

## Utilisation de l'imagerie pour la définition spatiale des mangroves des îles Ehotilé en Côte d'Ivoire

### Use of remote sensing for the mangroves mapping of the Ehotilé islands in Ivory Coast

KWASSI E. Abl<sup>1</sup>, BLIVI Adoté Blim<sup>1</sup>, AFFIAN Kouadio<sup>2</sup>, DJAGOUA Eric<sup>2</sup>

**Abstract:** The integrated coastal zone management requires a good knowledge of coastal landscapes. In Ivory Coast, the economic interest of mangroves is well-known as a result of the big production of wood and the abundance of the ichthyological fauna associated with them. From the ecological standpoint, the important roles in the coastal tropical chain has been demonstrated through recent studies. However the mangrove ecosystems are still considered like hostile milieus and have often been degraded or destroyed under the anthropic action.

This study focuses on spatial remote sensing applied to mangroves mapping in Ehotilé Islands in South East Ivory Coast in view of managing and protecting them. After an analysis of the spectral signatures of the 195-56 scene of LANDSAT 7 of 2nd February 2000 and the image improvement through the use of multispectral transformation such as the analysis of the main components and vegetation indices, a classification supervised with a maximum of plausibility is undertaken. This classification realised with an overall 93 percent plausibility makes it possible to attain a medium scale cartography of the modality of occupation of the Ehotilé Islands soil with nine themes, i.e. mangrove, swamp forest, firm land forest, degraded forest, farming and/or fallow land, grassy savannah, habitat, beach, and water plan. On the vegetal coverage map of the Ehotilé Islands the monospecific *Rhizophora racemosa* mangrove landscapes cover 848 hectares out of a total of 5715 hectares of risen lands in the area under study.

Key-words: Ivory Coast - Ehotilé Islands - Remote sensing - Mangroves mapping

**Résumé:** La gestion intégrée des zones côtières nécessite une bonne connaissance des paysages littoraux. En Côte d'Ivoire, l'intérêt économique des mangroves est connu de par la grande production de bois et l'abondante faune ichthyologique qui leur sont associées. Sur le plan écologique, leurs rôles importants dans la chaîne trophique côtière ont été démontrés à travers des travaux récents. Cependant, les écosystèmes mangroves sont encore considérés comme des milieux hostiles et ont souvent été dégradés ou détruits sous l'action anthropique.

Ce travail est une application de la télédétection spatiale à la cartographie des mangroves des îles Ehotilé dans le Sud-est de la Côte d'Ivoire dans le but d'assurer leur gestion et leur protection. Après l'analyse des signatures spectrales de la scène 195-56 de LANDSAT 7 du 02/02/2000 et l'amélioration d'image à partir des transformations multispectrales telles que l'analyse en composantes principales et les indices de végétation, une classification supervisée avec maximum de vraisemblance a été effectuée. Cette classification réalisée avec une précision globale de 93 % de vraisemblance permet d'obtenir la cartographie à moyenne échelle du mode d'occupation du sol des îles Ehotilé avec neuf thèmes : mangrove, forêt marécageuse, forêt de terre ferme, forêt dégradée, cultures et/ou jachères, savane herbeuse, habitations, littoral et plan d'eau. Sur la carte de couverture végétale des îles Ehotilé réalisée, les paysages monospécifiques de mangrove à *Rhizophora racemosa* couvrent 848 ha sur un total de 5715 ha de terre émergée de la zone d'étude.

Mots clés : Côte d'Ivoire - Iles Ehotilé -Télédétection - Cartographie des mangroves

---

<sup>1</sup>Centre de Gestion Intégrée du Littoral et de l'Environnement (CGILE) Université de Lomé BP : 1515 Lomé - Togo / cgileul@yahoo.fr

<sup>2</sup>Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) Université de Cocody-Abidjan 22 B.P.801-Abidjan 22-Côte d'Ivoire

## INTRODUCTION

Les zones côtières du golfe de Guinée en Afrique de l'Ouest sont soumises de plus en plus à des pressions anthropiques (BLIVI, 1993, 2000, 2002). Selon le rapport de la conférence des Nations Unies sur l'environnement, Agenda 21 (Rio, 1992), plus de 60 % de la population mondiale vit dans un rayon de 60 km des côtes. Dans la région maritime du Togo, 45% de la population y vivent ; les grandes villes ouest-africaines comme Abidjan, Accra et Cotonou se trouvent dans la marge côtière avec leurs développements et planifications économiques (ROSSI et BLIVI, 1995 ; KWASSI, 2000). Le développement touristique et industriel, et la forte croissance démographique de ces trois dernières décennies, entre 1970 et 2000, dans les pays côtiers sur la façade atlantique modifient considérablement le paysage naturel maritime. Ainsi, particulièrement les formations végétales forestières ne cessent de reculer consécutivement à l'extension des aménagements portuaires, industriels, urbains et au développement des activités agricoles et récréatives.

L'écosystème des mangroves, seule végétation typique qui caractérise les zones côtières tropicales, est menacé de disparition en Côte d'Ivoire et ailleurs, notamment dans le delta de la Volta au Ghana (EGNANKOU, 1987). Cependant, il est d'une grande importance tant écologique qu'économique sur la côte. La nécessité s'impose de disposer de documents cartographiques récents, actualisés pour la protection des mangroves.

Aujourd'hui, le besoin de cartographie de la zone côtière est indispensable, car les changements des faits et phénomènes littoraux se poursuivent à un rythme et régime très élevés. Pour aménager la mangrove de Côte d'Ivoire, une étape préliminaire de cartographie, outil de base de toute étude de l'espace, est primordiale à mettre en place. Ce travail de base, sur le secteur oriental de la Côte d'Ivoire (fig.1), est présenté dans cette étude dont les objectifs généraux sont de délimiter et de caractériser l'état d'occupation du sol dans cette partie de la zone côtière à partir de l'imagerie satellitaire à haute résolution et de discriminer quantitativement et qualitativement l'écosystème des mangroves.

## PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La basse plaine de la lagune Aby, dans le troisième segment de côte entre Port-Bouet et le Cap des trois pointes (Abé et Affian, 1993), est constituée des îles Ehotilé, recouvertes de mangroves. Les îles Ehotilé se situent dans le prolongement des bas-plateaux sablo-argileux et du cordon sableux entre les longitudes 3°10' et 3°20'Ouest et les latitudes 5° 05' et 5° 12' Nord (TASTET, 1979). Elles comportent les îles Assoko-Manobaka, Bolébeti ou Méha, Assiendé ou Elouamin, Napoléon, N'gramaina, Niamouadio, Esso, Assongou, entre les chenaux de marée, d'une superficie de 15 km<sup>2</sup> (fig.2).

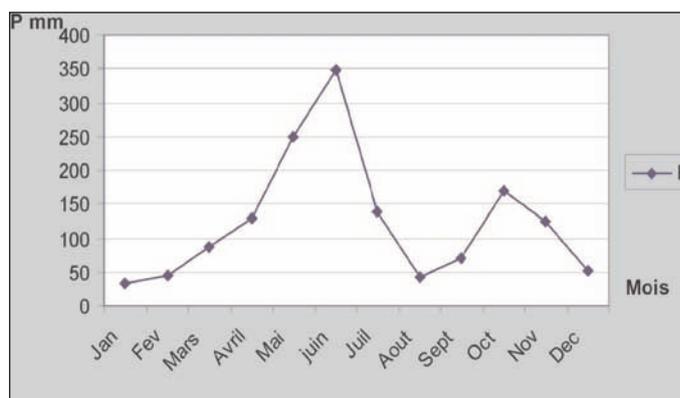


Fig.3: Situation pluviométrique à la station d'Adiaké

Le climat est de type côtier subéquatorial à quatre saisons alternées, avec des températures élevées, supérieures à 18°C, favorables aux palétuviers qui se développent dans la zone de balancement des marées, le long des chenaux, supportant facilement la salinité. Les précipitations annuelles varient entre 1500 et 2500 mm. La décennie 1990-1999 est marquée, au travers des précipitations moyennes annuelles de la station d'Adiaké proche des îles

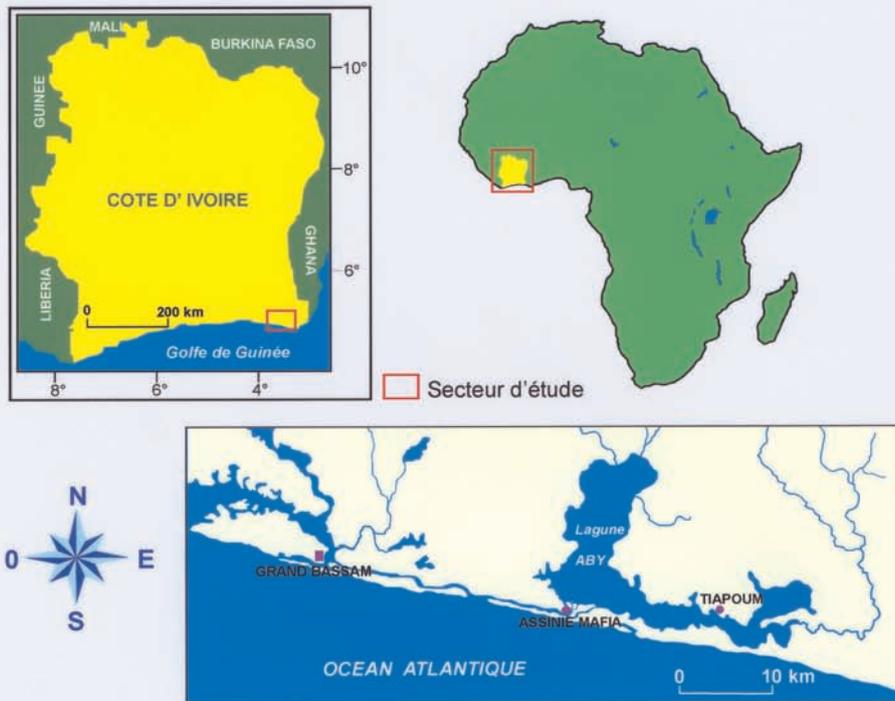


Fig. 1: Secteur oriental de la Côte d'Ivoire (Blivi, A., Affian, K. & Kwassi, A.E.)



LEGENDE: ——— Route principale  
 ——— Route secondaire  
 - - - - - Cours d'eau temporaire  
 ——— Piste carrossable  
 ● Habitats

Fig. 2: Situation géographique des îles Ehotilé de la lagune Aby (Blivi, A., Affian, K. & Kwassi, A.E.)



Parc national des Iles Ehotilé : mangrove et forêt dense humide(Photos: Chimène Kaudjhis)

Ehotilé, par un déficit hydrique prononcé de décembre à mars (fig.3), attestant une très rude période sèche. Le milieu est toujours dominé par les essences forestières telles que Acajou (*Khaya ivorensis*), Sipo (*Entandrophragma utile*), Avodiré (*Turraeanthus africana*), Niangon (*Tarrieta utilis*), Samba (*Triplochiton scleroxylon*), Iroko (*Chlorophara excelsa*), Tiama (*Entandrophragma macrophyllum*).

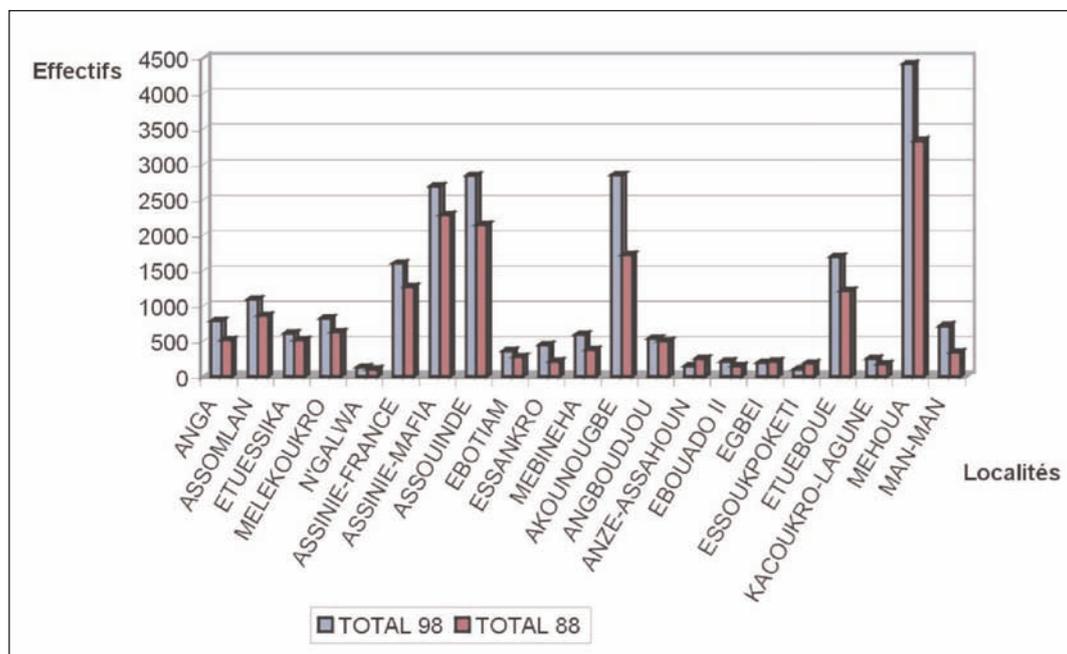


Fig.4: Evolution de la population dans la zone d'étude

Le rythme d'évolution des populations des localités des îles Ehotilé dans le département d'Adiaké s'est accéléré, passant de 17 292 en 1988, à 23 116 habitants en 1998 (fig.4). Cette importante augmentation entraîne une pression et une diversification des exploitations du milieu à travers la pêche artisanale, l'agriculture, l'élevage, l'exploitation de bois de mangrove, la teinture. La croissance des faits environnementaux et artisanaux justifie la mise à jour des données cartographiques ; tant l'importance de l'écosystème des mangroves est reconnue par sa faune et sa flore.

## METHODOLOGIE

La méthodologie utilisée pour le traitement des données comprend un certain nombre de processus qui met en évidence les différents types d'occupation du sol.

### Traitement préliminaire d'image

Le traitement d'image commence par l'extraction du secteur d'intérêt et la correction géométrique de l'image Landsat dans le système de référence UTM/WGS 84, fuseau 30. Les techniques d'amélioration de contraste permettent ensuite d'augmenter la qualité visuelle de l'image.

La mise en exergue de l'information utile contenue dans les images brutes requiert la création des néo-canaux à partir de l'analyse en composantes principales et du calcul des indices de végétation (BONN, 1996). Le NDVI permet d'apprécier la biomasse sur les îles Ehotilé. La reconnaissance des zones humides a été facilitée par l'indice d'humidité issu de la transformation de Tasseled Cap. L'image trichrome réalisée avec les trois images générées par cette dernière transformation a permis de différencier les types de forêt notamment la

mangrove, la forêt marécageuse, la forêt de terre ferme et les zones dégradées (fig.5). Avec les données restaurées, la classification automatique présente les données images en un certain nombre de domaines homogènes. Les compositions colorées, réalisées à partir de canaux bruts ou de néo-canaux et la classification automatique servent de guide, lors de la campagne de reconnaissance du terrain.

### **Travaux de terrain**

Les conditions de terrain, assez difficiles, n'ont pas permis de faire un inventaire en rapport avec les données issues des images. Quelques pistes forestières, visibles sur l'image, n'ont pas été retrouvées ; la mangrove a été inaccessible en raison du réseau inextricable des racines échasses et de l'hydromorphie des sols ; la distinction entre palétuviers et autres espèces compagnes telles que *Drepanocarpus lunatus*, *Acrostichum aureum*, toutes se développant sur des sols hydromorphes n'a pas pu se faire du fait de leur imbrication ; les cocoteraies, également n'ont pu être individualisées car de petites parcelles agricoles et des jachères y sont souvent incluses.

Cependant, les relevés des parcelles d'entraînement de la classification supervisée in situ ont pu être menés. Ils ont porté sur cinquante parcelles suffisamment homogènes, avec reconnaissance de la nature de l'occupation des sols. L'usage d'un GPS (Global Positionnement System) a facilité la collecte des coordonnées des centres des parcelles.

### **La classification supervisée**

Nous avons utilisé vingt parcelles d'entraînement, les autres ont servi au contrôle des résultats. Le choix des parcelles à utiliser durant l'étape d'apprentissage de la classification est effectué à la suite d'essais réalisés suivant un sondage aléatoire simple (N'DOUME *et al.*, 2001) et une sélection des parcelles homogènes d'au moins 500 m de rayon, centré sur les points relevés sur le terrain à l'aide du GPS.

Les moyennes des signatures spectrales dans les canaux ACP1, ACP2, NDVI<sup>1</sup>, IP3 (ETM3 / ETM4) et l'indice d'humidité du sol de Tasseled cap sont affectées aux parcelles d'entraînement. L'algorithme de classification par maximum de vraisemblance a été utilisé.

La matrice de confusion permet d'obtenir les précisions du traitement afin de valider le choix des parcelles d'entraînement. Après plusieurs essais, la meilleure classification (reflétant le mieux la réalité du terrain) est conservée et sa validation est obtenue par le calcul des précisions cartographiques, des précisions d'inventaire, de la précision globale et des erreurs d'omission et de commission.

La lisibilité du document cartographique créé est améliorée par l'utilisation de filtre médian 3 x 3 qui élimine les pixels isolés. La carte finale est complétée par la superposition des routes. Enfin les superficies des différents thèmes cartographiés sont estimées.

---

<sup>1</sup> NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

<sup>2</sup> ACP : Analyse en composantes principales

<sup>3</sup> IP : Indice pigmentaire

## RESULTATS

### Reconnaissance des mangroves et des autres types d'occupation du sol

D'une manière générale, les néo-canaux ont amélioré considérablement le pouvoir discriminant des compositions colorées et des algorithmes de calculs permettant la classification automatique ou dirigée. L'analyse en composantes principales réalisée a permis de maximiser l'information spectrale sur les deux premières composantes (ACP1, ACP2) à raison de 97% (tabl.1).

Tableau 1 : Variances de différentes composantes

COMPOSANTES	VARIANCE (%)
1	88,45
2	7,87
3	2,57
4	1,08
5	0,02
6	0,01

L'amélioration d'image apportée par l'ACP permet de distinguer sur l'ACP1, les sols nus en blanc, les zones de culture en gris clair et les zones de forêts en gris sombre (fig.6). Afin de distinguer les forêts denses des zones dégradées, nous avons calculé l'indice de végétation normalisé (fig.7)

(NDVI = (ETM4-ETM3)/(ETM4+ETM3). Après la reconnaissance des différents types

d'occupation du sol, sur les néo-canaux et sur le terrain, la classification supervisée a été effectuée.

### Classification supervisée

Un des critères importants dont dépend la précision de la classification supervisée est la représentativité et l'homogénéité des parcelles échantillons des thèmes rencontrés dans la zone d'étude. Ainsi, neuf thèmes ont été définis : mangrove, forêt marécageuse, forêt de terre ferme, forêt de terre ferme dégradée, cultures et/ou jachères, savane herbeuse, habitations, littoral et plans d'eau pour 20 parcelles d'entraînement représentant 220 ha soit 1,97 % (tabl.2) de la superficie étudiée (11140,74 ha). Le thème mangrove évoluant en forêt marécageuse, les cultures et /ou jachères, présentant une forte variabilité radiométrique ont été suréchantillonnés.

L'étude de la séparabilité des signatures spectrales à partir des distances de Bhattacharyya (PCI, 1997) montre que les thèmes retenus sont nettement séparables, les distances minimale et maximale étant respectivement 1,92 et 2,00 (tabl.3).

Tableau 2 : Statistique sur les parcelles d'entraînement

	M	FM	FTF	FTFD	C/J	SH	H	L	PE	TOTAL
Nombre	4	3	1	2	4	2	1	1	2	20
Superficie (ha)	31,32	21,15	27,63	23,13	32,04	23,22	10,1	9,81	41,31	219,71
Taux de sondage(%)	0,28	0,19	0,25	0,21	0,29	0,21	0,09	0,08	0,37	1,97

M = mangrove, F M = forêt marécageuse, FTF = forêt de terre ferme, FTFD = forêt de terre ferme dégradée, C/J = cultures et/ou jachères, SH = savane herbeuse, H = habitations, L = littoral, P E = plans d'eau

Tableau 3 : Séparabilité des thèmes d'après la distance de Bhattacharyya

	1	2	3	4	5	6	7	8
1- Mangrove								
2- Forêt marécageuse	1,926							
3- Forêt de terre ferme	1,999	1,999						
4- Forêt de terre ferme dégradée	1,993	1,928	2,000					
5- Cultures et/ou jachères	1,999	1,999	2,000	1,995				
6- Savane herbeuse	1,998	1,974	1,979	1,997	1,995			
7- Habitations	2,000	2,000	1,994	2,000	2,000	1,999		
8- Littoral	1,999	1,999	1,992	2,000	2,000	1,997	1,965	
9- Plans d'eau	1,999	2,000	1,999	2,000	2,000	2,999	1,992	1,974

### Evaluation de la classification

La classification est validée par la matrice de confusion (tabl.4) obtenue à partir des parcelles de contrôle. Les calculs effectués sur cette matrice ont donné les indices d'exactitude de la classification (tabl.5). Il s'agit de la précision cartographique, de la précision de l'inventaire et des erreurs d'omission et de commission. La précision globale de la classification est de 93 %. La carte finale montre les paysages de mangroves et l'occupation du sol des îles Ehotilé (fig.8). Sur la base de la résolution spatiale de l'image Landsat (30 x 30 m), la superficie de la mangrove de notre zone d'étude est estimée à 848 hectares (tabl.6).

Tableau 4: Matrice de confusion

VÉRITÉ TERRAIN THEMES	CLASSIFICATION									TOTAL PIXELS TERRAIN
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1 : Mangrove	<b>621</b>	69	0	0	0	0	0	0	6	<b>696</b>
2: Forêt marécageuse	34	<b>410</b>	21	0	4	0	0	0	0	<b>469</b>
3: Forêt de terre ferme	0	20	<b>521</b>	66	7	0	0	0	0	<b>614</b>
4: Forêt de terre ferme dégradée	0	0	78	<b>435</b>	1	0	0	0	0	<b>514</b>
5: Cultures et / ou jachères	0	9	2	0	<b>700</b>	0	1	0	0	<b>712</b>
6: Savane herbeuse	0	0	0	0	0	<b>438</b>	66	12	0	<b>516</b>
7: Habitations	0	0	0	0	1	26	<b>198</b>	1	0	<b>226</b>
8: Littoral	0	0	0	0	0	0	32	<b>187</b>	0	<b>219</b>
9: Plan d'eau	6	0	0	0	0	0	5	48	4539	<b>4598</b>
<b>TOTAL PIXELS CLASSÉS</b>	<b>661</b>	<b>508</b>	<b>622</b>	<b>501</b>	<b>713</b>	<b>464</b>	<b>302</b>	<b>248</b>	<b>4545</b>	<b>8564</b>



Fig. 5: Image de la composition colorée des indices de brillance du sol de Tasseled Cap; sol nu (rouge), végétation (vert) et humidité (bleu).

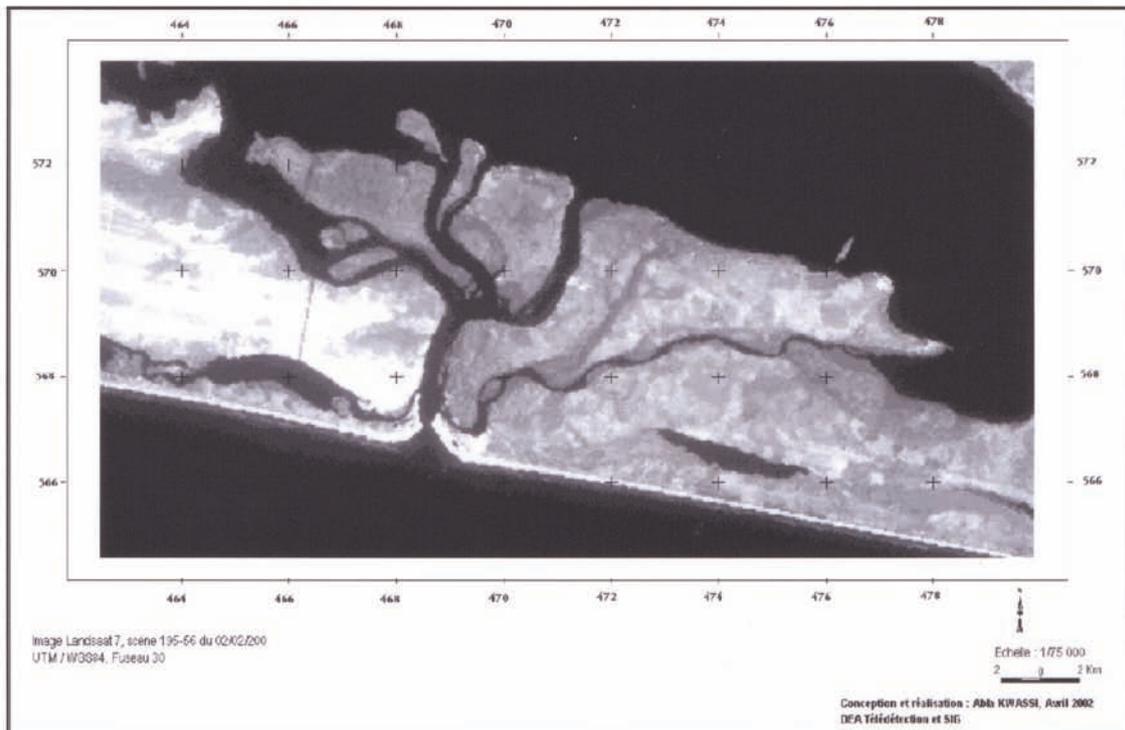


Fig. 6: Composante principale 1 (ACP1), égalisation d'histogramme

Tableau 5: Validation de la classification: indices d'exactitude.

Thèmes	Précision Cartographique (%)	Précision de l'inventaire (%)	Erreur d'omission (%)	Erreur de Commission (%)
1	89,22	94,97	10,78	11,35
2	87,42	108,31	12,58	11,61
3	84,85	101,30	15,15	14,95
4	84,63	97,47	15,37	15,77
5	98,31	100,14	1,69	01,68
6	84,88	89,92	15,12	16,81
7	87,61	133,62	12,39	09,27
8	85,39	113,24	14,61	12,90
9	98,72	98,84	1,28	01,29
<b>Moyenne</b>	<b>89,00</b>	<b>104,20</b>	<b>10,998</b>	<b>10.63</b>
<b>PRÉCISION GLOBALE</b>	<b>93,98</b>			

Tableau 6: Surfaces classées pour les différents thèmes

THEMES	LEGENDES	PIXELS	SURFACES (HA)	POURCENTAGE %
1	Mangroves	9427	848,43	7,62
2	Forêt marécageuse	16156	1454,04	13,05
3	Forêt de terre ferme	9232	830,88	7,46
4	Forêt de terre ferme dégradée	2308	207,72	1,86
5	Culture jachère	14351	1291,59	11,59
6	Savane herbeuse	2670	240,03	2,16
7	Habitats	6691	602,19	5,41
8	Littoral	2664	239,76	2,15
9	Plan d'eau	60287	5425,83	48,70
<b>TOTAL</b>		<b>123786</b>	<b>11140,74</b>	<b>100</b>

## DISCUSSION

### Typologie des classes de couverture végétale

Le caractère naturellement hétérogène du secteur étudié est une limite par rapport à la résolution spatiale de l'image Landsat. L'atmosphère des milieux humides des îles Ehotilé engendre des perturbations dans les réponses spatiales et spectrales des végétaux en télédétection. Il est souhaitable d'appliquer une bonne méthode de correction atmosphérique. Le thème mangrove défini n'est pas typologiquement fin du point de vue phénologique de la végétation. En effet, la mangrove regroupe dans bien des cas les palétuviers et d'autres espèces dites « facultatives » de milieu humide. La part de la radiométrie qui relève de l'eau, des autres végétaux ou des palétuviers dans la mangrove est difficile à cerner et occasionne des confusions thématiques accrues par la faible dynamique des canaux bruts du visible (AFFIDEGNON *et al.*, 1998 ; HERY, 1993).

Dans notre cas, la monospécificité de la mangrove des îles Ehotilé, à *Rhizophora racemosa*, est un atout à la fiabilité de la méthode adoptée et à la grande précision (93%) de la classification supervisée effectuée. Car n'ayant pas la même physionomie, les palétuviers eux-mêmes auraient augmenté les confusions spectrales. Cependant, le problème de la discrimination des classes de végétation soulevé par GIRAD et BLASCO (1996) ne doit pas être négligé.

### Améliorations d'images

Les canaux bruts étroitement corrélés n'offrent pas la complémentarité nécessaire pour identifier les ensembles de peuplements végétaux. L'analyse en composante principale est donc effectuée dans le but de décorrélérer et de réduire le nombre de canaux et ainsi d'améliorer la perception visuelle de l'image. L'information spectrale est alors maximisée à raison de 97 % dans les deux premières composantes.



Fig. 7: Résultat de l'indice de végétation normalisé (NDVI), étalement linéaire

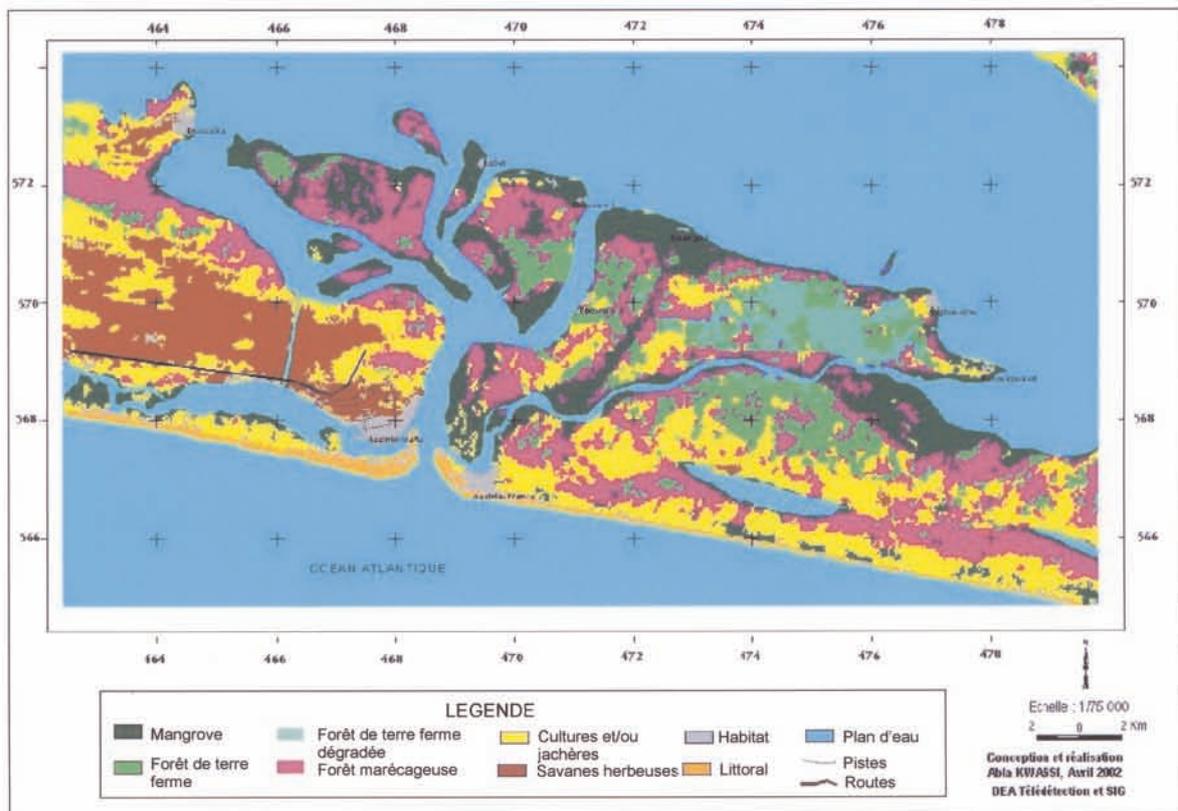


Fig. 8: Carte de végétation des îles Ehotilé

La transformation de Tasseled cap utilisée a permis, à l'instar de DEFOURNY (1990), d'aider à la reconnaissance sur l'image des zones marécageuses et les végétations qui y sont associées. Nous avons constaté comme d'autres auteurs (AFIDEGNON *et al.*, 1998), l'apport significatif du Moyen infra rouge à travers le canal ETM 4. Cependant, la composition colorée classique ETM 3 (bleu), ETM 4 (vert), ETM 5 (rouge) utilisée avec succès pour les études de végétation forestière par BERNARD *et al.* (1995) n'a pas été très suffisant pour la bonne distinction des classes de thème.

## Classification

L'algorithme du maximum de vraisemblance utilisé a permis d'obtenir une classification de la végétation des îles Ehotilé sous différents thèmes. Cependant un seul faciès de mangroves est distingué, contrairement à GAO (1998) qui a pu cartographier les mangroves denses et les mangroves dégradées, et TONYE *et al.* (1998) qui ont distingué dans leur classification, les zones de mangroves hautes, basses et décadentes.

La matrice de confusion montre un faible pourcentage d'omission (10 %) pour la classe mangrove. Cependant, on a pu constater que vers l'intérieur des îles les mangroves se mélangent à la forêt marécageuse. Des confusions sont également notées entre les classes de sols nus (savane herbeuse, habitats, littoral).

Globalement, l'absence de données locales concernant les superficies des mangroves des îles Ehotilé, ne nous permet pas de confronter nos estimations de superficies et d'évaluer l'intérêt de la méthode utilisée. Cependant, sur le milieu complexe et hétérogène étudié, les résultats sont acceptables et sont proches de ceux de AFIDEGNON *et al.* (1998), N'GUESSAN *et al.* (1990), et supérieurs au minimum acceptable, 85%, évoqué par BROCKHAUS *et al.* (1992).

Néanmoins, beaucoup d'aspects restent à améliorer. Afin d'optimiser nos résultats, l'apport d'autres données issues des photographies aériennes infrarouge à basse altitude. Leur analyse sous stéréoscopie favoriserait une meilleure interprétation des apparences physiologiques de la mangrove ; des données radar d'où la structure des mangroves serait mieux appréhendée à partir de l'intensité du signal micro-onde rétrodiffusé.

## CONCLUSION

Cette étude a permis de cartographier les mangroves et l'occupation du sol sur les îles Ehotilé de la lagune Aby. La méthodologie basée sur l'analyse en composantes principales, le calcul des indices de végétation, les compositions colorées, la classification supervisée appliquée à la scène 195-56 de LANDSAT 7 et l'observation de terrain ont servi à différencier neuf principaux thèmes dans la zone d'étude. Cette classification qui fournit des résultats avec une précision de 93 % de vraisemblance, a permis de distinguer les différentes unités thématiques. La superficie des mangroves à *Rhizophora racemosa* des îles Ehotilé a été estimée à 848 hectares.

Comparée à la carte de base jusqu'alors existante, elle a relativement amélioré le niveau de distinction de l'occupation du sol. Par ailleurs, cette carte à moyenne échelle est d'une grande utilité pour le suivi écologique du parc national des îles Ehotilé et en particulier de l'écosystème mangrove correspondant. C'est aussi une base de données pour d'éventuels projets de gestion du littoral d'Assinie-Mafia où lagune, mer, terrains hydromorphes ou non sont interconnectés.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABE, J. et AFFIAN, K., 1993 : Morphology and tourist infrastructures of the ivory coast. *In the GeoJournal Library* Vol. 26 *Tourism and Environment* : The case for Coastal Areas, pp. 99-108.
- AFIDEGNON, D., FROMARD, F., BELLAN, M.F., 1998 : La réalité de terrain et le traitement d'images en milieu tropical anthropisé : cas des écosystèmes littoraux du sud du Togo vus par HRV de Spot. *AS actualité scientifique, la réalité de terrain en télédétection : pratique et méthode*. Ed. Aupelf-UREF, pp. 13-20.
- BERNARD, A., VIAU, A., BOUTHILLIER, L., 1995 : Détermination et évaluation d'indicateur d'aménagement forestier durable à l'aide d'image LANDSAT TM. *Compte rendu du 17<sup>ème</sup> symposium canadien de Télédétection, Saskatoon, Vol. II : 562-565.*
- BLIVI, A.B., 1993 : Géomorphologie et dynamique actuelle du littoral du golfe du Bénin, Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux 3, 458p.
- BLIVI, A.B., 2000 : Vulnérabilité de la côte togolaise à l'élévation du niveau marin : une analyse de prévision et d'impact. *Collection « Patrimoines », 11, 2 : 643-660.*
- BLIVI, A.B., ANTHONY, E.J. & OYEDE, L.M., 2002 : Sand barrier development in the bight of Benin, *West African Journal : Ocean and Coastal Management*, 45 (2-3): 185-200.
- BONN, F., 1996 : Précis de Télédétection, Vol. 2, Application thématique. Edition Marquis, Presses de l'Université du Québec, (AUPELF, Sainte - Foy), 633 p.
- BROCKHAUS, J.A., KHORRAM, S., 1992 : A comparison of Spot and Landsat-TM data for use in conducting inventories of forest resources. *Int. J. Remote Sensing* ,13,(16): 3035-3043.
- DEFOURNY, P.1990 : Méthode d'évaluation quantitative de la végétation ligneuse en région soudano - sahélienne à partir de données Landsat TM (Burkina Faso). In : *apport de la Télédétection à la lutte contre la sécheresse*, Ed. AUPELF-UREF, pp. 63-74.
- EGNANKOU, W. M., 1987 : Mangroves ivoiriennes en voie de disparition, in : *Annales de l'Université d'Abidjan - Ecologie*, XIX : 9-27.
- GAO, J., 1998 : A hybrid method toward accurate mapping of mangroves in a marginal habitat from Spot multispectral data. *Int. J. of remote sensing*, 19,(10) :1887-1899.
- GIRAD, C.M.& BLASCO, F, 1996 : Végétation herbacée terrestres in BONN, F., (red) *Précis de Télédétection, Vol. 2 : Application Thématique*, PUQ, AUPELF-UREF, Sainte-Foy, pp. 199-223.
- HERY, P., DUCROT-GAMBAT, D., LOPES, A., MOUGIN, E., MARTY, G., FROMARD, F., BLASCO, F., RUDANT, J.P., LOINTIER, M., PROST, M.T., 1993 : Cartographie de la végétation tropicale et suivi de la dynamique des mangroves de Guyane par Spot et ERS1. *De l'optique au radar, les applications de Spot et ERS*. CNES, Paris 10-13 mai, 329-341.
- KWASSI, A. E., 2000 : "Contribution à l'étude des populations rurales de la zone côtière du Togo". *Mémoire de Maîtrise, Département de géographie, Université du Bénin, Lomé*, 130p.
- N'DOUME, C., LACHENAUD, P., HUSSARD, A., NGUYEN, H., FLORI, A., 2001 : Etude de faisabilité pour l'élaboration d'une cartographie statistique d'inventaire des vergés café et cacao en Côte d'Ivoire par Télédétection Satellitaire, *In : Bulletin de la Société Française de Photogramétrie et Télédétection (SFPT)* , 157 : 3 -7.
- N'GUESSAN E. K., 1990 : Etude de l'évolution de la végétation du " V" Baoulé (contact forêt / savane en Côte d'Ivoire) par télédétection, in *AS actualité scientifique. Apport de la télédétection à la lutte contre la sécheresse*, Ed. AUPELF-UREF, Paris, pp. 181-196.
- PCI, 1997 : Using PCI software, Version 6.2. Canada 551 p.
- ROSSI, G. & BLIVI, A. B., 1995 : Les conséquences des aménagements hydrauliques de la vallée du Mono (Togo-Bénin). *S'aura-t-on gérer l'avenir ? Cahiers d'Outre-Mer*, 48, (192) : 435-452.
- TONYE, E.& AKONO, A., 1998 : Application de la réalité terrain et de l'imagerie radar à la cartographie des mangroves de la région de Douala (Cameroun). *AS actualité scientifique, la réalité de terrain en télédétection : pratique et méthode*. Ed. AUPELF-UREF : 241-247.

