

2.3 Analyse spatiale et traitements de données

2.3.1 Matériels

2.3.1.1 BD 500

La base de données BD 500 est élaborée par le FTM (Foiben-Taosarintanin'i Madagasikara). Elle renferme plusieurs cartes vectorisées des différentes voies de communication, les limites administratives, les zones habitables et les réseaux hydrographiques à l'échelle 1/500 000.

2.3.1.2 Le MNT (Modèle numérique de terrain)

Le MNT est une représentation numérique du relief. Il fournit des renseignements sur la forme de la surface topographique pour une zone géographique donnée (STEINBERG, 2000). Le SRTM 30, de résolution de 30 secondes d'arc (926 m à l'Équateur), est le MNT utilisé dans l'analyse spatiale.

2.3.1.3 Les logiciels SIG

Ce sont des systèmes d'information géographique développés par la société **ESRI** (Environmental Systems Research Institute). Ils permettent de gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser les données disposant d'une composante spatiale.

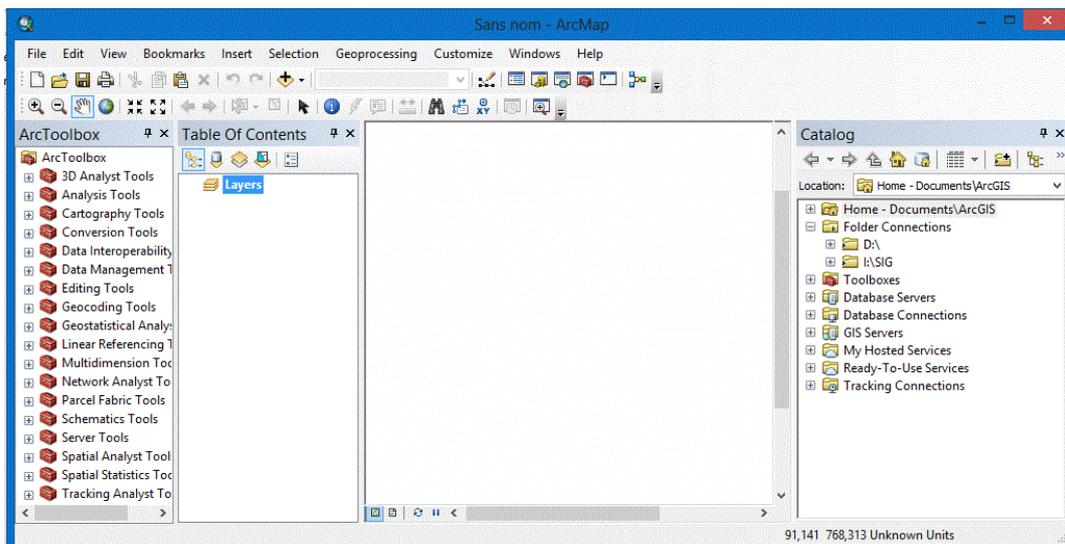


Figure 14: Interface du logiciel ArcGIS Capture : Auteur

2.3.1.4 Le logiciel R

Le logiciel R est un logiciel de statistique créé par Ross Ihaka & Robert Gentleman. Il est à la fois un langage informatique et un environnement de travail : les commandes sont exécutées grâce à des instructions codées dans un langage relativement simple, les résultats sont affichés sous forme de texte et les graphiques sont visualisés directement dans une fenêtre qui leur est propre.

Il est aussi possible de faire les analyses statistiques à l'aide de l'interface graphique « Rcmdr » qui est un « package » à activer dans R et qui peut effectuer en même temps des analyses statistiques diverses et des représentations graphiques simples (FOX, 2009).

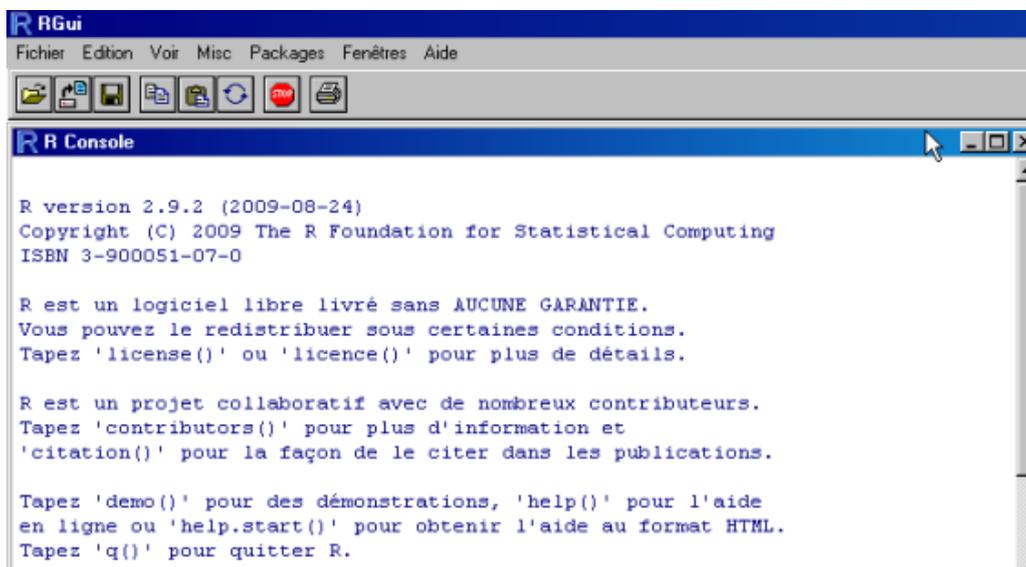


Figure 15: Interface du logiciel R Capture : Auteur

2.3.1.5 Excel de Microsoft office

C'est un logiciel très pratique pour analyser et traiter des données. Il est simple, facile à utiliser et accessible pour ceux qui ont des ordinateurs, même pour ce qui ont des tablettes ou smartphone (système Android). Ce logiciel possède des outils statistiques qui sont faciles à manipuler et à interpréter. Excel est utilisé dans le cadre de cette étude pour l'élaboration des bases de données de litchi par district et par fokontany, mais aussi pour le formatage (la mise en forme) des données.

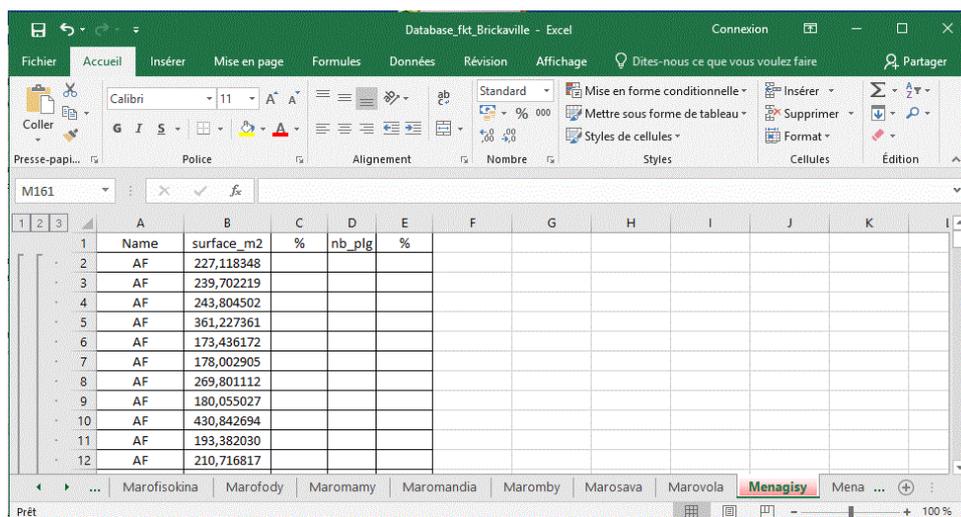


Figure 16: Interface du logiciel Excel Capture : Auteur

2.3.2 Méthodes

2.3.2.1 L'analyse de proximité

L'analyse de proximité fait référence à la répartition des plantations de litchi par rapport à la voie routière et aux réseaux hydrographiques, principalement les grands cours d'eau et ses ramifications.

Plusieurs zones tampons à des distances variables (5 km, 10 km, 20 km, et 30 km) des routes et cours d'eau ont été générées afin de desceller d'éventuelles corrélations avec la répartition spatiale des plantations de litchi.

Etape 1 : Création des zones tampon

ArcToolbox > >>>Analysis Tools> >>>Proximity> >>>Buffer

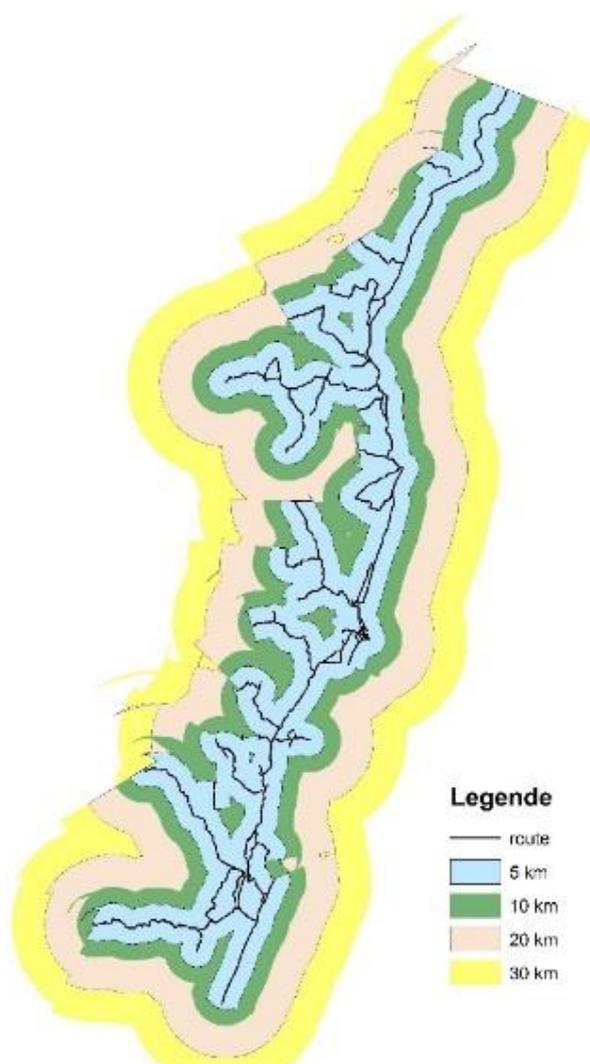


Figure 17: Création d'une zone tampon

Etape 2 : Intersection entre les parcelles de litchi et les différentes zones tampon

Une fois les zones tampon créées, les parcelles de litchi (sous forme de polygones) sont projetées sur le même système de projection et même calques (*layers*) que les zones tampon, puis, l'intersection entre les parcelles détectées par photo-interprétation et chaque buffer est effectué par le processus suivant :

ArcToolbox > >>> Analysis Tools > >>> Overlay > >>> Intersect

Etape 3 : Exportation des tables attributaires

Cette étape consiste à exporter les tables attributaires des résultats obtenus de l'intersection dans ArcGIS vers Excel pour calculer les proportions observées dans chaque intervalle de distance par rapport à l'axe routier et au cours d'eau, mais aussi pour la mise en forme des résultats obtenus (construction des diagrammes circulaires).

2.3.2.2 Analyse de position

L'analyse de position fait référence à la répartition des plantations de litchis par rapport aux variables géomorphologiques : l'altitude et ses dérivées (la pente, l'orientation et l'accumulation de flux).

Etape 1 : Création des différentes raster(.tif) à partir du MNT

Altitude

Le MNT a été reclassé afin d'obtenir une carte présentant plusieurs intervalles d'altitudes. Les intervalles ont été fixés à 100 m. Le but de ce traitement est de mettre en évidence les éventuelles corrélations qui peuvent exister entre les différents intervalles d'altitudes et le positionnement des litchis. Le processus est le suivant :

ArcToolbox > >>> Spatial Analyst Tools > >>> Reclass > >>> Reclassify

Pente

C'est une dérivée du MNT. La pente identifie la déclivité de chaque cellule de la surface raster. Le raster de pente en sortie peut être calculé dans deux types d'unités : degrés ou pourcentage (pourcentage d'élévation) (ESRI, 2017). Dans le cadre de cette étude, la pente est calculée en degré et reclassée selon un intervalle de 3°. Ce traitement va permettre la mise en évidence de la corrélation qui peut exister entre la pente et le positionnement des litchis. Le processus à suivre dans ArcMap est le suivant :

ArcToolbox >>>> Spatial Analyst Tools >>>> Surface >>>> Slope >>>> Reclass >>>> Reclassify

Orientation

Comme la pente, c'est une dérivée du MNT. L'exposition représente l'orientation horizontale d'une surface et est définie en unités de degré. L'exposition peut être assimilée à la direction de la pente. Les valeurs du raster en sortie sont la direction au compas de l'exposition (ESRI, 2017).

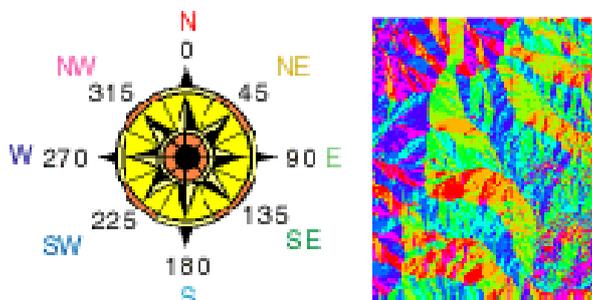


Figure 18: Les directions des pentes Source : ESRI, 2017

Dans le cadre de cette étude, les orientations ont été définies suivant les 04 points cardinaux : Nord, Sud, Est et Ouest. En cas, d'absence de pente, la modalité est considérée comme plat.

Le standard de classification est donné par le tableau ci-dessous.

Tableau III: Les différentes plages des expositions (ESRI, 2017)

Orientation	Plage d'angle en °
Nord	315-360 et 0-45
Sud	135-225
Est	45-135
Ouest	225-315
Plat	Pas de pente

Le processus à suivre dans ArcMap est le suivant :

ArcToolbox >>>>Spatial Analyst Tools>>>>Surface>>>>Aspect>>>Reclass>>>Reclassify

Accumulation de flux

Le raster d'accumulation de flux est aussi une dérivée du MNT. Le flux cumulé repose sur le nombre de cellules qui s'écoulent dans chaque cellule dans le raster en sortie. La cellule de traitement sélectionnée n'est pas prise en compte dans cette accumulation. Les cellules en sortie présentant une accumulation de flux élevée sont des zones de flux concentré qui peuvent être utilisées pour l'identification des bas-fonds et Tanety par une reclassification du raster Flow Accumulation. Le seuil utilisé pour la reclassification est de 0,5. Le processus à suivre dans ArcMap est le suivant :

ArcToolbox >>>>Spatial Analyst Tools>>>>Hydrology>>>>Fill>>>>Flow direction>>>>Flow Accumulation>>>>Reclass>>>>Reclassify.

Etape 2 : extraction des valeurs raster par les parcelles de litchi détectées

Après l'obtention des différents rasters par l'outil *Spatial Analyst Tools*, les parcelles de litchi sont projetées sur le même système de projection, et même calques (*layers*) que ces données rasters, puis, l'extraction des valeurs des rasters par les polygones est effectuée par le processus suivant :

ArcToolbox > >>>Spatial Analyst Tools> >>>Extraction> >>>Extract by polygon

Etape 3 : exportation des tables attributaires

Cette étape consiste à exporter les tables attributaires des résultats obtenus de l'extraction dans ArcGIS vers Excel pour formater les données avant de les traiter dans R.

2.4 Vérification sur le terrain

2.4.1 Méthodologie

2.4.1.1 Échantillonnage

a. La méthode des quotas

La méthode des quotas consiste à analyser soigneusement les caractéristiques de la population de l'enquête pour en construire un échantillon qui soit **représentatif**.

L'échantillon par **quotas** appelé encore homothétique ou proportionnel reproduit en réduction la structure de la population sur la base d'un ou plusieurs critères. C'est un véritable modèle réduit construit par choix raisonnés (A E R M, 2014).

b. Le choix de la méthode

Ce type de méthode est assez courant en télédétection lorsqu'il s'agit de qualifier des paysages ou de réaliser une couverture d'occupation du sol ou de confronter des résultats par traitement d'image.

c. Objectif

L'objectif à atteindre est la cartographie des plantations de litchi sur la côte Est malgache. De plus un travail de photo-interprétation complété par des mesures de terrain permettra d'une part d'entraîner des modèles de classification d'image, et d'autre part de valider ces derniers (GODARD, 2007).

2.4.1.2 Plan d'échantillonnage

a. Etape de pré-localisation

La pré-localisation consiste à mettre en œuvre des analyses cartographiques sous Systèmes d'Information Géographique (SIG) et de traitements de données (essentiellement EXCEL) pour identifier les zones à forte représentativité en termes de surface et de nombre de polygones saisi par

système de culture. Donc ces zones sont générées par déduction du résultat de la photo-interprétation par comparaison entre les pourcentages calculés dans chaque zone de récolte et les pourcentages calculés pour chaque fokontany.

b. Sélection et répartition des unités d'échantillonnage

Une unité d'échantillonnage (dans notre cas fokontany) est sélectionnée à chaque bassin de production : bassin de production nord, bassin de production sud et bassin de production centre.

Les unités d'échantillons sont les fokontany et les sous unités sont les parcelles. Chaque fokontany doit être représentatif de la zone de récolte où il se trouve, c'est-à-dire en termes de diversité et nombre pour chaque type de système de culture.

Les tableaux suivants montrent les fokontany qui sont considérés comme représentatifs dans chaque bassin de production :

- **Pour le bassin centre** (cf. Annexe 3, figure 63)

Tableau IV: Caractéristiques d'Ambonivato selon la photo-interprétation

	Pourcentage en surface couverte de litchi (%)			Pourcentage en nombre de polygones saisi (%)			Nombre de polygones Total
	AF	MO	PA	AF	MO	PA	
Bassin centre	11,47	75,75	12,78	37,01	21,98	41,01	4931
Ambonivato	9,85	81,41	8,74	33,33	28,79	37,88	66

Le fokontany d'Ambonivato fait partie de la commune rurale d'Antetozambaro, district de Tamatave II, superficie environ 15 km².

- **Pour le bassin nord** (cf. Annexe 3, figure 64)

Tableau V:Caractéristiques d'Amboditononona selon la photo-interprétation

	Pourcentage en surface couverte de litchi (%)			Pourcentage en nombre de polygones saisi (%)			Nombre de polygones Total
	AF	MO	PA	AF	MO	PA	
Bassin nord	20,15	34,02	45,82	30,80	8,36	60,84	16382
Amboditononona	14,27	39,69	46,04	20	20	60	20

Le fokontany d'Amboditononona fait partie de la commune rurale d'Ampasina Maningory, district de Fenérive Est, superficie environ 4,5 km².

- **Pour le bassin sud** (cf. Annexe 3, figure 65)

Tableau VI: Caractéristiques de Morafeno selon la photo-interprétation

	Pourcentage en surface couverte de litchi (%)			Pourcentage en nombre de polygone saisi (%)			Nombre de polygones Total
	AF	MO	PA	AF	MO	PA	
Bassin sud	15,36	65,4	19,24	35,79	18,25	45,95	9525
Morafeno	13,46	63,83	22,71	30,53	20	49,47	95

Le fokontany de Morafeno fait partie de la commune de Brickaville, district de Brickaville, superficie environ 4 km².

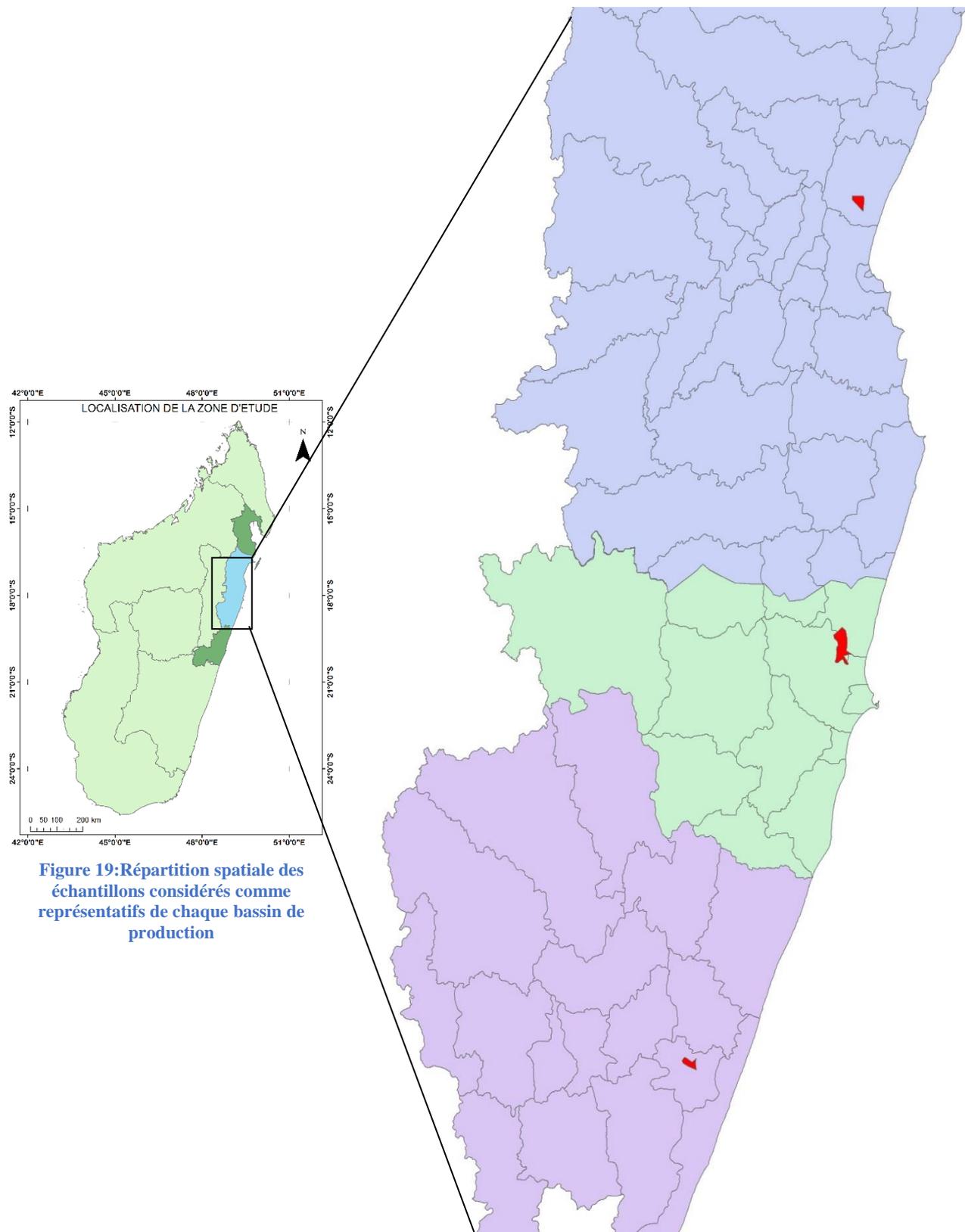


Figure 19: Répartition spatiale des échantillons considérés comme représentatifs de chaque bassin de production

2.4.1.3 Phase de terrain

La description du travail de terrain comprend le déroulement étape par étape de l'inventaire sur un fokontany et les techniques de collecte des informations.

a. Considérations du travail de terrain

Les variables inventoriées sont relevées sur le terrain à partir de mesures ou d'observations sur les fokontany et par le biais d'entretiens avec la population locale.

Les deux principales sources d'informations considérées dans l'inventaire sont donc :

- Les mesures ou observations de terrain.
- Les interviews : entretiens auprès de la population locale, du/des propriétaire(s) ou chargé(s) de propriété des parcelles de litchi.

b. Préparation du matériel nécessaire

- Véhicule
- Boussole (mesure des azimuts)
- GPS
- Appareil photographique
- Fiches de collecte de données

c. Relevés des données sur le terrain

- Localisation des parcelles

La localisation des parcelles s'effectue à l'aide des cartes préalablement établies sous logiciel SIG où sont dessinées les parcelles et identifiés des points de référence qui facilitent le repérage sur le terrain. La présence d'un guide local (chef fokontany) permettra également d'accéder plus aisément aux parcelles. Le GPS sera utilisé pour le prélèvement des données géographiques des parcelles et l'orientation sur le terrain et pour chaque fokontany, la fiche d'enquête doit être remplie (cf. Annexe 2).

- Identification des parcelles et mesures

Par observation, l'identification du système de culture de la parcelle est effectuée, puis la délimitation de la parcelle est effectuée ensuite, le comptage du nombre de pieds de litchi passe en dernier lieu.

- Fin du travail de relevé dans la parcelle et accès à la parcelle suivante

Une fois le travail sur la première parcelle terminée, l'heure est notée sur la fiche et le travail de localisation de la seconde commence.

2.5 Estimation de la densité des plantations

Pour le calcul de la densité, la formule suivante est utilisée :

$$d(p/ha) = \frac{\text{nombre de pieds}}{\text{surface occupée (ha)}}$$

2.6 Analyse de la disponibilité des produits

Pour estimer la quantité de production annuelle, la formule suivante a été développée :

$$Q = \frac{d * sd * pm * 0,1}{t}$$

Q : quantité de production estimative(t)

d: densité (nombre de pieds par hectare)

sd: surface de litchi détectée par photo – interpretation (ha)

pm: production moyenne (kg par pied)

t: taux de réussite (%)

En plus, pour pouvoir mener à bien l’analyse de la disponibilité, des données de collecte en 2016 ont été utilisées pour faire une comparaison simple du potentiel de production et les zones de collecte.

2.7 Analyse qualité

2.7.1 Sites de suivi

L’année de suivi est l’année 2017.Les parcelles étudiées se répartissent dans la zone de Tamatave. Les parcelles concernées sont aux nombres de six : 3 en bas-fonds et 3 en tanety, parmi ces deux modalités : 2 parcelles en monocultures, 2 en parc arborés, et 2 agroforêts.

Les 3 parcelles en tanety et la parcelle Agroforêt Bas fond sont à Ambatoafo, les 2 parcelles Bas fond restantes sont à Vohidrotra Ivoloina.

2.7.2 Choix des arbres

Il y aura 30 arbres avec les caractéristiques suivantes :

- Age : 15 à 20 ans
- Hauteur : 3 à 4 m
- 5 arbres par parcelle

Le marquage se fera par une étiquette de couleur jaune, avec les codes suivants :

- A : arbre
- Bf : Bas-fonds
- Tnt : Tanety

2.7.3 Analyse physique

2.7.3.1 Diamètre, longueur et poids

En premier lieu, les mesures du diamètre, de la longueur et du poids sont effectuées pour le fruit entier et en deuxième lieu, pour le noyau.

a. Matériels

Le diamètre et la longueur sont mesurés à l'aide d'un pied à coulisse. Le poids est mesuré à l'aide d'une balance (précision : +/-1g)

2.7.4 Analyse chimique

2.7.4.1 Mesure de la teneur en extraits secs solubles et de l'acidité

La teneur en extraits secs solubles en (°brix) et l'acidité sont mesurées pour situer le degré de maturité des fruits. Ce sont aussi des critères de différenciation entre les différentes modalités sur la précocité de la maturation.

a. Matériels

Refractomètre - acidimètre (kit PAL-ACID)

b. Protocole (cf. Annexe 1)

Conclusion partielle 2

Cette partie décrit les principales méthodologies utilisées. La classification des parcelles détectées par photo-interprétation a été faite sur Google Earth pro qui a permis de mettre en évidence les critères de classification et de les améliorer en les traitant au cas par cas. L'analyse spatiale a été faite sur un logiciel SIG suivant différents critères qui s'est divisée en deux : l'analyse de proximité et l'analyse de position. La vérification sur le terrain a été effectuée en appliquant la méthode des quotas qui est une alternative due au fait que la zone d'étude est très vaste. Et enfin, l'analyse qualité a été faite sur le terrain et dans le laboratoire d'analyse. Les principaux résultats obtenus à partir de ces méthodologies sont présentés dans la partie suivante.

3 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Cette partie parlera des principaux résultats et leurs significations.

3.1 Répartition spatiale des litchis sur la côte Est de Madagascar

La répartition spatiale des litchis sur la côte Est de Madagascar selon les résultats de la photo-interprétation est donnée par les tableaux suivants.