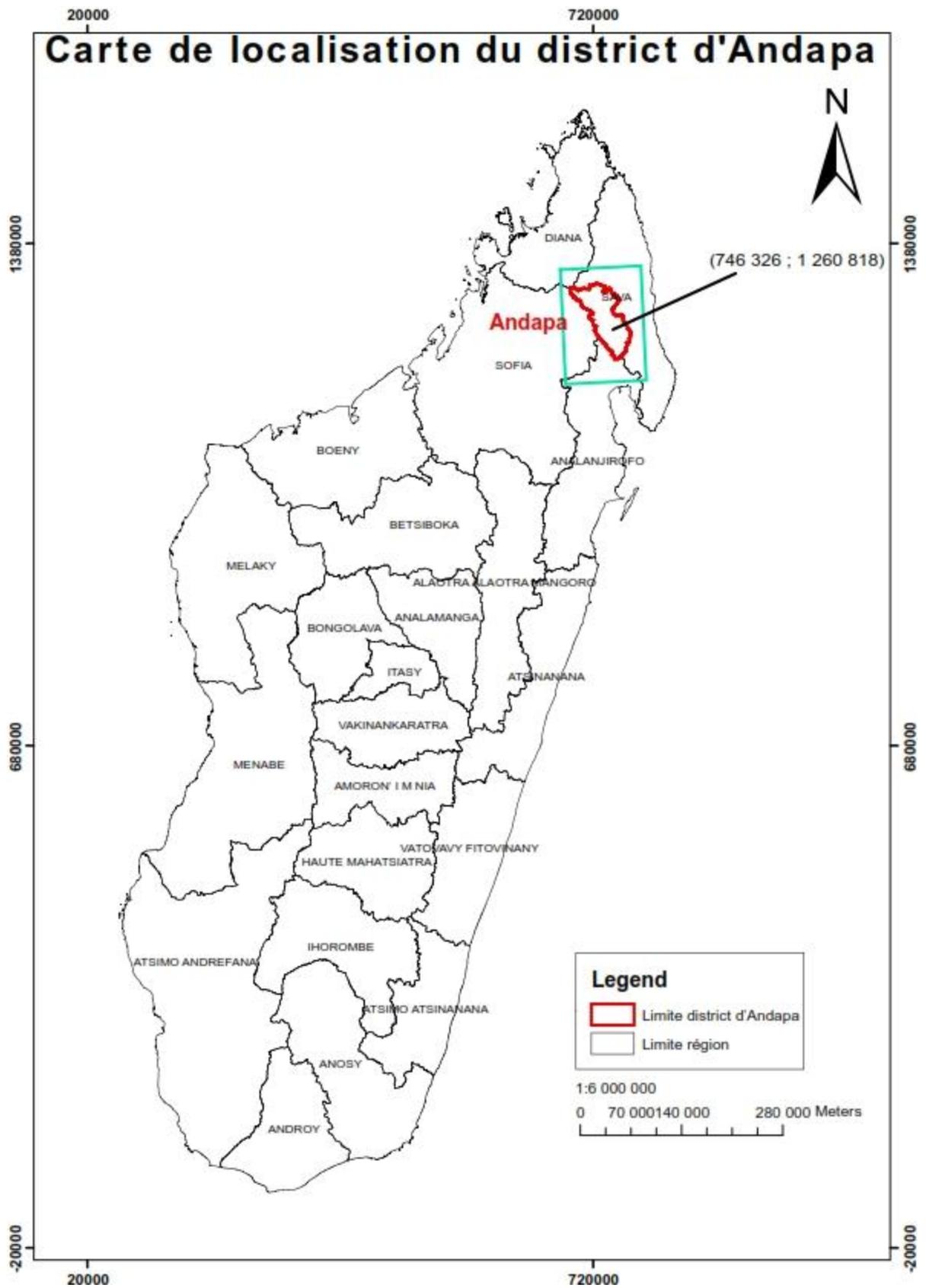
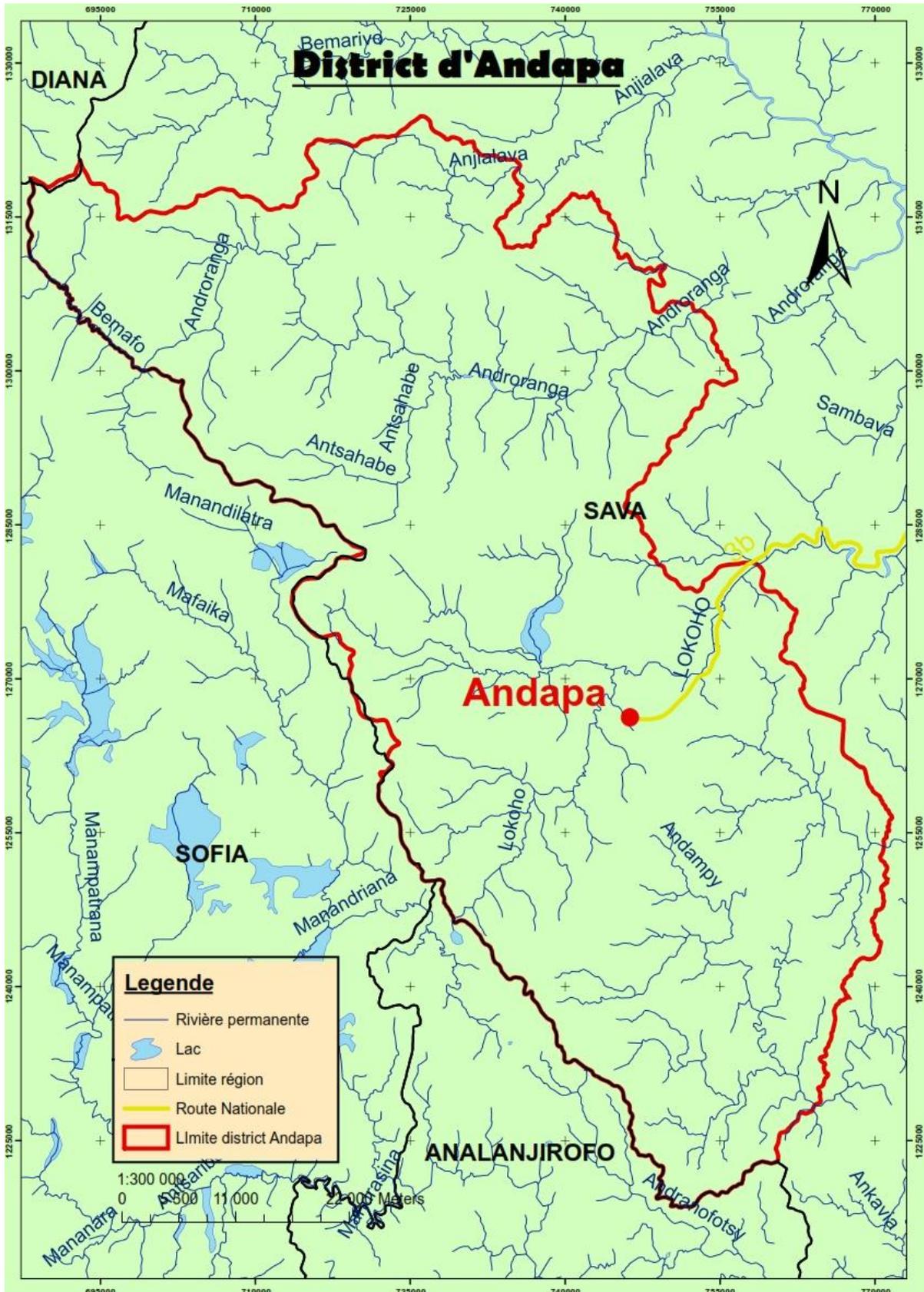


Carte de localisation du district d'Andapa

Le district d'Andapa est la zone d'étude (voir Fig.1) ; un district qui se situe dans le faritany d'Antsiranana, la région de SAVA, au nord-Est de Madagascar. Il est limité au nord-ouest par le district d'Ambilobe, au sud-Est et au nord-ouest par le district de Sambava, au sud-est par le district d'Antalaha, à l'ouest, limitrophe du faritany d'Antsiranana avec celui de Toamasina et au nord-ouest par celui de Mahajanga.



Carte.1 : Carte de localisation du district d'Andapa



Carte.2 : Carte du district d'Andapa

Sa morphologie est caractérisé par la présence de cuvette intramontagnarde (cuvette d'Ankaibe) qui est très fertile et favorable à la riziculture, mais aussi par la présence de relief accidenté qui peut atteindre jusqu'à une altitude de 2000 m (Anjanaharibe, Marojejy). A cela s'ajoute les vastes plaines.

La géologie permet de distinguer deux grandes catégories de terrains qui sont [16] :

- Terrains sédimentaires : formés principalement par des apports fluviaux et éoliens. Ces terrains relativement récents se sont emboîtés dans des couches plus anciennes et qui constituent la plus grande partie d'une étroite plaine côtière.
- Terrains cristallins : formés de différents types de roches (granites, gabbros, migmatites) qui se sont formées à la surface ou à l'intérieur de la terre quand elles sont d'origine volcanique.

Le district d'Andapa est soumis au climat tropical humide qui se remarque par une forte précipitation au mois de janvier et une pluviométrie annuelle élevée de 1 800 mm en 130 jours (Enquête faite par la Direction des Exploitations météorologiques en 2013). La température annuelle se situe entre un maximum de 24° en janvier et un minima de 18° en juillet d'après une étude faite par l'INSTAT en 2003. Ainsi, l'abondance des précipitations annuelles et l'absence d'une véritable saison sèche constituent les principales caractéristiques du district.

On notera aussi l'abondance de cours d'eau qui caractérisent le paysage hydrographique de la région. En guise d'exemples, dans la sous-préfecture d'Andapa et de Sambava, nous pouvons rencontrer : Bemarivo, Androranga, Lokoho, Mahanara, Sambava , Ankatoka (voir Fig.2). Ces rivières sont abondamment alimentées presque toute l'année.

De ce fait, grâce à ces potentiels et ces avantages naturels, le district d'Andapa est depuis longtemps le grenier à riz des régions du nord et nord-est, dont celles de DIANA et SAVA. Le district est constitué de dix-sept communes rurales et urbaines et présente une superficie de 469 100 ha ou 4 691 km². On a recensé une population mixte, composée d'un mélange d'une majorité des ethnies de Madagascar, de 189 882 habitants en 2013, dont une densité de 43 habitants environ par km².

Ainsi, le district doit assurer la production en riz de la région de SAVA. Car en effet, d'après les résultats de « l'étude filière riz FAO-UPDR », la consommation du riz pour la région Nord de Madagascar serait de 114 kg de riz par habitant par an en milieu urbain et de 137 kg en moyenne en milieu rural. Le calcul d'autosuffisant sera basé par le niveau de consommation en milieu rural.

Tableau 1 : Niveau d'autosuffisance en riz (en 1999)

Sous-préfectures	Population	Besoin en riz blanc (T)	Production en riz blanc (T)	Excédent	Déficit
Antalaha	176 259	24 147	14 820	-	9 327
Sambava	224 659	30 778	21 465	-	9322
Vohémar	160 521	21 991	22 251	260	-
Andapa	139 789	19 151	25 452	6 301	-
Ensemble	701 228	96 077	83 979	6 561	18 649

Source : DDS « projection 1999 » calculé sur la base de 137 kg/hab/an



Fig.1: Besoin en riz de la région de SAVA

En 1999, le déficit total en riz de la région de SAVA s'élève à 18 649 tonnes. Un déficit qui ne sera pas couvert même avec un excédent de 6 301 tonnes dans le district d'Andapa, et écoulé à l'intérieur de la région uniquement. De ce fait, pour combler ce manque, l'importation de 12 348 tonnes de riz blanc s'avère être nécessaire.

Notons que le taux de transformation du paddy en riz blanc serait en moyenne de 65%.

Méthodologie

Le riz est l'aliment le plus important dans la vie des Malgaches. Mais jusqu'ici, on n'est pas encore conscient de ce qu'il représente réellement et de ce que nous pouvons gagner si la production interne pouvait auto suffire à la population de l'Ile toute entière. Ainsi, nous présenterons les résultats de notre recherche suivis de quelques suggestions afin de mettre en relief les données relatives à une zone qui est vraiment fertile et favorable à la riziculture comme le district d'Andapa. Ce travail exploitera essentiellement dans la zone d'étude la présence d'eau ainsi que l'accessibilité (pente) sur chaque portion. Il combine à la fois l'utilisation de la télédétection spatiale et aussi les outils de système d'information géographique (SIG). Ainsi, il se base surtout sur l'utilisation de l'image radar car c'est à partir de cette dernière que la MNT et la carte des pentes seront vérifiées en vue de tirer définitivement les limites des surfaces exploitables en les combinant avec les résultats perçus avec l'image optique.

Acquisition des données

Toutes les données utilisées dans ce travail sont basées sur des recherches d'information. En effet, il est primordial de bien les vérifier puisque la précision des résultats dépend surtout de la qualité de ces dernières. Plusieurs entités, citées dans le tableau 2, ont contribué dans l'accomplissement de ce travail.

Nous disposons de deux types de données, l'un pour l'analyse ou le traitement et l'autre pour la vérification, que nous allons énumérer dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Types, fournisseurs et utilisations des données

	Données	Utilisation	Résolution (en m)	Source	Date d'acquisition	Référence de la scène
A N A L Y S E	Image SPOT	*Création de l'image multi-spectrale à 2m50 de précision	2.50	FTM	2013	158070
	Images LANDSAT	*Pour avoir les zones rizicoles à partir de la classification	30		03 Mai 2001	
	Image RADAR	Extraction de la zone rizicole existante	8	SEAS-OI	15 Mai 2014	PGSRS20334850RE07P32 5478_000093704
	MNA	Pour avoir la carte des pentes, l'hydrographie Et les altitudes	30	ESA	13 Juillet 2016	061046_577766418
V E R I F I C A T I O N	Image Google Earth	Vérification et validation des résultats			2015	

La riziculture dans le district d'Andapa

Le riz est la première céréale la plus consommée pour l'alimentation humaine mondiale. Pourtant la riziculture est une culture qui n'est pas vraiment facile à faire à cause de sa large dépendance en eau. Il se cultive le mieux dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées chaudes. On distingue deux espèces cultivées qui sont : l'oryza sativa, aussi appelés « riz asiatique » et sont généralement cultivés dans des champs plus ou moins inondés ; et l'Oryza glaberrima qui sont appelés « riz ouest-africain » ou « riz de Casamance ».

Le culture du riz s'observe dans tous les districts de l'Ile, et notera qu'il y a deux à trois récoltes par an selon les régions. Ainsi, il existe trois saisons de culture :

- Le vary aloha : les semences sont faites en avril-mai, le repiquage en août-début septembre à la fin de la saison froide, et la récolte arrive en janvier-février. On le trouve par exemple dans la partie la plus basse de la plaine au nord de Antananarivo car le riz doit être cultivé dans les zones basses, facilement irrigables d'août jusqu' en janvier et qui sont submergée par les eaux de pluies en février-mars.
- Le vary Sia : les semences se font en août, le repiquage en septembre-octobre et la récolte en mars. Cette culture se fait dans les zones où l'irrigation est possible avant l'arrivée des pluies et qui ne sont pas inondées pendant la saison pluvieuse c'est-à-dire à l'ouest d'Antananarivo par exemple.
- Le vakiambiaty : les semences se font en septembre-octobre, le repiquage en novembre-décembre au début de la saison des pluies et la récolte en avril-mai. Cette culture se fait dans les rizières tributaire du pluviomètre et difficilement irrigable : dans les têtes de vallées qui entourent les plaines par exemples.

En outre, la plantation et la récolte dépendent surtout de l'arrivée des eaux.

Ainsi, malgré une surface exploitée jugée encore trop petite par rapport à la superficie totale du district, la récolte annuelle reste de loin la plus importante de la région nord de l'Ile. En effet, en 2010 on a récolté 67 310 tonnes de riz sur une surface dédiée de 15 309 ha. Cela est dû à un sol très productif et favorable à de nombreuses cultures.

Mais on constatera à partir des statistiques et enquêtes que cette récolte reste encore insuffisant à cause de la forte demande de la population du à l'augmentation incessante du nombre d'habitants.

Ces chiffres peuvent être témoin de la potentielle agricole du district. Ainsi, si on compare la superficie cultivée des autres districts par rapport à leur récolte, Andapa reste de loin le plus productif.

Tableau 3 : Superficie rizicole par district dans la province d'Antsiranana (en ha)

Région District	2007	2008	2009	2010
Diana	45 000	45 410	45 820	46242
Antsiranana II	10 340	10 435	10 530	10627
Ambilobe	19 540	19 715	19 890	20071
Nosy Be	870	880	890	899
Ambanja	14 250	14 380	14 510	14645
Sava	72 560	73 210	73 870	74547
Antalaha	15 770	15 915	16 060	16209
Sambava	22 875	23 080	23 285	23497
Andapa	14 905	15 035	15 170	15309
Vohimarina (Vohémar)	19 010	19 180	19 355	19532
TOTAL	117 560	118 620	119 690	120 789

Source : Service de la statistique Agricole, Décembre 2012

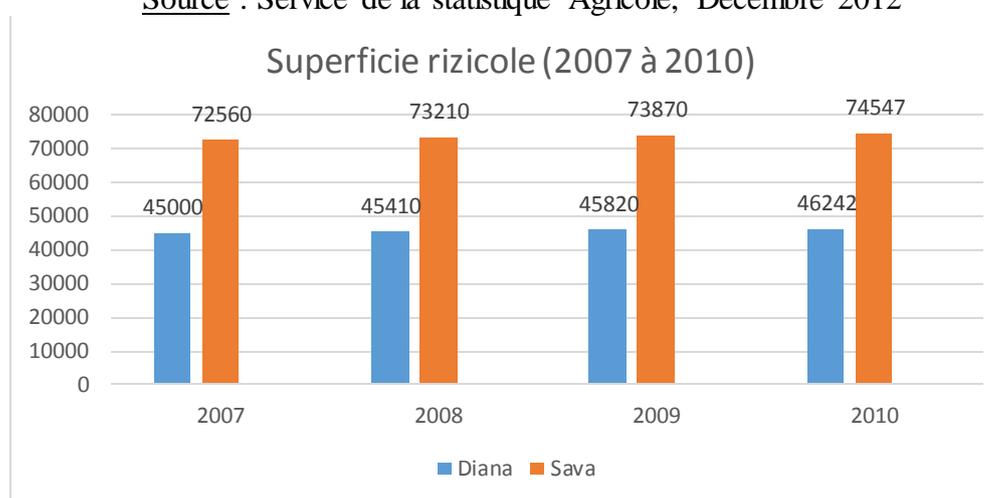


Fig.2 : Analyse des superficies rizicoles dans la province d'Antsiranana

Tableau 4 : Production rizicole(en tonne) par district dans la province d'Antsiranana

Région District	2007	2008	2009	2010
Diana	110 780	99 710	115 660	113 860
Antsiranana	32 270	29 040	33 690	33 165
II Ambilobe	24 580	22 120	25 660	25 260
Nosy Be	13 360	12 020	13 950	13 730
Ambanja	40 570	36 530	42 360	41 705
Sava	160 690	159 180	154 830	188 975
Antalaha	22 230	36 020	42 150	50 045
Sambava	34 790	35 310	40 960	41 970
Andapa	44 585	58 030	42 940	67 310
TOTA	271 470	258 890	270 490	302 835

Source : Service de la statistique Agricole, Décembre 2012

En effet, même si le district d'Andapa ne cultive que sur une plus petite superficie par rapport à d'autres districts comme ceux de Sambava et de Vohémar, la récolte obtenue reste de loin la plus importante de la région.

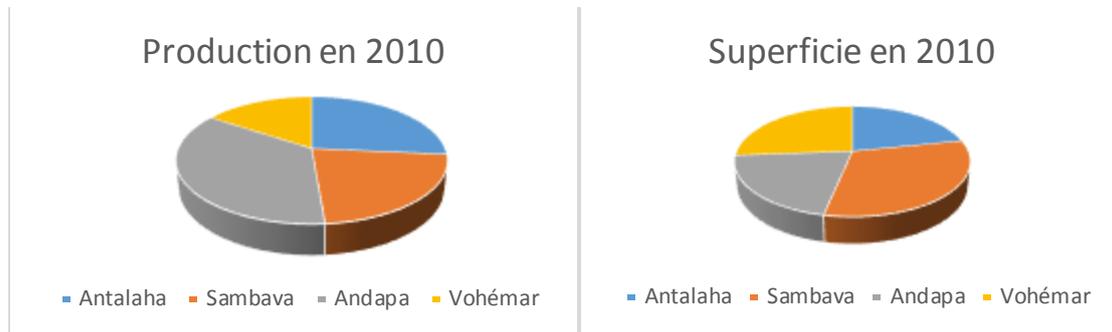


Fig.3 : Comparaison du rapport entre superficie et production en riz

2 Notion de télédétection

2.1 Définition

La télédétection est une technique qui permet, à l'aide de capteur placé à bord d'un avion ou d'un satellite, d'étudier la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. Ces instruments enregistrent les rayonnements électromagnétiques émis ou réfléchis par la surface de la Terre. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par ces rayonnements permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimension), optiques (réflexion, transmission, absorption, ...) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,...) et bien d'autres encore. [1]

2.2 Les satellites utilisés en télédétection

Il est essentiel de savoir toutes les informations sur le satellite utilisé puisque c'est l'un des instruments principaux de la télédétection. En effet, les satellites d'observation qui gravitent autour de la Terre sont classés en 3 types selon leur orbite [2] :

- L'orbite géostationnaire est une orbite équatoriale et circulaire à une altitude d'environ 36 000km. Ainsi, pour avoir une observation permanente de la même région, le satellite va se déplacer à la même vitesse angulaire et dans le même sens que la Terre. Cela est vu pour les satellites de télécommunication et d'observation météorologique telle que METEOSAT.
- L'orbite héliosynchrone est une orbite circulaire où le plan de l'orbite du satellite est déterminé de manière à observer régulièrement un point particulier à la même heure locale solaire. C'est le cas des satellites LANDSAT et SPOT. L'altitude relativement basse de ces satellites (entre 300 et 1500 km) permet des bonnes résolutions au sol.
- L'orbite circulaire quelconque qui permet de faire des observations à la même altitude au-dessus d'un point de la Terre mais à des heures différentes. C'est le cas des satellites ERS-1 et ERS-2

2.3 Les types de télédétection

Selon le type de capteur utilisé, nous distinguons deux sortes de télédétection:

2.3.1 La télédétection passive

Elle est dépendante du rayonnement solaire car le radiomètre, qu'on va embarquer dans l'avion ou le satellite, va capter le rayonnement réfléchi par la surface de la Terre. [11] Ainsi, il est donc impossible de réaliser les observations pendant la nuit ou pendant un temps nuageux. C'est le cas des satellites SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre), LANDSAT (Land Satellite), METEOSAT (Meteorological satellite).

Ainsi, l'acquisition dans plusieurs intervalles de longueurs d'onde permet d'identifier les objets par l'étude de leur signature spectrale. Ce spectre électromagnétique se décompose en plusieurs régions dont certaines sont exploitables en télédétection [1] :

- Le visible qui s'étend entre 0.4 et 0.7 μm et contient les trois couleurs fondamentaux (rouge de 0.6 à 0.7 μm , le vert de 0.5 à 0.6 μm , le bleu de 0.4 à 0.5 μm)
- Le proche infrarouge (PIR) de 0.7 à 1.5 μm
- Le moyen infra rouge (MIR) de 1.5 à 3 μm
- L'infrarouge de 1.5 à 3 μm
- L'infrarouge thermique de 3 à 15 μm
- Les hyperfréquences de 1 mm à 1m

Comme la capture des rayonnements se fait à travers l'atmosphère, c'est la composition chimique de ce dernier qui conditionne sa réaction à une excitation électromagnétique. C'est-à-dire que c'est à cause du phénomène d'absorption et de diffusion de l'atmosphère que certaines bandes spectrales sont inexploitable en télédétection passive.

Par définition, la diffusion se produit lorsque le rayonnement qui traverse l'atmosphère est dévié par les grosses molécules de gaz présentes dans ce dernier. Il existe trois types de diffusion qui dépend généralement de la longueur d'onde du rayonnement, de la densité de particules et de molécules ainsi que de l'atmosphère que le rayonnement doit franchir. On distingue :

- La diffusion de Rayleigh : qui est prédominante dans les couches supérieures de l'atmosphère et se produit lorsque la taille des particules est inférieure à la longueur d'onde du rayonnement. Les particules de poussières ou les molécules d'azote et d'oxygène se dispersent et font déviées les rayonnements à courtes longueurs d'onde de façon plus importante que les grandes longueurs d'onde. C'est pour cela qu'on a un ciel bleu durant la journée.

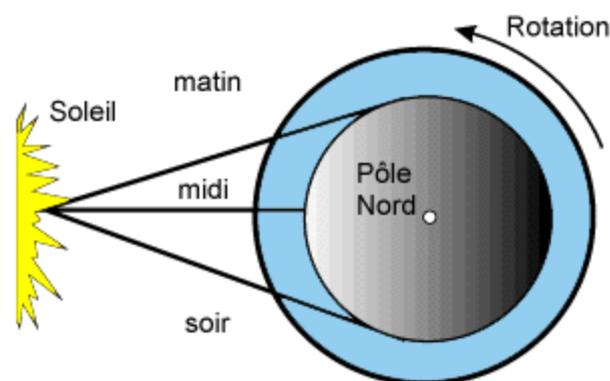


Fig.4 : Illustration de la pénétration des rayons solaire dans l'atmosphère

La diffusion de Mie : qui se produit lorsque les particules sont presque aussi grandes que la longueur d'onde du rayonnement. Elle est produite généralement par la poussière, le pollen, la fumée et l'eau et affecte les plus grandes longueurs d'onde dans les couches inférieures de l'atmosphère.

- La diffusion non-sélective : qui se produit quand les particules (gouttes d'eau et grosses particules de poussière) sont beaucoup plus grosses que la longueur d'onde du rayonnement. Comme son nom l'indique, les particules de l'atmosphère dispersent de façon presque égale le bleu, le vert et le rouge pour donner un rayonnement blanc.

Ainsi, à cause de ces phénomènes, toute acquisition est impossible dans certaines bandes comme dans une partie de l'infrarouge thermique. De ce fait, la télédétection passive s'intéressera principalement aux bandes spectrales qui sont le moins affectés par ce phénomène, c'est-à-dire là où l'atmosphère est transparente telle une fenêtre. [2]

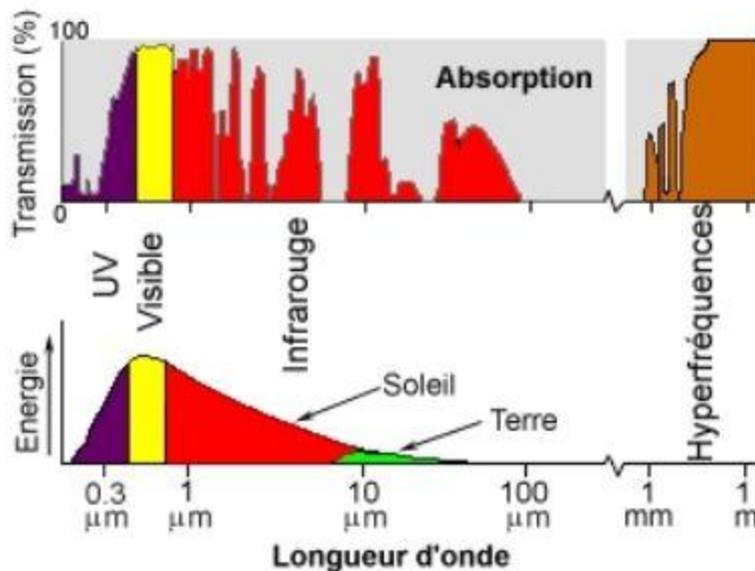


Fig.5 : Fenêtres atmosphériques et spectres d'émission du soleil et de la Terre (CCRS@)

2.3.2 La télédétection active ou RADAR

Le capteur utilisé produit sa propre source de rayon. Il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible et qui sera par la suite réfléchi par cette dernière et mesuré par le capteur. [14] [13] On utilise des lasers ou des radars comme source d'énergie. Ainsi, il est possible d'obtenir des images quelles que soient les conditions météorologiques et de jour comme de nuit. C'est le cas du LIDAR (LIght Detection And Ranging) utilisant une source laser et le RADAR (RAdio Detection And Ranging) utilisant une source hyperfréquence.

Ce mode d'acquisition actif présente un bon nombre de spécificités, tant géométriques que radiométriques. Il apparaît donc nécessaire d'en rappeler les fondements théoriques notamment la physique du signal, le principe de la synthèse d'ouverture, puis les distorsions et les corrections tant géométriques que radiométriques.

Comme le système radar utilise un capteur qui émet son propre rayon, il utilise une gamme de longueurs d'onde entre 1.2 m et 0.8cm. Un domaine spectral qui se divise en bandes, dont les noms proviennent des désignations militaires :

- P qui se situe entre 0.225 et 0.390 GHz et s'étale de 133 à 76.9 cm
- L qui se situe entre 0.39 et 1.550 GHz et s'étale de 76.9 à 19.3 cm
- S qui se situe entre 1.55 et 4.20 GHz et qui s'étale de 19.3 à 7.1 cm
- C qui se situe entre 4.20 et 5.75 GHz et qui s'étale de 7.1 à 5.2 cm
- X qui se situe entre 5.75 et 10.90 GHz et qui s'étale de 5.2 à 2.7 cm
- Ku qui se situe entre 10.90 et 22.00 GHz et qui s'étale de 2.7 à 1.36 cm
- Ka qui se situe entre 22.0 et 36.0 GHz et qui s'étale de 1.36 à 0.83cm

(Bandes radar, plages de fréquences et de longueurs d'onde (d'après Maître, 2001))

Ainsi, ces bandes RADAR peuvent traversées facilement l'atmosphère comme si ce dernier était quasiment transparent.

Dans notre cas, on a une méthode de détection radar plus récente qui est celle de la double polarisation. Par définition, la polarisation d'une onde se définit par la direction du champ électrique E par rapport au plan d'incidence, qui contient le vecteur d'onde k et la normale à la surface de réflexion. Mais en télédétection RADAR, la direction du champ électrique E est fixe au cours de la propagation et reste dans un plan. On notera que certains RADAR polarimétriques modernes, comme le METEOR 1500 de Gematronik, peuvent émettre les deux polarisations simultanément. Ainsi on obtient deux sortes de configurations qui sont rectilignes et Horizontale, quand E est perpendiculaire au plan d'incidence; verticale, quand E est contenue dans le plan d'incidence.

De ce fait, à partir de ces deux configurations, la polarisation de l'onde se fera directement à son émission, puis à la réception de l'onde réfléchié par l'objet observé. Et selon le type d'étude que l'on va faire, on utilisera la polarisation VV (émission et réception en vertical) : très sensible aux éléments verticaux, c'est-à-dire les études de la rugosité de la surface marine et la détermination de la vitesse de vent par exemple et la polarisation HH (émission et réception en horizontal) qui a un grand pouvoir de pénétration dans un couvert végétal essentiellement vertical et très pratique dans la détection de l'eau.

Deux modes peuvent être employés : la polarisation parallèle (émission et réception identiques) et la polarisation croisée (émission et réception opposées) qui présentent des intérêts dans plusieurs domaines selon la géométrie des éléments étudiés.

On notera aussi que les images de télédétection obtenues par un système radar sont fortement affectées par le bruit. Un bruit appelé chatolement (speckle) qui rend l'interprétation de l'image plus compliquée et réduit l'efficacité des techniques habituelles de filtrage et d'analyse d'images. Ainsi, il est indispensable de procéder à des méthodes de filtrage appropriées pour réduire le bruit dans les images radar. Cela en utilisant un filtre idéal qui doit répondre à plusieurs spécifications :

- ❖ Préserver fidèlement la valeur moyenne de la réflectivité radar, c'est-à-dire la quantité réellement mesurée par le radar, de façon à rendre possible la comparaison des réflectivités radar dans le cadre d'une analyse multi temporelle des séries d'acquisition

- ❖ Lisser le plus possible les zones homogènes, et donc d'en éliminer le speckle.
- ❖ Préserver autant que possible la texture, là où elle est présente dans l'image (forêt, champs non homogène, ...) de façon à éviter les confusions entre zones de même radiométrie moyenne, mais de texture différente. Le filtre doit être capable de séparer les effets d'hétérogénéité dus à la texture de ceux dus au speckle.
- ❖ Conserver tout en les dé-bruitant les structures de l'image (contours, lignes, ...) ainsi que les réponses quasi déterministes dues aux effets de coin réflecteur dans les zones très texturées (agglomérations urbaines...). Ceci est d'une importance capitale pour la conservation des réponses du réflecteur radar. L'énergie de ces réponses doit être conservée pour permettre les étalonnages radiométriques lorsque des cibles étalons sont dispersées dans l'image.
- ❖ Limiter la perte de résolution spatiale lors du processus de filtrage du bruit.

Voici des exemples pour illustrer l'importance de l'élimination du bruit :

Les résultats et interprétation du filtrage des canaux HH, VV sur les images d'Allemagne

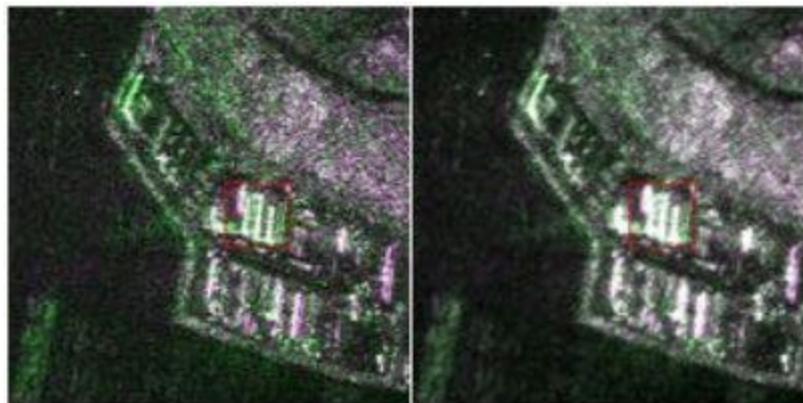


Fig.6 : à gauche : Image en composition colorée bruitée ;

à droite : Image en composition colorée filtrée

(HH=Rouge, VV=Vert et HH=Bleu)

2.4 Processus de la télédétection

Le processus de la télédétection comporte plusieurs étapes essentielles qui sont :

- L'illumination par une source d'énergie de la cible
- Le parcours de l'énergie envoyé par la source vers la cible, un rayonnement qui va réagir avec l'atmosphère pendant son trajet. Ce rayonnement sera réfléchi par la cible et reviendra vers le capteur.
- Enregistrement du rayonnement qui sera diffusé par la cible et reçu par le capteur (il le capte à distance) et enregistre.
- Cette énergie enregistrée sera par la suite transmise vers une station de réception où l'image sera transformée en images.

- Une interprétation de l'image traitée sera par la suite nécessaire pour extraire l'information que l'on veut avoir de la cible.
- Ces informations seront utilisées pour mieux comprendre la cible; dans notre cas, pour extraire toute la surface encore utilisable pour la riziculture.