceptualisation de la BD spatiale. Nous avons validé un **modèle conceptuel des données** (MCD) avec l'équipe technique. Une fois le modèle validé, j'ai créé la base de données PostGIS en injectant les données spatiales.
- Pour finir, j'ai élaboré le **développement de l'application webmapping** avec la solution QGIS et son plugin Lizmap. J'ai créé un projet SIG faisant appel à la BD SIG. Le travail de construction permet d'élaborer l'organisation et la mise en forme (*symbologie*) des données, le classement des couches et son paramétrage. La **configuration et la publication du projet QGIS** se configurent avec le plugin Lizmap et ses options de publication (*échelles, fonds de carte, métadonnées, sécurité et droits,...*). Il faut ensuite une synchronisation sécurisée du projet avec le serveur. Lorsque la synchronisation est terminée, la visualisation du projet des données est accessible sur internet. Certaines couches spatiales, selon leurs droits d'utilisation, peuvent être téléchargées.

---

<sup>7</sup> Voir annexe 4 : Exemple d'une fiche de métadonnées

### c. L'outil de visualisation

L'application Lizmap de Paracou se trouve à l'adresse : <https://paracoumaps.cirad.fr/>. Voici un extrait de l'interface du point de vue du profil client (utilisateur) :



*Schéma 7: Interface du portail géographique de Paracou (Lizmap)*

L'application propose des cartes en ligne ayant les fonctionnalités suivantes :

- La légende affichée respecte l'ordre et l'organisation définie dans QGIS ;
- Choix des données à afficher via la légende (*possibilité de cacher la légende*) ;
- Consultation des informations du projet et des données (*description, emprise, contact*) en anglais ;
- Déplacement sur la carte ;
- Zoom (*sur une zone dessinée par l'utilisateur, zoom avant et arrière, sélection d'un niveau de zoom via une barre de niveau,...*) ;
- Affichage de l'échelle sous forme d'une barre et de façon numérique ;
- Déplacement curseur souris et ses coordonnées associées en plusieurs formats (*mètres, degrés,...*) ;
- Interrogation d'un objet (*coordonnées géographiques, identification, emprise ...*) ;

Certains outils plus avancés ont été ajoutés par la suite et sont accessible depuis le portail géographique :

- Sélection d'un fond référentiel externe (*Google Maps, OpenStreetMap, ...*) ;
- Outil de mesures (calcul de périmètre, de surface et de distance) ;
- Outil d'aide en ligne ;

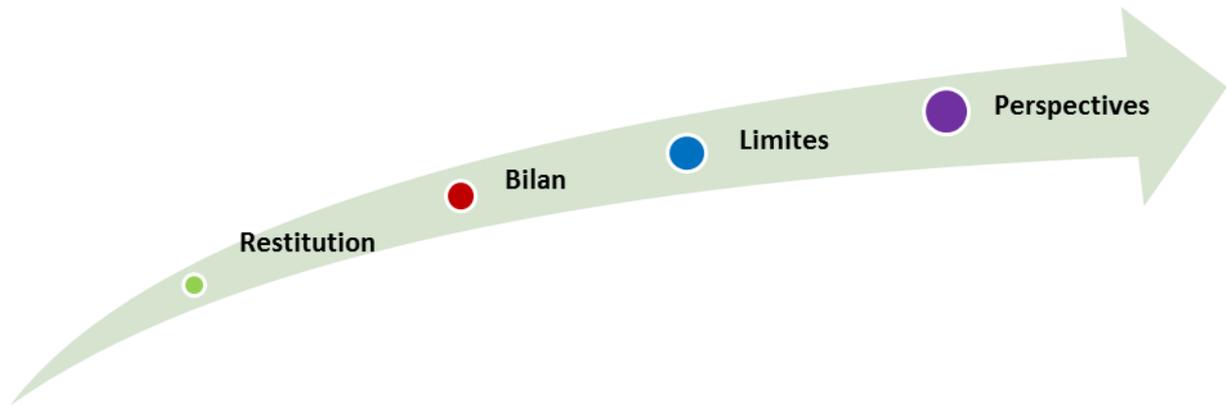
- Outil d'impression avec plusieurs formats (.pdf, .jpeg, .png et .svg), le choix de la résolution et de l'échelle ;
- Outil de localisation par couche ;
- Outil d'exportation de la donnée (3 formats d'exports GeoJson, GML2 et GML3) ;
- Choix de l'opacité pour la symbologie de chaque couche spatiale ;
- Gestion des droits d'accès par répertoire pour des groupes utilisateurs. L'administrateur peut restreindre l'accès à certaines couches spatiales. Pour accéder à ces cartes, l'utilisateur doit s'authentifier.
- Interface multilingue : anglais, français, italien, espagnol, portugais, grecque ;
- Édition de données géographiques en ligne : ajout, modification spatiale et attributaire, suppression

Le flux WMS du portail géographique de Paracou est disponible à l'adresse :  
<https://paracoumaps.cirad.fr/index.php/lizmap/service/?repository=paracou&project=ProjetParacouLizMap&SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&REQUEST=GetCapabilities>

## 4. Conclusion

---

Cette dernière partie présente la restitution de l'outil, le bilan du projet, ainsi que ses limites rencontrées et ses perspectives.



*Schéma 8 : Processus de la phase de résultats*

### a. Restitution du projet

La mission réalisée durant la formation du mastère SILAT a permis un avancement significatif sur la plateforme des données pour l'UMR EcoFoG. Tout d'abord, nous avons établi une compréhension globale et une définition de la plateforme des données avec les différents modules adaptés aux besoins. Cette réflexion a donné lieu à une première version du cahier des charges et le recrutement d'un informaticien, qui va permettre le développement de la plateforme. Ensuite, il m'a été attribué la valorisation des données géographiques pour un des modules de la plateforme. La réponse donnée a permis de livrer une base de données spatialisée accompagnée d'un dictionnaire des données. De surcroît, un portail géographique sur le web a été élaboré avec son rapport technique. Cette solution a donné lieu à une présentation et un accompagnement pour la prise en main de l'outil pour les utilisateurs. La restitution a été accompagnée de plusieurs rapports tels que le manuel utilisateur et le rapport technique. La communauté scientifique peut désormais trouver l'information sur les données spatiales de Paracou en ligne. Le recrutement de l'informaticien va permettre de développer l'outil dans sa globalité et un avancement rapide.

### b. Bilan et indicateurs de qualité

J'ai atteint les objectifs des missions qui m'ont été confiées durant ce projet. Le commanditaire a reçu un outil répondant à ses besoins. La plateforme des données de l'UMR EcoFoG est désormais définie et j'ai développé la moitié des outils souhaités. Dans ce projet, certaines parties ont été mieux maîtrisées que d'autres. La partie technique était la mieux maîtrisée, car je possédais les compétences techniques. En revanche, l'expérience de conduite de projet a été un réel

apprentissage et une mise en application de la formation SILAT. Il reste que la conduite du projet et sa compréhension globale m'ont paru parfois confuses. Néanmoins, les conditions de faisabilité ont été vérifiées et actées dès la première partie du projet. En particulier, il a été noté que sans recrutement dès le début du projet je n'étais pas en mesure de développer le projet de plateforme des données dans son intégralité, mais seulement un module.

Les indicateurs de qualité attachés au projet sont les suivants :

- **conformité aux besoins exprimés** : proximité entre le prévisionnel et la réalité ;  
atteinte des objectifs fixés ;
- **respect des délais** : projet livré dans les délais avec la restitution de l'outil et des rapports ;
- **efficience** : optimisation des moyens et état de l'art des différentes solutions ;
- **utilité** : suivi statistique du nombre de connexions et retours de la communauté scientifique ;
- **pertinence** : résultat approprié selon le contexte ;
- **bonne collaboration de l'équipe projet** : prise de décision collaborative, bonne émulation et réel avancement ;
- **domaine technique** : accessibilité de la plateforme, sécurité des données et vitesse de connexion ;

### c. Difficultés rencontrées

Ce projet s'est basé sur une équipe assez restreinte par rapport à l'envergure des demandes de l'UMR EcoFoG. Dès le départ, il a fallu cadrer le projet et bien définir chaque besoin pour chaque module de l'outil. La prise de recul n'était pas toujours évidente. La phase d'avant-projet a donc duré plus longtemps que prévu, car elle était incomplète ou encore floue. Néanmoins, l'équipe du projet et moi-même avons réalisé que le développement entier de l'outil ne serait pas possible pour le cadre du SILAT. Nous avons donc cadré ma mission du SILAT sur la définition de la plateforme et le développement d'un portail géographique pour Paracou.

J'ai aussi fait l'expérience de suivre la formation du SILAT en alternant avec mon poste actuel de géomaticienne et responsable technique de la station de Paracou au CIRAD - UMR EcoFoG. L'articulation des différentes tâches n'a pas toujours été facile. Il a fallu optimiser mon organisation et mon emploi du temps pour répondre au mieux à mes missions. J'ai néanmoins atteint les objectifs du projet tout en combinant les missions de mon poste actuel.

De plus, nous avons eu des difficultés à recruter sur le poste d'informaticien. Nous avons reçu peu de candidatures et quelques désistements. En effet, le profil du poste était atypique et regroupait plusieurs domaines de compétences (*développement informatique, biologie, création de package R,*

*compétence en SI*). De plus, le type de contrat proposé était peu attractif et nous connaissons une difficulté pour recruter sur le territoire guyanais. Ce retard a résulté en un manque de compétence sur la réflexion et le développement informatique de la plateforme.

Enfin au niveau de la technique des futurs modules, il faudra avoir une réflexion plus approfondie afin de constater si l'existant suffit pour continuer à développer la plateforme. Il faudra notamment s'interroger sur le modèle conceptuel de la base de données SIG pour la faire communiquer avec celle de GuyaFor. Certains points doivent être également approfondis tels que les requêtes complexes des futurs utilisateurs et le débit internet afin de garder un outil réactif.

#### **d. Évolution du projet et perspectives**

Ce projet de plateforme des données sur internet est en pleine création et ne demande qu'à aboutir. Actuellement, deux modules sur quatre sont créés et opérationnels. La plateforme n'a plus qu'à évoluer sur son aspect technique, car les données sont d'ores et déjà regroupées dans des bases de données. Pour l'avenir, il faut affiner les définitions des autres modules et étudier les différentes solutions possibles, notamment en termes d'interopabilité entre les outils.

De plus, ce projet peut connaître certaines évolutions. Tout d'abord, l'outil est actuellement centré sur les données forestières de Paracou, mais sera à terme étendu à l'ensemble des dispositifs forestiers du réseau GuyaFor. Également, nous souhaitons intégrer les autres types d'inventaires de biodiversité disponibles au sein de l'UMR EcoFoG. D'autres inventaires de biodiversité sont effectivement stockés sous forme de base de données, ils concernent des groupes taxonomiques tels que les champignons, les arthropodes, la grande faune, les amphibiens,...Les inventaires de biodiversité sont tous géolocalisés au moins au niveau des points d'échantillonnage et au mieux au niveau des individus quand c'est pertinent. Enfin, lorsque la plateforme sera complètement opérationnelle, l'outil pourra éventuellement se généraliser à d'autres dispositifs forestier du CIRAD (*M'Baïki en Afrique Centrale par exemple*). L'idée est que le développement de la plateforme soit réutilisable et permette des collaborations scientifiques.

Subséquemment, j'ajoute des marges d'évolution possibles en termes de SIG auprès de mon commanditaire liées aux besoins exprimés par la communauté scientifique:

- la formation SIG : notions de base en QGIS, requêtes SQL via la BD SIG;
- le développement d'outil via des scripts python sur QGIS : il serait possible de réaliser ses propres extensions dans le langage de programmation Python qui répondent aux besoins spécifiques des utilisateurs.

Au final, l'approche proposée n'a pas connu de dysfonctionnement particulier. Durant ce parcours, j'ai acquis des compétences au niveau technique et des qualités en tant que cheffe de projet. Avant tout, les points qui m'ont semblé importants en tant que cheffe de projet pour l'aboutissement du projet étaient : ma motivation ressentie et véhiculée au sein de l'équipe, ma disponibilité en tant que cheffe de projet, ma capacité à organiser et gérer mon temps, mon anticipation des potentiels problèmes, apprendre à prendre du recul par rapport à l'action et demander conseil et ma capacité à gérer l'urgence sans être débordée. Ces compétences vont me servir pour développer les futurs outils de la plateforme et je peux les faire valoir au sein de l'UMR EcoFoG et ailleurs.

# Bibliographie

---

## Lien internet

- **Cours UML** Édition 2007-2008 Laurent AUDIBERT :  
<http://www.mcours.com/cours-uml-edition-2007-2008-laurent-audibert/> - Avril 2017.
- **Cours « Module Géomatique et Systèmes d'Informations Géographiques »**, Pierre Hallot & Roland Billen, 2013, Unité de Géomatique ULg :  
<http://www.geo.ulg.ac.be/cms/uploads/ST/COURS2.pdf> - Janvier 2017.
- **Encyclopédie** : [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)- Janvier- Juin 2017.
- **Guide de l'utilisateur de PostgreSQL/PostGIS en français** :  
<http://www.davidgis.fr/documentation/win32/html/index.html> - Mai - Juin 2017.
- **Introduction à PostGIS** : <http://users.info.unicaen.fr/~dumoncel/postgis/doc/> - Mai - Juin 2017.
- **La cartographie SIG en ligne ou Webmapping** : les outils «libres» État des lieux des solutions «applicatives» :  
<http://mappemonde.mgm.fr/num8/internet/int05401.html> - Février 2017.
- **Le forum SIG** : [www.forumsgis.org](http://www.forumsgis.org) - Janvier 2017.
- **Lizmap** : [https://docs.3liz.com/fr/publish/lizmap\\_configuration.html](https://docs.3liz.com/fr/publish/lizmap_configuration.html) et <https://docs.3liz.com/fr/>- Juillet 2017.
- **PgAdmin** (interface graphique d'administration PostgreSQL/PostGIS) :  
[http://www.pgadmin.org/?locale=fr\\_FR](http://www.pgadmin.org/?locale=fr_FR) - Juin 2017.
- **Site de la communauté des utilisateurs francophones** : <http://www.postgis.fr/>- Juin 2017.
- **Site officiel (en anglais)** : <http://postgis.refrains.net/> - Juin 2017.
- **UML** - Modélisation des classes et objets :  
<http://www.commentcamarche.net/contents/uml/umlclass.php> - Avril 2017.
- **Wiki PostGIS** (en anglais) : <http://trac.osgeo.org/postgis/wiki/UsersWikiMain> - Janvier - Avril 2017.

## Mémoire en ligne

- **MILLOGO, F., 2012**, « *Mise en place d'une application webmapping de géolocalisation des points d'intérêts de la ville de Ouagadougou* », Université de Douala et de l'AUF - Master 2 Informatique Appliquée aux Systèmes d'Information Géographique :  
<http://www.memoireonline.com/05/13/7195/Mise-en-place-dune-application-webmapping-de-geolocalisation-des-points-dintert-de-la-vill.html>

## Mémoire sur le dispositif de Paracou

- **Barthes, B., 1991**, « *Caractérisation pédologique de parcelles du dispositif "Forêt naturelle" du C.T.F.T. à Paracou (Sinnamary, Guyane)* », Cayenne, Guyane Française, Rapport interne ORSTOM/CTFT; 14p.
- **Cantet, L., 2004**, « *Prédiction de l'engorgement hydrique de surface par les cortèges floristiques en forêt tropicale humide (Guyane française)* », Kourou, Guyane Française - Nancy : Université Henri Poincaré, ENGREF : 22p.

- **Cantet, L., Delattre, M., et Guerin, G., 2003**, « *Engorgement hydrique et hydromorphie des sols* », ENGREF, Kourou, Guyane Française.
- **Ferry, B., Morneau, F., Bontemps, J.D., Blanc, L. & Freycon, V., 2010**, « *Higher treefall rates on slopes and waterlogged soils result in lower stand biomass and productivity in a tropical rain forest* », Journal of Ecology, 98: 106-116.
- **Gourlet-Fleury S., Guehl, J.M., Laroussinie, O., 2004**, « *Ecology and Management of a Neotropical Rainforest. Lessons drawn from Paracou, a long-term experimental research site in French Guiana* », Elsevier, Paris, 3-60.
- **Janet, B., S. Forestier and J.Tourout, 1999**, « *Cartographie pédologique des bas-fonds de Paracou* », Kourou, Guyane Française, ENGREF : 40p.
- **Jounieaux, M., 2016**, « *The effect of light micro-environment on growth and survival for saplings in French Guiana tropical rain forest: Utilisation of LiDAR data to conceptualise light indexes* », Biodiversity, Ecology and Evolution Master Degree of Montpellier University, France, co-accredited with AgroParisTech.
- **Malherbe, M., 2002**, « *Etude géomorphologique et pédologique du site de Paracou* », Kourou, Guyane Française, CIRAD.
- **Morneau, F., 2007**, « *Effects of a hydrological gradient on the structure and dynamic of a tropical rain forest (Paracou, French Guiana)* », Thèse, Kourou, Guyane Française, ENGREF.
- **Roelens, J.-B., 2007**, « *Cartographie pédologique de six parcelles exploitées sur le dispositif expérimental de Paracou* », Rapport d'activités, CIRAD/UMR ECOFOG, Kourou, Guyane française, 25p.
- **Soucémariadin, L., 2004**, « *Recherche de critères du sol influençant la structure et la composition floristique d'une forêt tropicale humide (Paracou, Guyane française)* », Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.
- **Weigel, J., 2006**, « *Cartographie pédologique de quatre parcelles témoins. Dispositif de Paracou, Guyane française* », », Kourou, Guyane Française, ENGREF/UMR ECOFOG, 31 p.
- **Weigel, J., 2009**, « *Compte-rendu de mission en Guyane du 7 au 25 juin 2009 : encadrement de M. Desprez (Montagne Plomb, Laussat) et de J. Weigel (Cartographie des sols Paracou). Aperçu d'anciens sites amérindiens (Montagne couronnée, Eperon barré), V. Freycon* » Kourou, Guyane Française, CIRAD, 34 p.

#### [Support de cours \(.pdf\)](#)

- **Clopes, A., 2017**, « *Présentation Bases de données, Cartouche spatial* », Mastère SILAT 2017 - UMR TETIS, AgroParisTech, CIRAD, IRSTEA.
- **Sautot, L., 2016**, « *Catalogage et services web associés* », Mastère SILAT 2017 - UMR TETIS, AgroParisTech, CIRAD, IRSTEA.

## Glossaire

---

- **BD** : Base de données ;
- **CEBA** : Centre d'étude de la biodiversité amazonienne ;
- **CIRAD** : Centre internationale en recherche agronomique pour le développement ;
- **CNRS** : Centre national de la recherche scientifique ;
- **GuyaFor** : réseau de dispositifs forestiers installés en Guyane Française ;
- **INRA** : Institut national de la recherche agronomique ;
- **ISO** : Norme de l'organisation internationale de normalisation ;
- **Lizmap** : solution de webmapping qui publie les cartes QGIS sur internet et développé par 3Liz.
- **MCD** : Modèle conceptuel des données ;
- **ODBC** : Open database connectivity ;
- **OGC** : Open Geospatial Consortium est un consortium international pour développer et promouvoir des standards ouverts, les spécifications OpenGIS, afin de garantir l'interopérabilité des contenus, des services et des échanges dans les domaines de la géomatique et de l'information géographique ;
- **PostGIS** : est une extension du SGBD PostgreSQL, qui active la manipulation d'informations géographiques sous forme de géométries, conformément aux standards établis par l'OGC ;
- **PostgreSQL** : est un système de gestion de base de données relationnelle et objet (SGBDRO). C'est un outil libre disponible selon les termes d'une licence de type BSD ;
- **QGIS** : logiciel de cartographie nommé Quantum GIS ;
- **SGBD.** : Système de gestion des bases de données ;
- **SI** : Système d'information ;
- **SIG** : Système de l'information géographique ;
- **SILAT** : Systèmes d'informations localisées, aménagement du territoire ;
- **UMR EcoFoG** : Unité mixte de recherche en écologie des forêts guyanaises ;
- **WCS** : Web Coverage Service, norme de publication de l'OGC pour les données géographiques RASTER ;
- **Webmapping** : regroupe l'ensemble des technologies permettant d'afficher une carte par internet ;
- **WFS** : Web Feature Service, norme de publication de l'OGC pour les données géographiques vectorielles ;
- **WMS** : Web Mapping Service, norme de publication de l'OGC pour les cartes au format image.

## Table des matières : tableaux et schémas

---

<b>Tableau 1</b> : Résumé des risques du projet .....	11
<b>Tableau 2</b> : Equipe du projet .....	11
<b>Tableau 3</b> : Diagramme de GANTT .....	12
<b>Tableau 4</b> : Solutions SGBD libres .....	18
<b>Tableau 5</b> : Solutions de serveurs cartographiques libres .....	18
<b>Tableau 6</b> : Solutions clientes d'applications cartographiques libres .....	19
<b>Tableau 7</b> : Solution cliente d'application cartographique « Lizmap » .....	19
<b>Tableau 8</b> : Code de qualité et fiabilité des données .....	23
<b>Schéma 1</b> : Résumé global du projet et le périmètre du SILAT (en rouge) .....	7
<b>Schéma 2</b> : Déroulement de la phase d'analyse d'avant-projet .....	9
<b>Schéma 3</b> : Déroulement de la phase de conception du projet .....	15
<b>Schéma 4</b> : Diagramme général de la plateforme des données .....	15
<b>Schéma 5</b> : Diagramme général d'une application webmapping .....	16
<b>Schéma 6</b> : Fonctionnement technique de l'application Lizmap .....	20
<b>Schéma 7</b> : Interface du portail géographique de Paracou (Lizmap) .....	24
<b>Schéma 8</b> : Processus de la phase de résultats .....	26

## Annexes

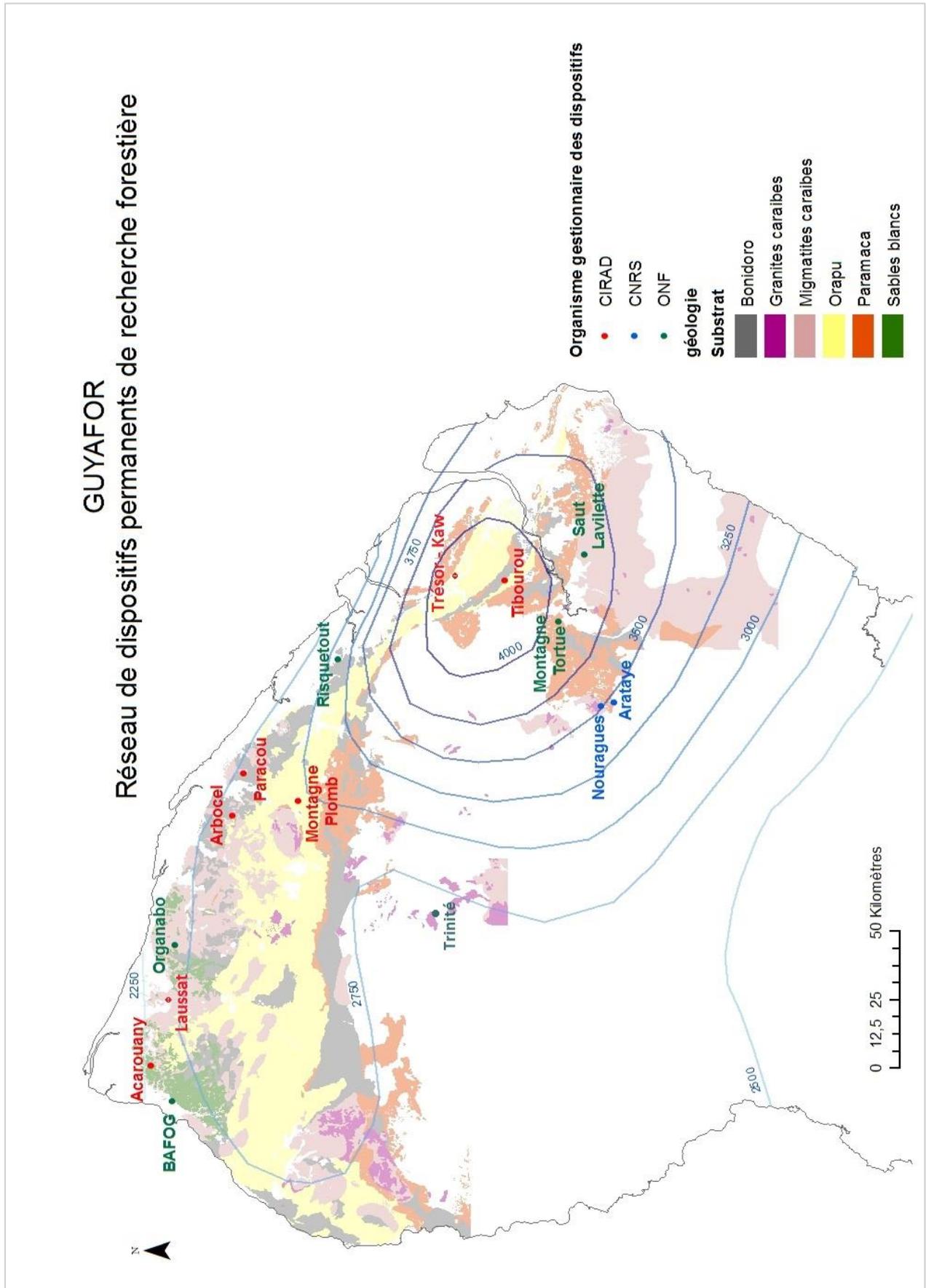
### Annexe 1 : Enquête

- **Liste des instituts de rattachement des destinataires de l'UMR EcoFoG:**

- |   |                |
|---|----------------|
| ✓ Laboratoire de la science du Bois de Guyane | ✓ UMR AMAP     |
| ✓ Laboratoire d'écophysiologie                | ✓ UMR EcoFoG   |
| ✓ Laboratoire de génétique                    | ✓ Informatique |
| ✓ Laboratoire de modélisation                 |                |

- **Sondage :**

Questions	Taux de réponse	Besoin principal exprimé
Que connaissez-vous des SIG ?	90 %	Apprendre la manipulation
Êtes-vous un utilisateur régulier des SIG ? Si oui, quel logiciel SIG utilisez-vous ?	100 %	50 % de non utilisateurs, et 50 % d'utilisateurs occasionnels avec QGIS
Pour quelle finalité utilisez-vous le SIG ?	90 %	Création de carte et extraction des données
Ressentez-vous le besoin d'un soutien technique ? Si oui, lequel ?	90%	Apprentissage de base (projection, création de cartes,...)
Quels sont précisément les fonctions et/ou domaines du SIG que vous utilisez le plus dans vos recherches ?	80 %	Création de carte avec visualisation des relevés de terrain et analyse spatiale
Quels sont les principaux problèmes rencontrés (hors problèmes techniques) ?	40 %	Accessibilité des données
Connaissez-vous les données SIG existantes de l'UMR EcoFoG ? Si oui, vous donnent-elles satisfaction ?	100 %	Manque d'information
Actuellement, ou allez-vous chercher vos données ? Et comment ?	100 %	Demande aux responsables des données
Etes-vous favorable à un regroupement de l'information en ligne en libre accès?	90 %	Oui
Quelles sont les fonctionnalités SIG que vous aimeriez avoir à disposition (outil, fonction,...) ?	60 %	Outils : <ul style="list-style-type: none"> <li>• pour gérer les projections ;</li> <li>• analyses spatiales simples ;</li> <li>• - Charger les GPS ;</li> </ul>

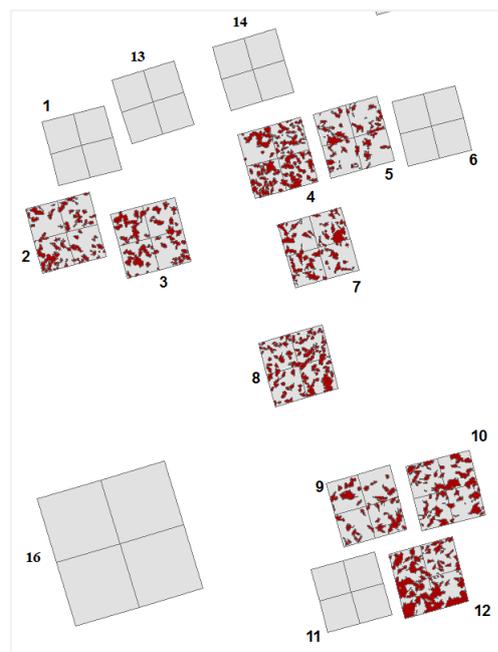


### Annexe 3 : Extrait de la grille d'analyse des données (fichier Excel)

DESCRIPTION			THEMATIQUE			PRECISION GEOMETRIQUE				RASTER		QUALITE						
Theme	Nom informatique	Résumé en français	Résumé en anglais	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Format	Type	Nb entités	Attributs	Projection SRID	Précision	Résolution	Nb Caneux	Fournisseur	Date	Droit d'usage	Contact référent
GEO units	OverallPlots.shp	Limite des parcelles, carrés et zone tampon sur le dispositif de Paracou. Les limites des parcelles de 1 à 16 ont été positionnées avec des instruments de levé topographique (boussole, clinomètre, topofil).	This layer shows the boundaries of the plots, subplots and buffer zones (25m) at Paracou research station. The boundaries of plots 1 to 16 have been positioned with topographical survey instruments (compass, clinometer, measuring tape).	Geography reference data	Physical geographical unit	Plots, limite spatial	Shapefile	Polygon	100	8 : Type, N_polygon e, N_type, N_parcelle, X_centro, Y_centro, Surface, perimetre	EPSG : 32622 - Wgs84 utm22N	1/1	-	-	Equipe CIRAD forêt Petronelli, P., Laroussinie O., Bergonzini, J.C., Schmitt, L.	1985	Libre	Petronelli, P. - CIRAD
	RoadsPaths.shp	Voie principale d'accès à la station, l'accès aux parcelles, ... Les layons délimitant les parcelles ont été positionnés avec des instruments de levé topographique (boussole, clinomètre, topofil). En 1996 les layons périphériques des parcelles ont fait l'objet d'un nouveau levé par un géomètre expert.	This layer illustrates the main access road to the station, and the tracks around the entire perimeter of the plots. The tracks around plots were positioned with topographical survey instruments (compass, clinometer, measuring tape) in 1996 by a surveyor.	Geography reference data	Human geography	Infra-structure	Shapefile	Line	49	2 : Type, plot	EPSG : 32622 - Wgs84 utm22N	?	-	-	Equipe CIRAD forêt - Petronelli, P., Laroussinie O., Bergonzini, J.C., Schmitt, L.	1985	Libre	Petronelli, P. - CIRAD
Inventory (ODBC GuyaFor)	LastInventory.shp	Inventaire de mesures des arbres en 2015 (dernier inventaire réalisé) sur Paracou. Les coordonnées utilisées sont les coordonnées relatives.	The latest tree circumference inventory conducted at Paracou. The coordinates used are both relative and absolute coordinates.	Forestry data	Forest inventory	Inventory	Shapefile	Point	77303	17 : NomForet, Libelle, NumCarre, NumAbre, X.Y.Xutm, Yutm,	EPSG : 32622 - Wgs84 utm22N	1/1	-	-	UMR EcoFoG	2016	Sous condition	Jaouen, G. - AgroParisTech
LIDAR	DEM2004.tif	Lidar Paracou 2004 acquises dans le cadre du programme CAREFOR (FEDER) sous l'égide de Daniel Sabatier. Méta-données décrites dans le géocatalogue CEEBA. Modèle numérique de terrain sur Paracou en 2004.	The aerial laser scanning (ALS) dataset, acquired on October 2004, covers the experimental station Paracou in French Guiana. More precisely, the dataset covers all Paracou plots totally except of plot 15 that is only covered partly. The area includes exploited and non-exploited forest and Pinot palm. Ground echoes are available as well as a digital terrain model (DTM), a digital surface model (DSM), and a digital canopy model (DCM) with a 1 meter resolution. These lidar data was acquired as part of the program CAREFOR (ERDF) under the aegis of Daniel Sabatier.	Geography reference data	LIDAR - Remote sensing	Elevation / Vegetation	Raster	.tif	2770	2245	EPSG : 32622 - Wgs84 utm22N	-	1 m	1	Sabatier, D.	2005	Libre	Vincent, G. - IRD

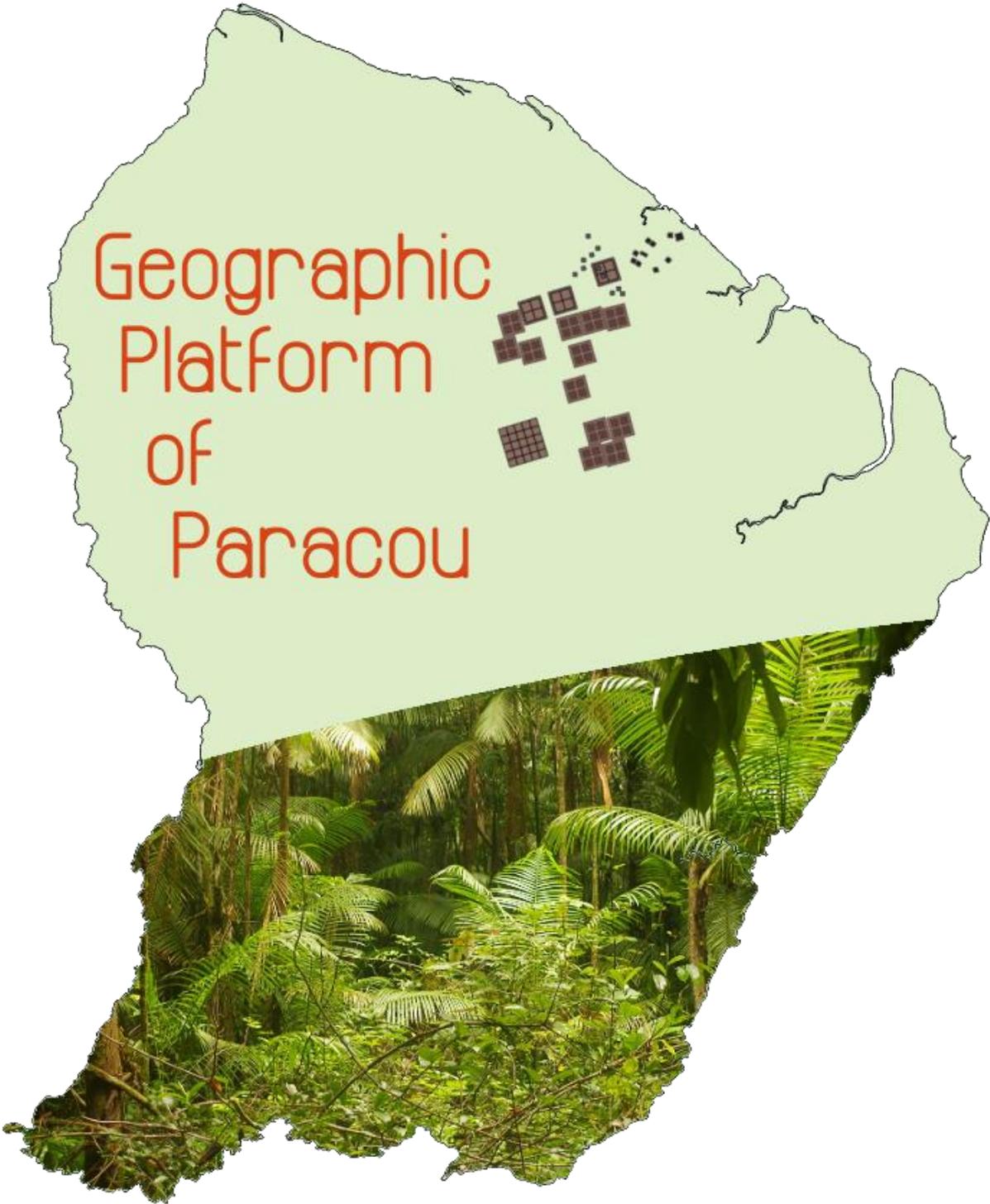
#### Annexe 4 : Exemple fiche métadonnées

- **Source** : Equipe CIRAD forêt - Petronelli, P., 1987 ;
- **Referent contact** : Petronelli, P. – CIRAD, UMR EcoFoG
- **Right to use** : Open access ;
- **Projection** : EPSG : 32622 – WGS 1984 UTM 22N ;
- 
- **Name** : taDisturbedAreas.shp ;
- **Description** : This layer represents the 1987 disturbed area at Paracou ;
- **Theme** : logging ;
- **Type of entity** : Polygon (405 entities) ;
- **Picture** :



- **Attribute table** :

Variable	Type	Description	Modalités
<b>idDist</b>	Integer	Identifiant unique d'objet	1 - 405
<b>TypeDist</b>	Varchar	Type de l'objet (1 modalité)	DisturbedAreas
<b>idPlot</b>	Integer	Identifiant unique de la parcelle (GuyaFor)	Voir annexe 2
<b>Plot</b>	Integer	Numéro de la parcelle	Voir annexe 2
<b>Geom</b>	Geometry	Géométrie de l'objet	POLYGONE



**Résumé :**

L'évolution importante du territoire guyanais appelle les décideurs locaux et la communauté scientifique à acquérir de nouveaux outils pour l'aménagement du territoire. Ainsi, l'objectif de l'UMR EcoFoG a été la valorisation et la distribution des données spatiales de Paracou. Afin de bien répondre à ces besoins, un questionnaire et une analyse des besoins ont été réalisés. Maintes solutions ont été étudiées en fonction des besoins recensés. Le choix final pour cette mission a été de développer dans un premier temps une base de données spatiales, puis, dans un second temps, une plateforme en ligne pour la visualisation de ces données. L'outil s'est déployé avec succès, ainsi que le déroulement de cette mission. Ce rapport apporte donc une réflexion sur la conduite de ce projet, mais également un exposé de la partie technique.

**Mot clés :** Système d'information, Base de données spatialisée, Cartographie sur Internet, Données forestières, Réseau GuyaFor, Paracou, PostgreSQL, PostGIS, LizMap, Qgis ;

**Abstract :**

Complex structural changes in geographic organization in French Guiana mean that land managers and scientific research community require new tools to allow for regional development. The EcoFog UMR aims to acquire, organize and distribute spatial data of Paracou to facilitate this. In order to meet the relevant demands, an analysis of the requirements of the development community was conducted through a questionnaire. Solutions were then proposed based on these requirements. Firstly, the development of a spatial database was undertaken, followed by the creation of an online platform to visualise this data. The outputs of this undertaking were successful in addressing the recorded demands. This report provides a reflection on the project management but also its technical implementation.

**Keywords:** Information system, Spatial database, Webmapping, forestries datas, GuyaFor network, Paracou, PostgreSQL, PostGIS, LizMap, Qgis ;