
Utilisation des SIG mobiles et l’outil vertex dans la gestion forestière : une application dans la forêt de l’école nationale des eaux et forêts de Mbalmayo

Using mobile GIS and the vertex tool in forest management: an application in the forest of the Mbalmayo National School of Water and Forests

Par/By: Germain MBOCK⁽¹⁾; Danièle TJOMB⁽²⁾; Philippes MBEVO FENDOUNG⁽³⁾; Gilles Yvan AKAMBA⁽⁴⁾

(1) École Nationale des Eaux et Forêts (ENEF) de Mbalmayo, Directeur ; BP 69

(2) École Nationale des Eaux et Forêts (ENEF) de Mbalmayo, Enseignante et Géomaticienne ; BP 69

(3) Université de Yaoundé, Doctorant en géographie physique et Géomaticien; BP S/c 30464

(4) Professeur des lycées d’enseignement général en Géographie et Géomaticien ; BP S/c 755

Adresse des correspondances : phijippesmbevo@yahoo.fr

Résumé. L’avènement des technologies spatiales et leurs applications multiples ont considérablement allégé la gestion de l’environnement. Les Systèmes d’Informations Géographiques (SIG) et la télédétection proposent une gamme variée d’outils couramment utilisés dans l’aménagement du territoire et la gestion des ressources naturelles. Dans le domaine de la foresterie, la réalisation des inventaires géo-référencés, des plans de sondage et du zonage forestier fait de plus en plus recours aux SIG mobiles, notamment l’ArcPad et le vertex. Ces deux outils révolutionnaires interviennent respectivement dans le géo-référencement des arbres en prenant en compte le diamètre et dans l’estimation de la hauteur des arbres. Le ArcPad est incorporé dans un autre outil appelé Personal Digital Assistant (PDA) qui lui aussi incarne les applications GPS et certaines fonctionnalités du logiciel ArcMap. L’objectif de cette recherche est d’appliquer ces deux outils dans la gestion de la forêt école de l’ENEF, notamment dans l’inventaire géo-référencé des arbres/essences et l’estimation des hauteurs des arbres. Pour y parvenir, la parcelle expérimentale (d’étude) est géo-référencée à l’aide d’un GPS, puis enregistrée dans l’ArcPad. L’inventaire se fait ainsi de façon mobile, en se déplaçant à l’intérieur de la parcelle. Les

Rev. int. géomat. aménage. gest. ressour.

données collectées sont automatiquement enregistrées en format Shapefile et facilement importable sous SIG. Fort de cette démarche, un certain nombre de résultats sont obtenus. Il apparaît que cette portion de forêt a une forte diversité floristique (*Albyzia*, *Aiele*, *Azobé*, *Fraké*, *Sapelli*, *Movingui*, *Ilomba*, *Iroko*, etc). Le diamètre des arbres varie entre 26 et 120 cm et les hauteurs sont comprises entre 10 et 38 mètres. Trois cartes thématiques sont produites pour faciliter la gestion de cet espace forestier. Pour pérenniser cette technologie, 18 enseignants de l'ENEF sont formés et deux écogardes dans la manipulation de ces outils. Ces derniers auront la charge de retransmettre ce savoir-faire à leurs apprenants, afin de vulgariser la technologie.

Mots clés. SIG mobiles, Gestion forestière, Mbalmayo, inventaire géoréférencé

Soumis le 20 mars 2018

Accepté le 16 juin 2018

Abstract. The advent of space technologies and their multiple applications have significantly reduced the management of the environment. Geographical Information Systems (GIS) and remote sensing offer a wide range of tools commonly used in land use planning and natural resource management. In the field of forestry, georeferenced inventories, sampling plans and forest zoning makes an increasing use of mobile GIS, particularly ArcPad and vertex. These two revolutionary tools intervene respectively in the georeferencing of the trees considering the diameter and the estimation of the height of the trees. The ArcPad is incorporated into another tool called Personal Digital Assistant (PDA) which also englobesembodies the GPS some applications and some features of the ArcMap software. The objective of this research is to apply these two tools in the management of the NFS school forest, in particular in the georeferenced inventory of trees / species and the estimation of the heights of trees. To achieve this, an experimental (study) plot is georeferenced with the help of a GPS and registered in the ArcPad. The inventory is thus done by moving inside the parcel. The collected data is automatically saved in the Shapefile format and easily imported under GIS. With this approach, a certain number of results are obtained. It appears that this portion of forest has a high floristic diversity (*Abyzia*, *Aiele*, *Azoba*, *Fraka*, *Sapeli*, *Movingui*, *Ilomba*, *Iroko*, etc.). The diameter of the trees varies between 26 and 120 cm and the heights are between 10 and 38 meters. Three thematic maps are

Rev. int. géomat. aménage. gest. ressour.

produced to facilitate the management of this forest area. To sustain this technology, 18 NFS teachers are trained and two ecoguards in the handling of these tools. The latter will be responsible for transmitting this know-how to their learners, in order to popularize the technology.

Keywords. Mobile GIS, Forest Management, Mbalmayo, Georeferenced Inventory.

Soumis le 18janvier 2018

Accepté le 23 juin 2018

Introduction

La géomatique en général et les Systèmes d'Information Géographique jouent un rôle déterminant dans la gestion des ressources naturelles. C'est la raison pour laquelle certains n'ont pas hésités à la taxer d'un outil de gestion et d'aide à la décision, dans la mesure où elle permet de stocker, d'organiser, de valoriser et de représenter les données décrivant un territoire dans le but de mieux le connaître et de mieux l'appréhender. Il englobe l'ensemble des processus qui consistent modéliser et à acquérir une donnée brute sur un espace géographique, dans le but de produire de l'information utile.

Considérées comme de grands espaces en mutation, la gestion des milieux forestiers implique la maîtrise d'une quantité sans cesse croissante et diversifiée d'informations se caractérisant avant tout par leur composante spatiale. Les SIG jouent donc, depuis très longtemps, un rôle important en foresterie.

La cartographie du couvert forestier et la surveillance sont d'une importance primordiale, dans la mesure où l'état des forêts affecte le bien-être de millions de personnes, influe sur le climat régional et mondial et sur la biodiversité. La connaissance précise de la superficie forestière, de sa composition floristique et de sa dynamique fournit des informations qui sont essentielles à la mise en place et au suivi des politiques environnementales et économiques. L'outil PDA (Personal Digital Assistant), en tant que SIG mobile, joue un rôle déterminant dans le processus de collecte, la saisie, la structuration et le formatage des données collectées. À

l'intérieur du PDA se trouve une application dénommée ArcPad. C'est un produit d'ESRI dont le fonctionnement n'est pas différent de celui d'ArcMap. C'est la raison pour laquelle, les données collectées avec cette application, qu'elles soient ponctuelles, linéaires ou surfaciques, sont automatiquement géo-référencées. Par ailleurs, un autre outil aussi moderne facilite la détermination de la hauteur des arbres : c'est le Vertex. L'objectif de cette recherche est d'appliquer ces deux outils dans la gestion de la forêt école de l'ENEF, notamment dans l'inventaire géo-référencée des arbres/essences et l'estimation des hauteurs des arbres. C'est ainsi qu'une portion de forêt de dimension 125m x 500m a été définie dans la forêt école et a servie de parcelle d'expérimentation.

Méthodologie

Situation et présentation de la zone d'étude

La commune de Mbalmayo est le chef-lieu du département du Nyong et So'o, Région administrative du Centre Cameroun (figure 1). Elle est située à environ 50km au Sud de Yaoundé (3°24'00"-3°35'45"N et 11°27'00"-11°40'30"E) et couvre une superficie de 592km². L'ENEF est située dans cette commune, non loin du fleuve Nyong.

Ville carrefour pour se rendre la région du Sud Cameroun (Ebolowa et Sangmélina), c'est également à Mbalmayo que passe la route ralliant la frontière des pays voisins (Gabon et Guinée équatoriale). Elle abrite une population évaluée à 64 808 âmes en en 2013 (FEICOM, 2013).

Au plan physique, la ville s'étale sur un bas plateau d'altitude moyenne n'excédant pas 600m. Elle est marquée par l'omniprésence du fleuve Nyong qui la divise en deux. C'est d'ailleurs ce dernier et le rocher « *VIMLI* » qu'il abrite au milieu de son lit qui sont à l'origine de l'implantation des colons allemands sur ce site vers 1910 et finalement de la création de la ville en 1926 sous colonisation française. La ville a pris le nom du chef local (Mbala Meyo) qui y régnait à l'arrivée du colonisateur allemand.

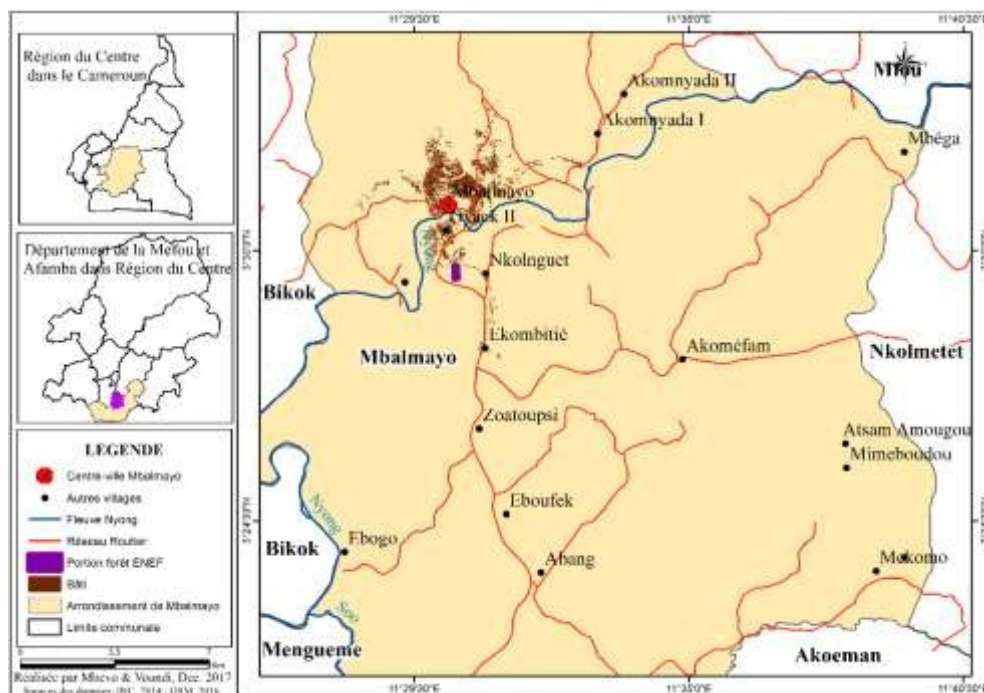


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

Présentation du principe de fonctionnement du PDA/ArcPad

La PDA (Personnal Digital Assistant, littéralement assistant numérique personnel, aussi appelé organisateur) est ordinateur de poche composé d'un processeur, d'une mémoire vive, d'un écran tactile et de fonctionnalité réseau dans un boîtier compact d'extrêmement petite taille.

Les PDA possèdent des systèmes d'exploitation dont la définition est adaptée à la résolution d'affichage de l'écran et dont les fonctionnalités correspondent aux caractéristiques de ce type d'appareil. Il existe plusieurs systèmes d'exploitation pour PDA, correspondant la plupart du temps à des types de PDA différents et portés par des constructeurs différents, au même titre qu'il existe des ordinateurs Mac et PC. Les deux principaux systèmes sont :

- **PalmOS**, promu par la société *Palm*.

- **Windows Mobile** ou **Pocket PC** (anciennement *Windows CE*), promu par la société *Microsoft*.

Caractéristiques techniques

Lors de l'achat d'un PDA il est notamment important de veiller aux caractéristiques suivantes :

Poids et dimensions : Le PDA est destiné à être emporté partout et doit donc tenir dans la main ou la poche. Ses dimensions et son poids doivent donc être choisis les plus petits possibles, en gardant à l'esprit le besoin d'ergonomie et de surface d'affichage.

Autonomie : L'autonomie du PDA est fonction des caractéristiques de la batterie.

Ni-Cad (Nickel / Cadmium) : type de batterie rechargeable devenu obsolète car souffrant de l'effet mémoire, c'est-à-dire une baisse progressive de la charge maximale lorsque celle-ci est rechargée alors qu'elle n'est pas complètement "à plat".

Ni-Mh (Nickel / Métal Hybride) : type de batterie rechargeable plus performant que les batteries Nickel-Cadmium.

Li-Ion (Lithium / Ion) : type de batterie rechargeable équipant la majorité des ordinateurs portables. Les batteries Li-Ion offrent d'excellentes performances pour un coût modeste. D'autre part les batteries Li-Ion ne souffrent pas de l'effet mémoire, ce qui signifie qu'il n'est pas nécessaire de vider complètement la batterie avant de recharger l'appareil.

Li-Polymer (Lithium / Polymère) : type de batterie rechargeable ayant des performances équivalentes aux batteries Li-Ion mais beaucoup plus légères dans la mesure où le liquide électrolytique et le séparateur microporeux des batteries Li-Ion sont remplacés par un polymère solide, beaucoup plus léger. En contrepartie le temps de charge est plus important et leur durée de vie est plus faible.

Le terme PDA va faire son entrée dans le domaine de la téléphonie et la première utilisation fut en janvier 1992. À cette époque, John Sculley, alors PDG d'Apple, présente son Newton qu'il a appelé *Personal Digital Assistant*. Les Smartphones intègrent aussi cette application. Mais La version courte PDA est restée dans les mémoires, contrairement à Newton qui n'a vraiment pas tenu ses promesses.

Ainsi, à l'intérieur du PDA, on a pu incorporer un SIG mobile appelé ArcPad. Il devient donc possible de collecter les données directement géo-référencées. Pour y parvenir, il est déterminant que les limites de la zone d'étude soient au préalable définies et intégrée dans l'application, les différentes entités et attributs des objets géographiques devant faire l'objet de la collecte. Une fois sur le terrain, et de façon mobile, toutes les informations sont renseignées à l'aide du stylet tactile. C'est cette facilité qui justifie le bon fondé de la collecte des données à partir du PDA, par rapport aux techniques de collecte manuelle pratiquées par ailleurs. La figure 1 ci-dessous établit ce rapprochement entre les deux approches.

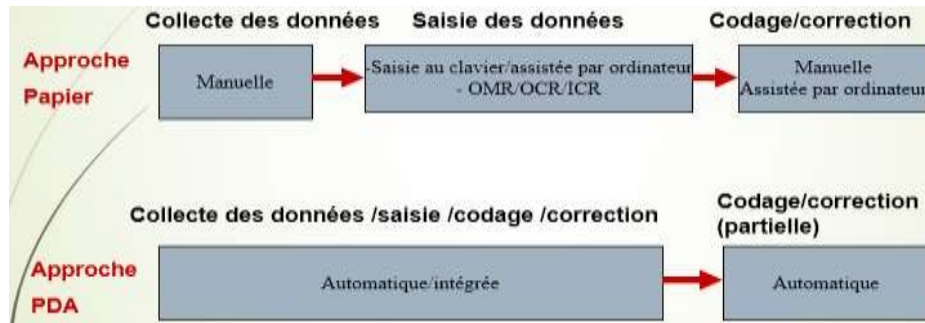


Figure 2. Rapprochement entre les approches manuelles et automatique par PDA

Le PDA, dans son principe de fonctionnement, intègre différents domaines d'application pouvant servir dans plusieurs secteurs d'activités dont la foresterie. Les fonctionnalités et options ci-dessous sont retenues :

- **Assistant Numérique Personnel:**
 - “Un assistant personnel ou ordinateur de poche est un appareil numérique portable, souvent appelé par son sigle anglais PDA pour Personal Digital Assistant.
- **Fonctionne comme un “Ordinateur de poche”**

Rev. int. géomat. aménage. gest. ressour.

- Processeur, Mémoires (RAM, ROM), Système d'opération
- Plusieurs applications peuvent être chargées
- L'appareil a une puissance de traitement
- **Options de Connectivité**
- Connectivité de données via GPRS / CDMA
- Options de connectivité de données utilisant Wi-Fi (sans fil)
- Les données peuvent être transférées par "synchronisation" avec l'ordinateur: connexion filaire via un câble USB (PDA se connecte à l'ordinateur)
- **Renforcement de stockage de données**
- Augmentation de la capacité de stockage grâce à l'ajout de cartes SD
- **Éléments optionnels**
- Caméra, Biométrie, GPS, Ajout de lecteur de Smart Card, etc

Ceci conduit à présenter le PDA comme SIG Mobil, en édifiant l'opinion sur le fonctionnement de l'outil ArcPad incorporé. cette extension est ainsi présentée comme un outil de :

- Visualisation et consultation de cartes
- Inspection (gestion d'infrastructures)
- Collecte (mise à jour géométrie et attributs)
- Edition multi utilisateurs
- Connexion GPS
- SIG Connecté ou déconnecté : synchronisation des données (live, à distance)
- Supporte Tablet PC, Pocket PC (Windows Mobile).

Les prenant sont également initiés à la configuration du ArcPad, sur les procédures de création des fichiers Shapefile (points, lignes, polygones) et leur renseignement. La figure 2 ci-contre est une présentation illustrée de l'interface du ArcPad, intégré dans un PDA.



Figure 3a & 3b. Présentation de l'interface du ArcPad

Après collecte, les données sont transférées de l'ArcPad vers un ordinateur à l'aide d'un cordon, puis importées sous ArcMap. Un outil de capture de données est utilisé, à savoir le « *Windows Mobile* ». C'est outil s'installe automatiquement une fois la connexion du PDA l'ordinateur établie. Malheureusement, il n'est compatible qu'avec les Windows 7 et XP. La planche photo 3 qui suit traduit cette séance de travail



Planche photo 1. Transfert de données du ArcPad à ArcMap

Présentation du principe de fonctionnement du Vertex

Le Vertex est un outil utilisé en foresterie. Il est obligatoirement accompagné d'un outil secondaire qu'est le transpondeur. Dans une placette circulaire, Nous pouvons utiliser le Vertex et le transpondeur pour mesurer l'angle, la distance horizontale ainsi que la distance du centre à la périphérie, comme indiqué ci-dessous.

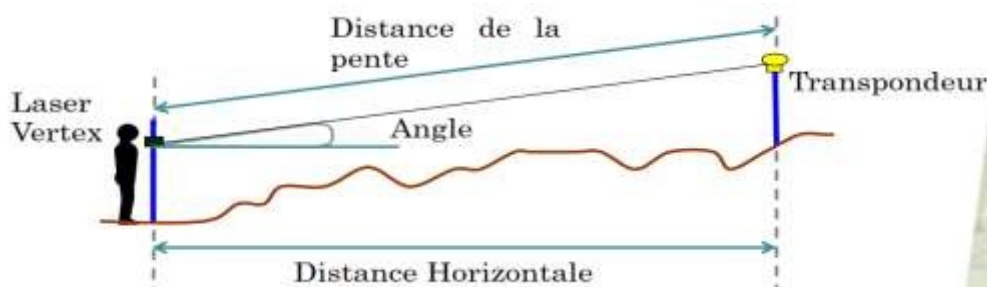


Figure 4. Schémat de mesure des angles et des distances à partir du Vertex

Pour un rendu optimal, il faut placer le transpondeur au centre de la placette et le laser Vertex à la même hauteur que le transpondeur. (La hauteur normale pour fixer le transpondeur est de 1.3m)

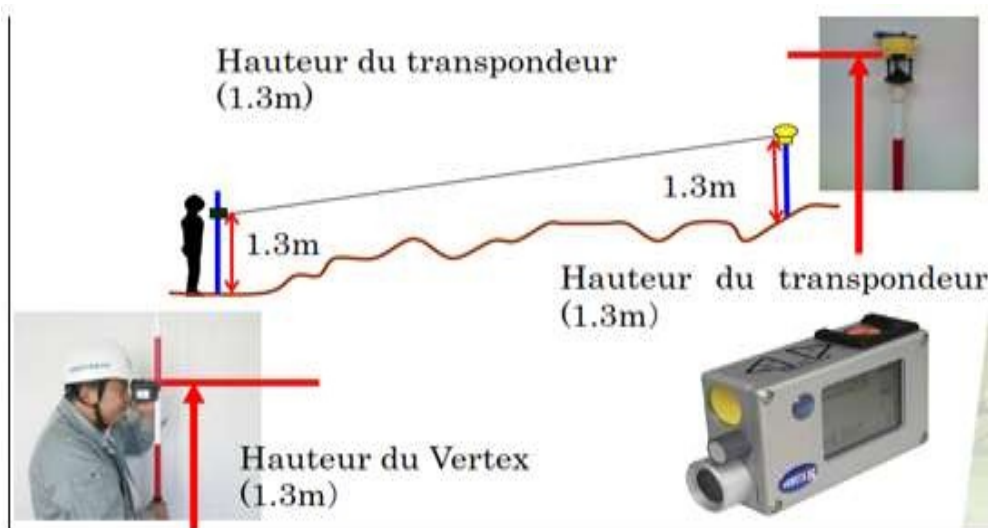


Figure 5. Disposition du Vertex pour une bon enregistrement des données

Il existe cependant des précautions à prendre pour un rendu optimal. Avant de l'utiliser, paramétrer le Vertex de la manière suivante :

- Placer le Vertex à l'air libre et le stabiliser à température ambiante ;
- Se placer dans la position adéquate (la personne qui mesure), c'est-à-dire (i) dans une position où la distance horizontale soit plus élevée que la hauteur, (ii) se tenir à la partie supérieure de la pente, car au cas contraire, on s'expose à une marge d'erreur comprise entre 4 et 5 mètre ;
- Placer l'émetteur-recepteur du transpondeur à ultrasons à une hauteur de 1.3m du sol
- La personne qui mesure et celle qui enregistre communiquent à voix haute. L'enregistreur répète d'abord et ensuite enregistre ;

- Lorsque vous mesurez la hauteur, bougez uniquement votre tête ;
- Utilisez l'arrière de la tête comme point d'appui et lever le visage en conservant le même point d'appui ;
- Mesurer la hauteur après avoir fixé le Vertex ;
- Gardez le pivot décalé de 30 cm.

Somme toute, les données collectées tant par le vertex que par le PDA sont dans l'ensemble quantitatives et qualitatives. Ces dernières ont été transformées en valeur quantitative pour une bonne représentation cartographique. Nous pouvons regrouper l'ensemble de ces données en trois catégories :

- Les données sur les essences
- Les données sur la hauteur des arbres
- Les données sur le diamètre des arbres, enregistrées à partir d'un ruban gradué en décimètre.

Une analyse thématique est effectuée et a consisté à manipuler les données sous ArcMap, à travers des opérations de symbologie, de catégorisation et de quantification. Ceci a facilité la production des cartes thématiques.

Résultats et discussion

Cette démarche méthodologique su évoquée a permis d'obtenir un certain nombre de résultats. Ils sont analysés et discutés à la lumière de la littérature existante.

Identification des espèces d'arbres et renseignement dans l'ArcPad

Avec le soutien des enseignants de l'ENEF, un nombre important d'espèce a été identifié dans la portion de forêt définie pour l'étude. Nous avons entre autres *Abyzia*, *aiele*, *Azoba*, *Fraka*, *Sapeli*, *Movingui*, *Ilomba*, *Iroko*, etc. Ces espèces ont été par la suite enregistrées dans l'application PDA. On note ainsi une forte concentration de l'«*Irokoé* » dans la partie Nord de la zone d'étude et le «*Fraque* » dans la partie Sud. L'ArcPad, à l'aide de l'outil PDA, a ainsi contribué à la gestion forestière, en facilitant l'identification, la caractérisation et le

stockage géoréférencé des espèces recensés (COMIFAC²⁰, 2015).

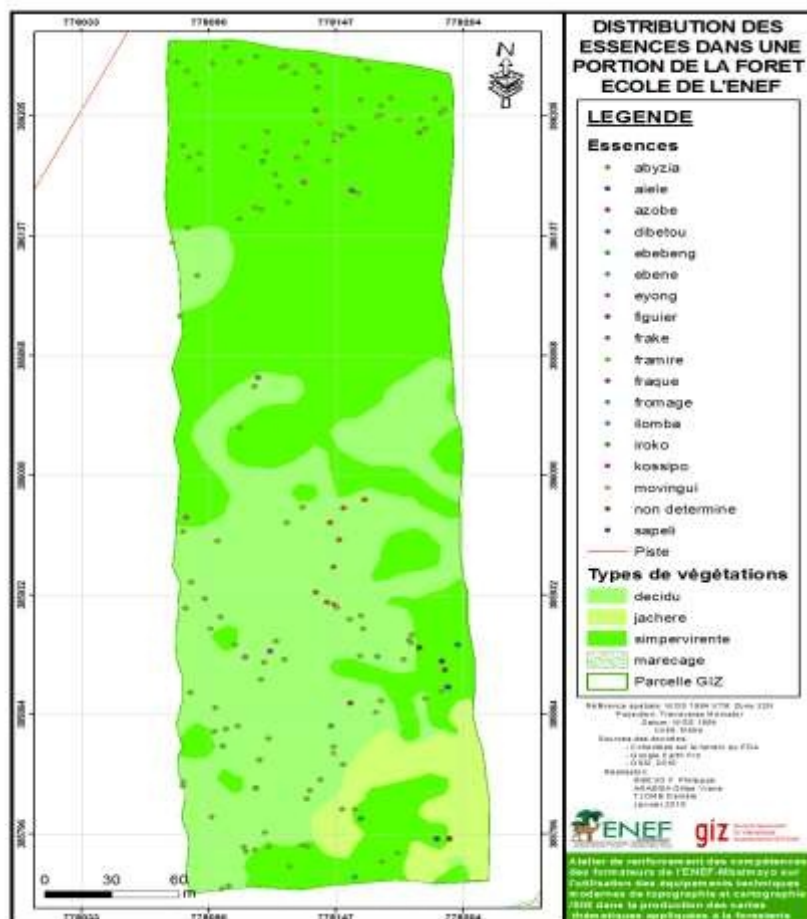


Figure 6. Répartition spatiale des espèces dans une portion de la forêt école de l'ENEF.

Ce procédé a ainsi permis de produire une cartographie de la répartition des espèces. La liste des espèces consignée sur cette carte n'est pas exhaustive. Elle servira de support de prise de décision et constituerait un facteur de gestion (figure 6). Par ailleurs, le PDA pourrait également être utilisé dans la cartographie des points de collecte des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) (Maïdou, 2006).

²⁰ Commission des Forêts d'Afrique Centrale

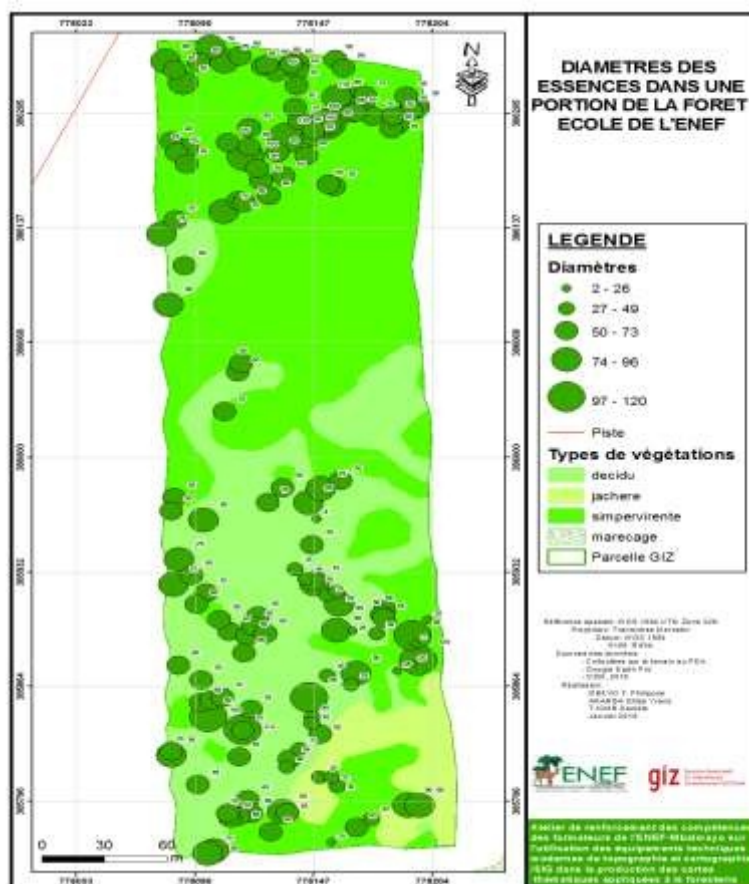


Figure 7. Variation des diamètres des espèces dans la portion de la forêt école de l'ENEF

Détermination du Diamètre des arbres à l'aide du ruban gradué (en décimètre)

La gestion forestière passe aussi par la connaissance du diamètre des arbres. Ce procédé permet la détermination du diamètre minimal d'exploitabilité (DME) (COMIFAC, 2013). Dans cette portion de la forêt de l'ENEF, les diamètres varient entre 26 et 120 décimètres. Les plus importants sont localisés dans la partie Nord et Sud (Figure 7). L'enregistrement de ces mesures participe à la mise en place d'un agenda sur la gestion forestière (IGN²¹,2013).

²¹ Institut de l'information Géographique et Forestière

Détermination de la hauteur des arbres dans la portion de la forêt école de l'ENEF

Grâce à l'outil Vertex et de son transpondeur associé, la hauteur des arbres a été déterminée à partir d'une série de mesures prises au sol. Celles-ci ont permis de mettre en évidence des hauteurs qui varient entre 10 et 38 mètres (Mbevo & Akamba, 2018). Les diamètres les élevées sont dans la partie Sud, où les espèces dominantes sont le « *Irokoé* » et le « *Fraque* » (figure 8). La connaissance de ces hauteurs peut renseigner les conditions écologiques de l'espèce, sa famille, son genre (Nfotabong Atheull, 2011).

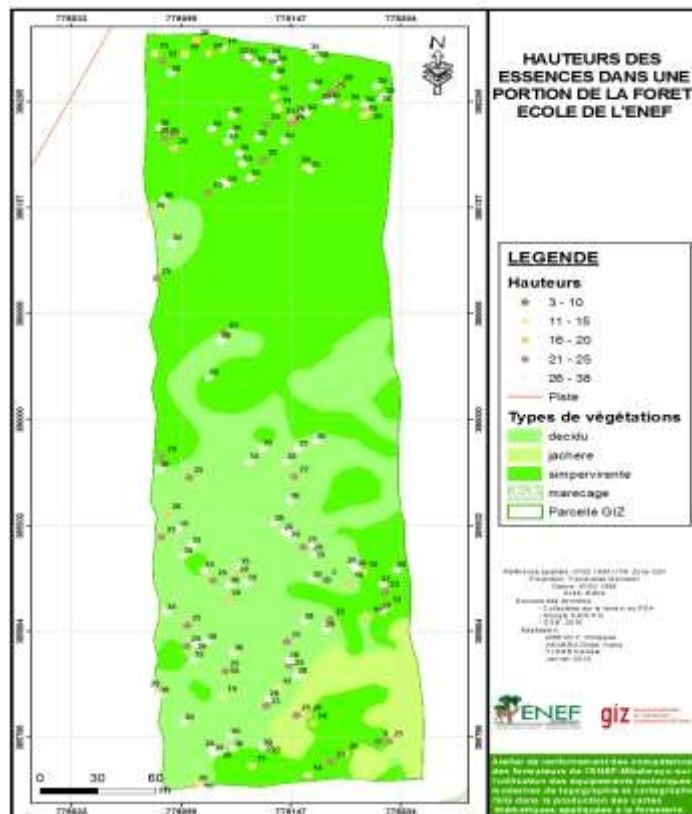


Figure 8. Variation des hauteurs d'espèces dans la portion de la forêt école de l'ENEF.

Conclusion

Tout compte fait, le Vertex et l'ArcPad intégré dans un PDA constituent des outils modernes la cartographie et la gestion

forestière. Ils allègent la tâche de collecte, facilitent la saisie et le stockage des données. Ces deux outils sont mis à contribution dans la forêt école de l'ENEF de Mbalmayo, et ont permis de déterminer, sur une dimension de 125mx500m, les types d'espèce, la hauteur des arbres, et leur diamètre respectif. Des cartes thématiques sont produites, à partir des données collectées dans la parcelle de la forêt. Elles vont servir de base pour une gestion intégrale de ladite forêt. Ce travail d'inventaire peut être complété avec les données issues de la télédétection. Ce supplément permettrait d'apprécier la dynamique spatio-temporelle de forêt école.

Référence

- COMIFAC, 2013. Les forêts du Bassin du Congo. État des forêts 2013. *Edition WEYRICH EDITION*. 328p.
- COMIFAC, 2015. Mission de test du compas forestier électronique dans les concessions forestières du Bassin du Congo. Rapport de synthèse. *Edition TERE*. 26p.
- IGN, 2015. Documentation relative aux données floristiques points forêt-depuis la campagne 2013. *Edition IGN*, version 1.6. 27p.
- Maïdou H. M., 2006. Étude sur la gestion durable des Produits Forestiers Non Ligneux en République Centrafricaine. Rapport soutenu par l'UICN, COMIFAC, ITTO et CFC. *Edition IUCN/OIBT/PFNL-RCA*- 51p.
- Mbevo & Akamba, 2018. Rapport sur l'Atelier de renforcement des compétences des formateurs de l'ENEF-Mbalmayo sur l'utilisation des équipements techniques modernes cartographie/SIG dans la production des cartes thématiques appliquées à la foresterie. 20p.
- Nfotabong Atheull A., 2011. Impacts des activités anthropiques sur la structure de la végétation des mangroves de Kribi, de l'embouchure du fleuve Nyong et de l'estuaire du Cameroun. Thèse de Doctorat en cotutelle, Université Libre de Bruxelles & Université de Douala.