

ANALYSE SPATIALE DU GRADIENT FLORISTIQUE ARBORESCENT DANS LES FORÊTS DE PLAINE DU SE LIBERIA ET SW CÔTE D'IVOIRE

R.S.A.R. VAN ROMPAEY et R.A.A. OLDEMAN

Chaire de Sylviculture et d'Ecologie forestière, université agronomique de Wageningen,
Postbus 9101 (bode 31), NL-6700 HB Wageningen, Pays-Bas

Résumé : Le changement graduel de la composition des forêts de la côte pluvieuse vers l'intérieur du pays a été décrit par plusieurs auteurs en Côte d'Ivoire, au Ghana et au Libéria. Les critères différentiels habituels étaient les taxons arborescents de grande taille. Depuis quelques années ces typologies sont aussi fondées sur des relevés traités numériquement et qui utilisent notamment l'analyse factorielle de correspondance. Nous présentons ici une méthode d'interpolation spatiale des résultats d'une telle analyse de correspondance, ce qui permet de dresser la carte du gradient de composition floristique sans être obligé de le découper en types.

Nous avons utilisé les résultats des inventaires forestiers nationaux qui ont été effectués au Libéria entre 1960 et 1970 et en Côte d'Ivoire entre 1970 et 1980. A ces époques, les forêts inventoriées étaient encore peu exploitées et l'identification des arbres était parfois effectuée par des forestiers plutôt que par des taxonomistes. Pour compléter l'image nous y avons ajouté l'inventaire de trois parcelles étudiées par le premier auteur et situées dans le Parc national de Taï.

Les sites et les espèces ont été arrangés suivant le gradient principal climatique de pluviosité décroissante du sud-ouest au nord-est à l'aide d'une analyse factorielle de correspondance. Pour ce faire, les 53 plus grandes espèces arborescentes ont été utilisées. Ensuite, les scores des sites sur l'axe principal ont été placés sur la carte et des courbes d'égale composition floristique ont été tracées à l'aide de la méthode du krigeage pour l'interpolation spatiale.

Les résultats montrent un gradient en courbe sigmoïde avec un point d'inflexion qui correspond au changement d'un relief montant de façon monotone à partir de la mer jusqu'à une topographie ondulante avec de larges vallées. Au Libéria, près de la mer, on trouve des forêts riches en Caesalpinioideae (*Tetraberlinia tubmaniana*, *Didelotia brevipaniculata*, *Loesenera kalantha*, etc.) dans la partie la plus pluvieuse du gradient. De telles forêts n'existent ni en Côte d'Ivoire, ni au Ghana. Ce n'est qu'au Cameroun et Gabon qu'ont été décrites des forêts comparables. Le taux élevé de spéciation qui s'est produit entre-temps dans chacune des deux aires de cette forêt à Caesalpinioideae suggère une séparation beaucoup plus longue que celle supposée pour les forêts sempervirentes des secteurs occidental et congolais des forêts guinéennes.

Mots-clés : Forêt tropicale, composition floristique, analyse factorielle de correspondance, krigeage, Afrique de l'Ouest, forêt à Caesalpinioideae.

Abstract: The gradual change in species composition of the tropical rain forests in West Africa has been described by many authors, mainly based on large tree species. Since a number of years these typologies are also based on results of numerical analysis of relevés, e.g. by correspondence analysis. In this paper we present a method of spatial interpolation of such ordination scores, in order to map the compositional gradient without being obliged to split it up in types.

Results from national forest inventories in Liberia (sixties) and Ivory Coast (seventies) were reanalysed by using DCA. We included also three pristine study sites in Taï National Park which were inventoried recently by the first author. 53 species and 33 sites were ranked along the main gradient, corresponding with decreasing rainfall from the southwest towards the northeast. The site scores were placed on the map and curves of equal species composition were drawn using the Kriging method for spatial interpolation.

The results show a sigmoid-shaped gradient with an inflexion point at that point inland where the relief changes from monotonically rising to undulating with large valleys. In Liberia, next to the coast, the forests are very rich in Caesalpinioideae tree species (*Tetraberlinia tubmaniana*, *Didelotia brevipaniculata*, *Loesenera kalantha*, etc.) and form the wettest forests in the region. Such forests are neither found in Côte d'Ivoire nor in Ghana, but species from the same genera exist in Cameroon and Gabon. The high degree of speciation in these genera between Liberia and the Central African countries suggest a much longer separation of these wettest forests than suggested between Upper and Lower Guinea.

Keywords: Tropical rain forest, species composition, detrended correspondence analysis, DCA, kriging, West Africa, Caesalpinioideae forest.

Introduction

Le changement graduel de la composition des forêts de la côte pluvieuse vers l'intérieur du pays a été décrit par plusieurs auteurs en Côte d'Ivoire (SCHNELL, 1950; MANGENOT, 1955; AUBREVILLE, 1959; GUILLAUMET & ADJANOHOON, 1971); au Ghana (TAYLOR, 1952; HALL & SWAINE, 1976 et 1981), au Liberia (VOORHOEVE, 1965; SACHTLER 1968), enfin pour l'Afrique entière (WHITE, 1983). Tous ces auteurs ont essayé de grouper les espèces naturelles en groupes floristiques afin de définir plusieurs zones ou types, puis cherché à tracer les limites entre ces zones sur la carte. La procédure de groupement des espèces et des forêts par zone n'était pas standardisée. Ainsi, chaque nouvelle carte était différente des précédentes. C'est pourquoi il est quasi-impossible de vérifier, voire corriger ces cartes.

En plus, les données taxonomiques avaient un biais vers les ligneux empiriquement désignés comme « les grands arbres ». Ceci est dû au fait que ce furent les forestiers parmi les premiers botanistes de cette région, à commencer avec A. AUBREVILLE, qui ont identifié pas mal d'espèces-clefs. Malgré les efforts de botanistes comme MANGENOT (1955) pour inclure la totalité des taxons végétaux, force nous est de conclure avec le phytosociologue BARKMAN (ex OLDEMAN, 1990), que cela mène à une masse de données défiant l'analyse, même si l'on pouvait résoudre le problème de l'échelle commune aux grands arbres et aux bactéries. Que faire, face à un corps de données hétérogènes avec des biais évidents, devenues en partie incontrôlables par la disparition des forêts? La seule voie ouverte était de s'appuyer sur les données communes à toutes ces sources, d'y ajouter des vérifications sur le terrain et d'employer les moyens de dépouillement de cette fin de siècle.

Depuis quelques années ces typologies forestières sont plutôt fondées sur des relevés traités numériquement, notamment utilisant l'analyse factorielle de correspondance (HALL & SWAINE; 1976 et 1981; de Rouw, 1991). A l'aide de cette technique, nous avons vu apparaître l'image d'un arrangement unique des espèces et des relevés le long d'un gradient principal. Ce gradient principal correspondait avec le gradient climatique orienté SO-NE. Dans le tableau espèces-relevés on retrouve le long de la diagonale ce gradient d'humidité. Dans ce tableau non classifié certaines espèces ne couvrent qu'un trajet assez restreint du gradient (par ex. *Cynometra ananta*, espèce de forêt très humide en Afrique de l'Ouest), tandis que d'autres espèces couvrent tout le gradient (par ex. *Piptadeniastrum africanum*) tout en étant plus abondantes sur un trajet donné (VAN ROMPAEY, 1993).

Ces techniques numériques ont déjà résolu la moitié du problème : les espèces ne doivent plus être attribuées à des groupes distincts mais elles sont arrangées de façon continue le long de l'axe principal (SWAINE & HALL, 1976). Pourtant, les auteurs cités ont toujours groupé les relevés en cinq ou six types pour les forêts, ce qui correspond à une zonation sur la carte du pays étudié (ZONNEVELD, 1988). Ceci facilite la cartographie mais nie la variation graduelle évidente à l'intérieur d'un même type de forêt (OLDEMAN, 1990).

Nous présentons ici une méthode d'interpolation spatiale des résultats d'une telle analyse de correspondance, ce qui permet de dresser la carte du gradient de composition floristique sans être obligé de le découper en types. Cette méthode est basée sur les tracés des courbes isocompositionnelles joignant les forêts d'égale composition floristique. Ainsi la partie 'forêts' de l'analyse obtient un aspect continu, ce qui correspond à la réalité observée sur le terrain.

Région étudiée

En Afrique de l'ouest et à l'intérieur du bloc forestier dite de « Haute Guinée », nous avons étudié les forêts de plaine du SE Libéria et SO Côte d'Ivoire. Elles ne dépassent guère 400 m d'altitude (Figure 1) et se trouvent sur des roches-mères gneissiques et granitiques avec une bande de schistes sériciteux au niveau du parc national de Taï (Fig. 2).

Les postes pluviométriques sont rares dans cette région, surtout au Libéria (VAN ROMPAEY, 1994). La figure 3 montre les 25 stations avec leur pluviosité annuelle moyenne en dm par an. La côte libérienne reçoit plus de 40 dm d'eau par an, tandis qu'à la limite forêt-savane la pluviosité n'atteint que 13 dm par an (ELDIN, 1971 ; ASECNA, 1979 ; MEIJERS, 1981 ; MEIJERS & SAYE, 1983 ; ANAM, 1987).

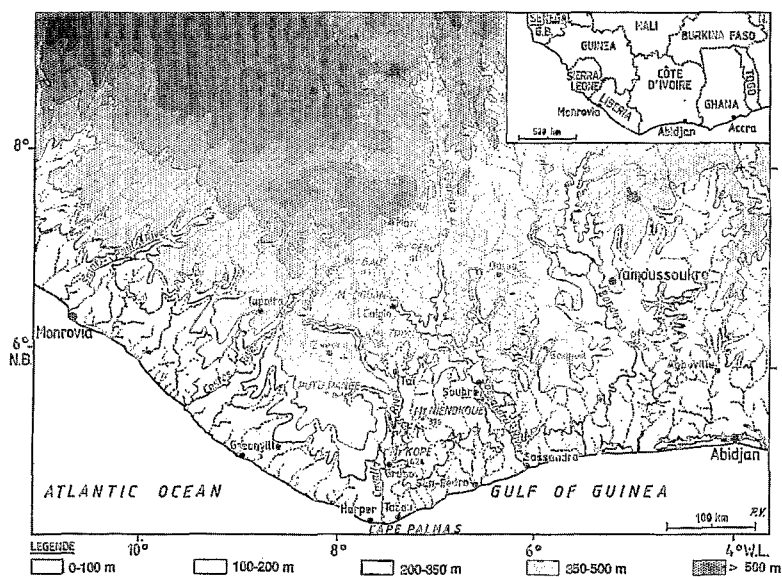


Figure 1

Relief et hydrographie du Libéria et de la partie sud de Côte d'Ivoire. Des courbes de niveau ont été tracées à 100, 200, 350 et 500 m d'altitude (Sources : IFAN 1968, points avec altitude du Libéria : MPEA 1983). Remarquez que la région de Taï ne fait pas directement face aux moussons du sud-ouest.

Les roches-mères

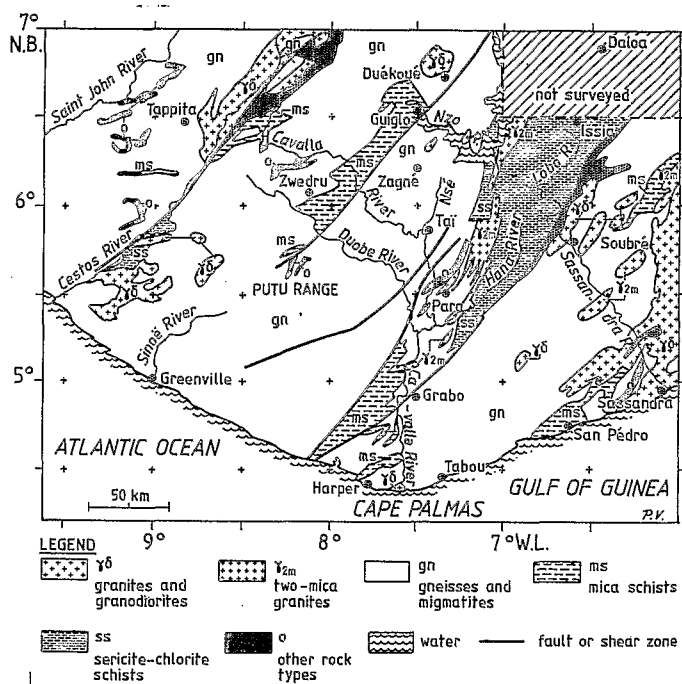


Figure 2

Lithologie du SE Libéria et du SW de la Côte d'Ivoire. Les principaux types de roche sont des gneiss, migmatites, granites à deux micas, granodiorites, micaschistes et schistes sériciteux-chloriteux. Les failles sont orientées SW-NE. Cette carte lithologique est basée sur les cartes géologiques les plus récentes de la région (pour le Libéria : MPEA (1983) dans le 'Planning and Development Atlas of Liberia', pour le SO de la Côte d'Ivoire, PAPON (1973).

Nous avons analysé les résultats des inventaires forestiers nationaux (Figure 4) qui ont été effectués au Libéria entre 1960 et 1970 (GFML, 1967; SACTLER & HAMER, 1967 ; SACTLER, 1968) et en Côte d'Ivoire entre 1970 et 1980 (CLÉMENT, 1973 ; SODEFOR, 1978 et 1979). Pendant ces époques-là, les forêts inventoriées étaient encore peu exploitées. Le taux de sondage variait entre 0,1 et 5 % (VAN ROMPAEY, 1993). Le total des surfaces relevées monte à presque 22 000 ha. Tout arbre dépassant 40 cm de diamètre a été inventorié mais seule une cinquantaine d'espèces principales ont été identifiées.

Pour compléter l'image nous y avons ajouté l'inventaire de trois parcelles d'étude situées dans le parc national de Taï et établies par l'un d'entre nous en 1989-1990 (VAN ROMPAEY, 1993).

Méthodes

Les sites et les espèces ont été arrangés suivant l'axe principal de la variation à l'aide d'une analyse factorielle de correspondance (DECORANA ou DCA ; HILL, 1979 ; TER BRAAK, 1987). Cet axe principal reflétait le gradient principal climatique de pluviosité décroissante du sud-ouest au nord-est. Nous avons utilisé les 53 espèces arborescentes les plus grandes, identifiées sur le tableau 1. Toutes peuvent dépasser 70 cm de diamètre du tronc à hauteur d'homme.

L'analyse spatiale trouve son application de plus en plus dans le domaine de l'écologie et de la phytogéographie (BURROUGH, 1987; LEGENDRE & FORTIN, 1989; BORCARD *et al.*, 1992; HILL 1993). Nous avons cartographié les scores des sites sur le premier axe produit par DCA comme des points sur la carte. Puis nous avons interpolé des courbes d'égale composition floristique à travers ce nuage de points à l'aide de la méthode du krigeage (KRIGE, 1951; MATHÉRON, 1965; STEIN & CORSTEN, 1991) pour l'interpolation spatiale, en utilisant le logiciel SURFER 4.13 (II 1989 Golden Software). Cette méthode est basée sur la théorie des variables régionalisées (MATHÉRON, 1965) qui permet d'estimer précisément la valeur d'une variable (ici : composition floristique, premier axe de DCA) en tenant compte de son autocorrélation spatiale. Ce terme indique que la composition floristique dans un endroit donné

Arrangement des espèces et des forêts par AFC

			Z
		KKSKSKKSKKKKPPGGG	a
		1 a 417T232565g14367	
		669696666666r555NXCaNNXXCnNXNN	
		9826377153421a213WVStWVVSWéWVWVW	
u. DCA1	22222222211111111		
Large tree species	43311110099864320866655433333221		
	320653390716887168654770988548390		
<i>Didelotia brevipaniculata</i>	346	25922--41-1-----	-----
<i>Loasenera kalantha</i>	325	987959939979-----	-----
<i>Tetraberlinia tubmaniana</i>	320	9999995999745-1-1-----	-----
<i>Brachystegia leonensis</i>	312	-12111-72-53-----	-----
<i>Cynometra ananta</i>	305	32231612223-1-211-----	-----
<i>Cassipourea</i> spp.	296	--2-3--3111--1-1-----	-----
<i>Monopetalanthus</i> spp.	269	--1-1--114141-111-----	-----
<i>Arallopsis soyauxii</i>	268	-11-1--111111-111-----	-----
<i>Heritiera utilis</i>	248	996974165977945342612122111-11111	
<i>Didelotia lida</i>	231	11-1-111111-1-1413-----	-----
<i>Gilbertiodendron preussii</i>	226	112222-328899-532114-31--21-1--1--	
<i>Sacoglottis gabonensis</i>	224	154142224211192127-1-24--1--1--	
<i>Cryptosepalum tetraphyllum</i>	223	-----1111-111-----	-----
<i>Mitragyna ciliata</i>	223	2531353431111-211211-1111113-21111	
<i>Lophira alata</i> bd	216	2991979564346-642351-791115141211	
<i>Oldfieldia africana</i>	212	1111111123123-6312--51-----	-----
<i>Canarium schweinfurthii</i> bd	180	1-11123211111112111-1111111111111	
<i>Lovoa trichiloides</i>	163	111-1111111111112111-111111-11111	
<i>Daniellia</i> spp. d	156	-111111211111-111111-1112111111111	
<i>Anopyxis klaniana</i>	154	11211111111111111-11-1133111111111	
<i>Nuclea diderrichii</i>	149	121313211111223324423125211111111	
<i>Parinari/Marantochloa</i> spp.	145	11313213111229363734322334111211-	
<i>Azella bella</i> d	137	-11111-111-111111111-1111111111111	
<i>Amphimas pterocarpoides</i> d	134	-11111-11111111111111111111111311-	
<i>Terminalia ivorensis</i> d	117	-111--111111111111-11311111-111	
<i>Tighehemia heckelii</i>	109	1--1--11111131111113111111-11111	
<i>Chlorophora</i> spp. d	95	-1-1-11-111111-111111-1111111123111	
<i>Turraeanthus africanus</i> d	94	-----111111--11-1-11111-11-11	
<i>Distemonanthus benthamianus</i>	87	-----11-111111-111111-1111111311111	
<i>Anthonotha fragrans</i>	77	1211111111121222393312462311151-	
<i>Berlinia</i> spp.	76	1111111111111-111162-112722-14311	
<i>Entandrophragma</i> spp. d	54	-----1-1111115331119111111215111	
<i>Rhodognaphalon brivicusp</i> d	51	-----1-11111111113111133121111111	
<i>Khaya anthotheca</i> bd	48	-----11111-1111112111111-11111	
<i>Piptadeniastrum africanum</i> d	44	113123231154314567799979988189951-	
<i>Erythrophloeum ivorense</i>	44	112111212211213223914348715633532	
<i>Pycnanthus angolensis</i>	43	111112111122116675529556734143851-	
<i>Antiaris toxicaria</i> d	35	-----11111111111111111111125111	
<i>Klaineodora gabonensis</i>	30	111111111211212124653238822115723	
<i>Petersianthus macrocarpus</i> bd	15	--111--1111111243324243155225241	
<i>Riclinodendron heudelotii</i> d	14	--1--1--1111--11111111111112221	
<i>Guarea cedrata</i>	7	-----1-11-111111-1111111111111	
<i>Celba pentandra</i> d	-35	-1-111-111211-1123333655247293789	
<i>Terminalia superba</i> d	-35	--1-1-111111-1122412224343421559	
<i>Nesogordonia pappaverifera</i>	-36	-----1--111111111111111111111	
<i>Celtis</i> spp.	-61	-----11-----111-111111-15211	
<i>Albizia ferruginea</i> d	-111	-----11-----111-1112111111111	
<i>Mansonia altissima</i> d	-112	-----11-----111111-11111	
<i>Aningeria robusta</i>	-114	-----1111111211111112211	
<i>Triplachton scleroxylon</i> d	-115	-----1132321699679499999	
<i>Gulbourtia ehii</i> d	-116	-----11--1112111111111	
<i>Sterculia rhinopetala</i> d	-119	-----11-111111-11111	
<i>Pterygota macrocarpa</i> d	-120	-----111-111111-1-113	
Number of species:		223332244444324344442444444343343	
		381239103330901922002320020028917	

Tableau 1

Tableau espèces-relevés arrangé selon le premier axe de l'analyse factorielle de correspondance AFC (u.DCA1 = unités sur cet axe). Les 53 espèces de grands arbres ont été inventoriées dans 33 forêts dans le SE Libéria et le SO Côte d'Ivoire. Les codes des forêts et leur score se lisent verticalement. Les espèces qui sont connues pour être (brièvement) caducifoliées (HALL & SWAINE, 1981) sont marquées avec « (b) d ».

Pluviosité

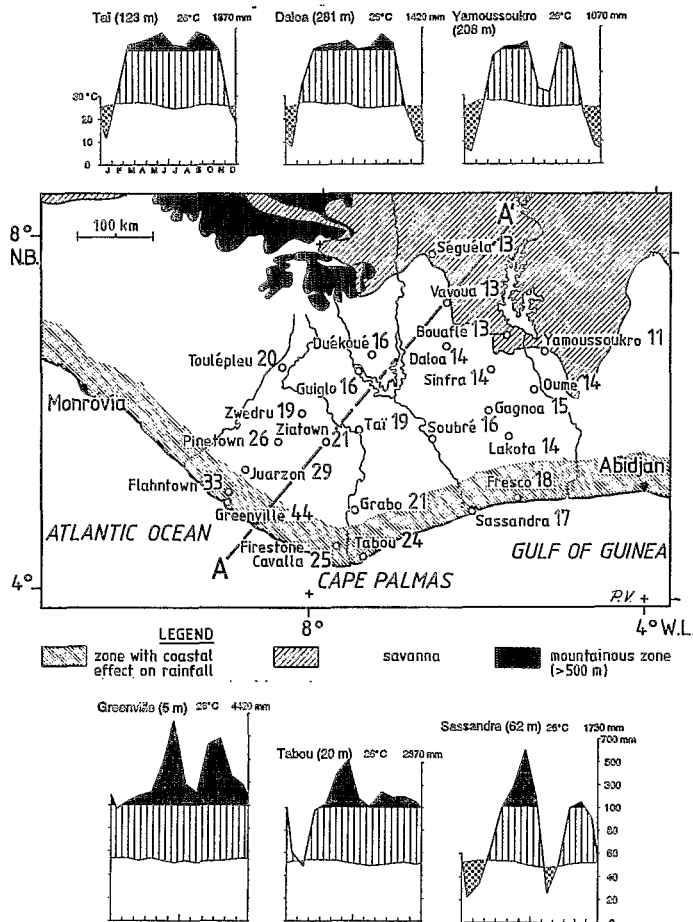


Figure 3

Pluviométrie dans le SE du Libéria et le SO de la Côte d'Ivoire. Précipitations annuelles moyennes en dm par an (sources voir VAN ROMPAEY 1993). La coupe transversale A-A' correspond à la Figure 6. Les diagrammes climatiques, originellement appelés des 'ombrothermogrammes' par GAUSSEN (1954), ont été dessinés d'après la procédure de WALTER (1979).

hyètes de plus en plus espacées. Au contraire, vers le pôle humide du gradient, le gradient floristique s'aplatit tandis que le gradient pluviométrique devient de plus en plus raide vers la côte. La composition des grands arbres ne change donc plus beaucoup dans l'intervalle entre 2.5 et 4 m de pluies annuelles.

Sur une partie de la carte, le gradient AFC floristique dévie du gradient pluviométrique. Cette déviation s'explique par une bande de schiste sériciteux qui se trouve dans une partie du parc national de Tai et qui s'étend vers le nord-est. Apparemment, il existe une compensation entre une pluviosité moindre et une capacité plus grande de rétention d'eau des sols issus de schistes. Une zone de transition floristique plus rapide au Libéria se trouve à l'abri des pluies dû au Mont Putu (753 m) et son plateau. Les résultats se joignent à ceux d'autres études de gradients floristiques au Ghana (HALL & SWAINE, 1976), en Côte d'Ivoire (GUILLAUMET, 1967; DE ROUW *et al.*, 1990) et au Libéria (SACHTLER, 1968).

à une grande probabilité d'être intermédiaire entre celles de deux endroits voisins. La théorie classique part de l'hypothèse d'indépendance des observations. C'est-à-dire, qu'à deux endroits voisins la composition est censée pouvoir être totalement différente sans dépendre de leur distance réciproque (LEGENRE & FORTIN, 1989).

Résultats

Le gradient avait une longueur de 243 unités statistiques AFC sur le premier axe. Nous avons tracé des courbes d'égalité composition floristique toutes les 20 unités (Figure 5). Le logiciel Decorana pour l'AFC est construit de telle façon que les distances sur les axes sont comparables, c'est-à-dire qu'entre la courbe de 200 et 160 le changement de la composition est le même qu'entre 80 et 40, que le 'turnover' d'espèces est le même (HILL & GAUCH, 1980).

En coupe transversale (Figure 6), les résultats montrent un gradient en courbe sigmoïde avec un point d'inflexion qui correspond au changement d'un relief montant de façon monotone à partir de la mer jusqu'à une topographie ondulante avec de larges vallées. Le gradient s'aplatit vers la savane en accord avec les iso-

Les forêts inventoriées

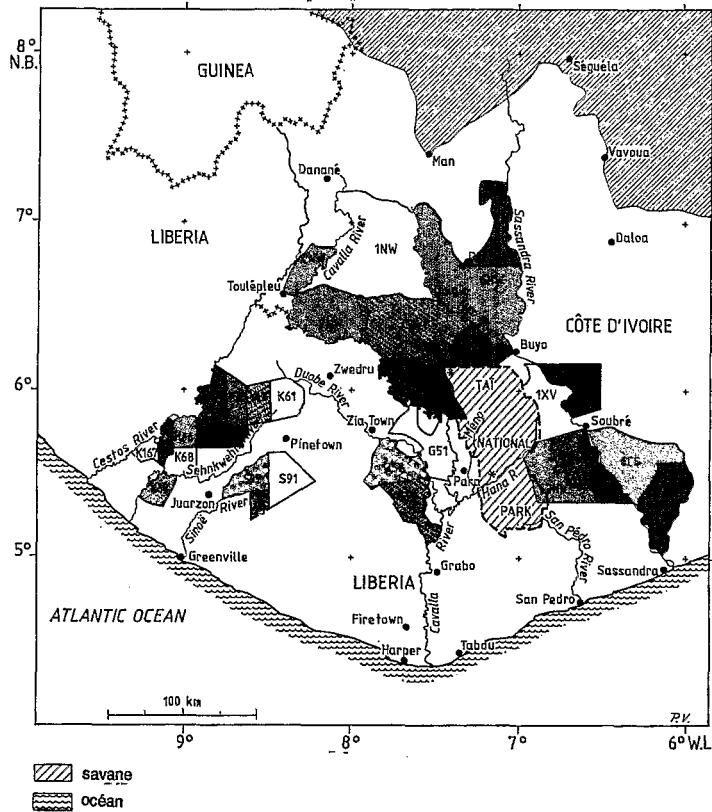


Figure 4

Les forêts inventoriées dans le SE Libéria et le SO Côte d'Ivoire, dont les résultats sont utilisés pour l'AFC (voir VAN ROMPAEY, 1993 pour les détails). Les diverses teintes de gris ne

Au Libéria, près de la mer, on a trouvé des forêts riches en Caesalpinioideae (*Tetraberlinia tubmaniana*, *Didelotia brevipaniculata*, *Loesenera kalantha*, etc.) dans la partie la plus pluvieuse du gradient. De telles forêts n'existent ni en Côte d'Ivoire, ni au Ghana. La Figure 7 montre l'aire de distribution de quatre espèces arborescentes de la sous-famille des Caesalpinioideae au Libéria (SACHTLER, 1968).

Ce n'est qu'au Cameroun et Gabon que LETOUZEY (1968) et RIETKERK *et al.* (1994) ont décrit des forêts comparables où poussent les mêmes genres (espèces vicariantes). Le taux élevé de spéciation qui s'est produit entre-temps dans les deux aires de cette forêt à Caesalpinioideae (comparez VOORHOEVE, 1965 à LETOUZEY, 1968) suggère une séparation écogénétique beaucoup plus longue que celle supposée pour les forêts sempervirentes des secteurs occidental et congolais des forêts guinéennes (MALEY 1987, 1991).

Conclusions et recommandations

Le changement continu et non pas discret de la composition floristique des forêts ouest-africaines a des implications pour leur aménagement et pour la conservation de la biodiversité. Le long des gradients, les mesures sylvicoles doivent s'adapter à la position individuelle de chaque partie de forêt. Ceci s'exprime dans le choix d'espèces et dans l'évaluation individuelle de chaque site forestier.

La conservation de la biodiversité en Afrique de l'ouest devrait comprendre la protection de forêts tout le long du gradient régional. Chaque position sur ce gradient indique l'optimum écologique d'autres espèces. Un « Croissant Vert » (Figure 8) est proposé qui se fonde sur l'analyse des gradients et qui devrait lier entre eux les parcs nationaux et les forêts classées allant de la savane au nord jusqu'à la côte atlantique au Libéria.

Dans la partie ouest de la Côte d'Ivoire deux régions existent où la conservation de la nature peut encore espérer beaucoup de succès. D'abord, les collines de Grabo sont un refuge forestier glacial supposé où poussent beaucoup d'espèces trouvées nulle part ailleurs en Côte d'Ivoire (GUILLAUMET, 1967; SOSEF, 1994). Ces forêts méritent le statut de parc national. Ensuite, les forêts semi-décidues, qui à leur tour hébergent beaucoup d'espèces originales, méritent d'être protégées au même titre.

Courbes isocompositionnelles

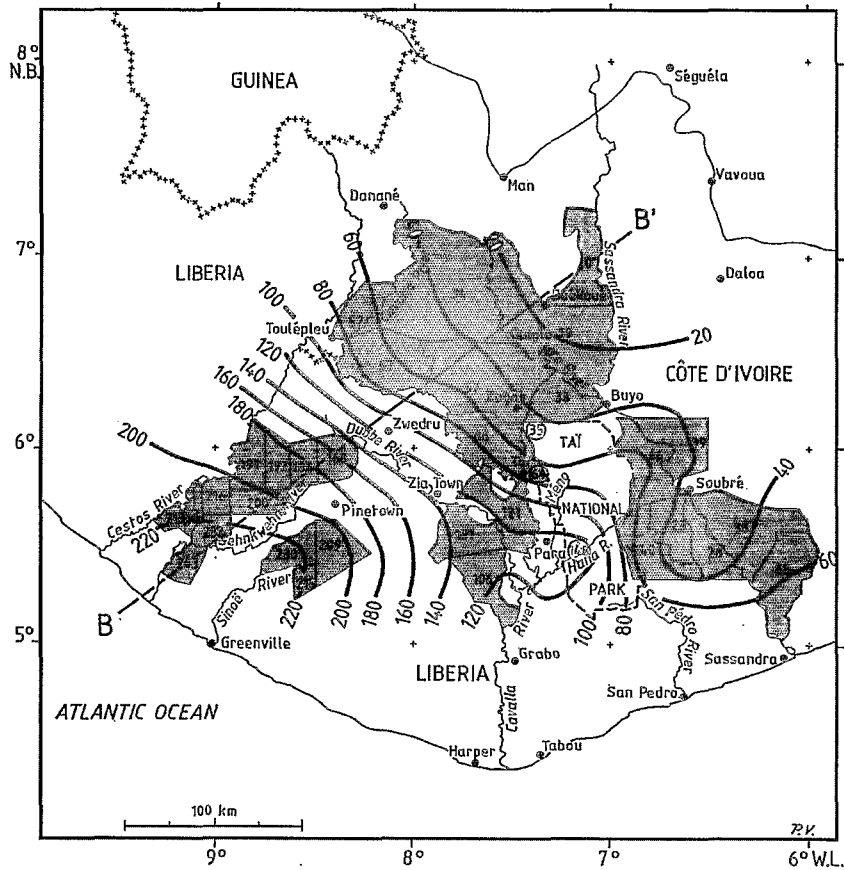


Figure 5

Analyse spatiale du gradient floristique dans les forêts du SE Libéria et SO Côte d'Ivoire. Les parties foncées indiquent les forêts dont les données ont été utilisées. Le score sur le premier axe AFC de chaque forêt est indiqué sur la carte. Les trois sites cerclés sont nos parcelles de recherche dans le parc national de Taï. Les courbes joignent des forêts à égale composition floristique des grands arbres. La coupe transversale BB' réfère à la Figure 6.

Coupe transversale

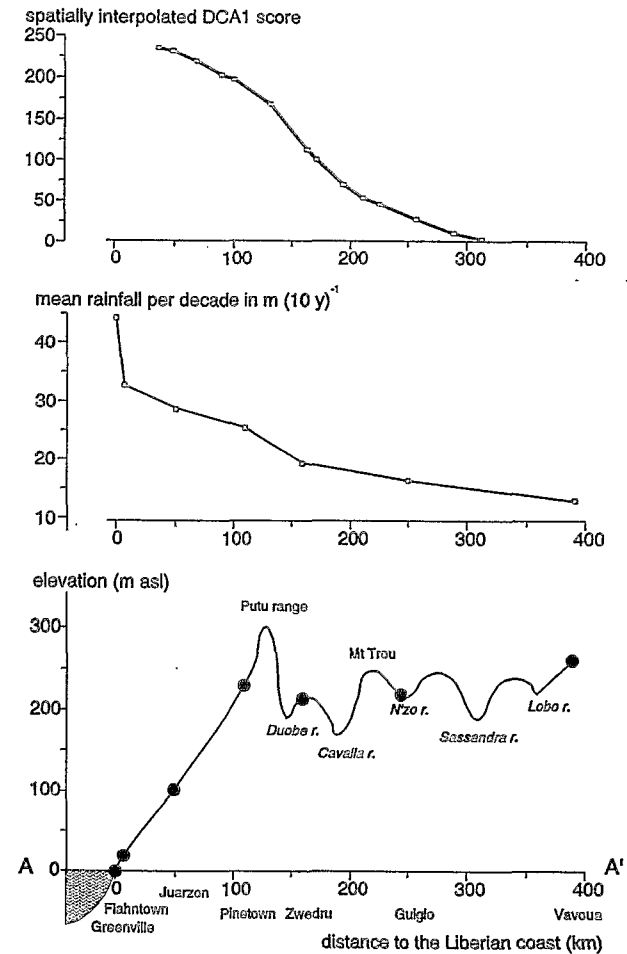


Figure 6

Les gradients floristiques et pluviométriques le long de la coupe transversale AA' ou BB' (voir Figure 3 et 5) à travers le SE Libéria et le SO Côte d'Ivoire. L'altitude moyenne le long de la coupe est donnée en bas.

Aires de distribution de 4 Caesalpiniaceae

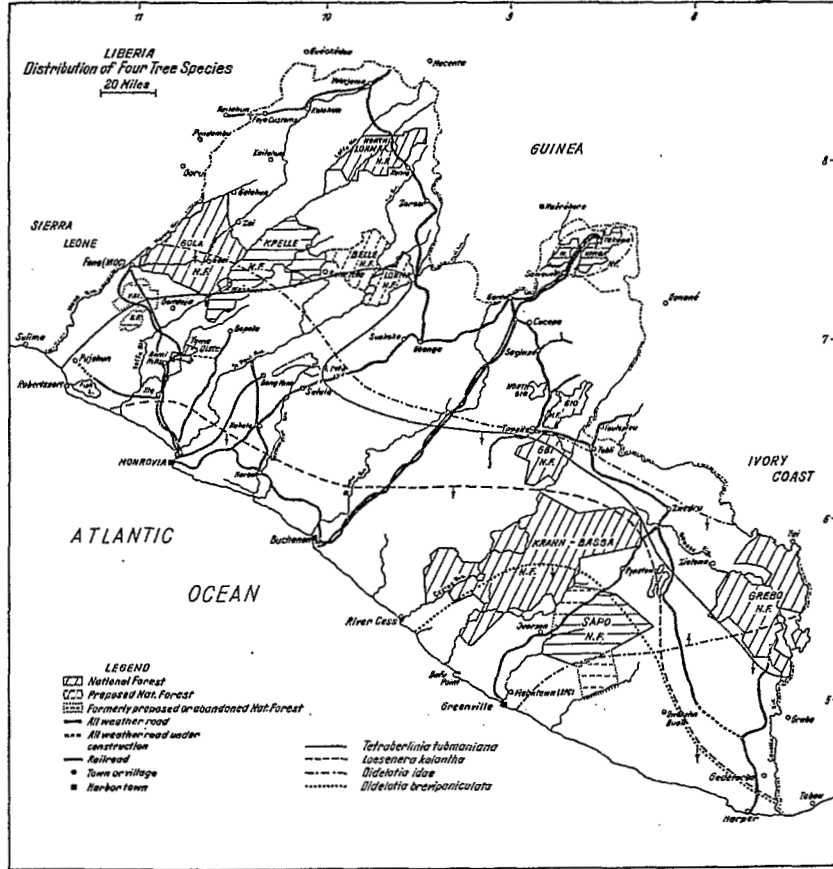


Figure 7

L'aire de distribution de quatre Caesalpiniaceae arborescentes, qui sont limitées aux forêts très humides du Liberia (SACHTLER 1968).

Le « Croissant Vert »

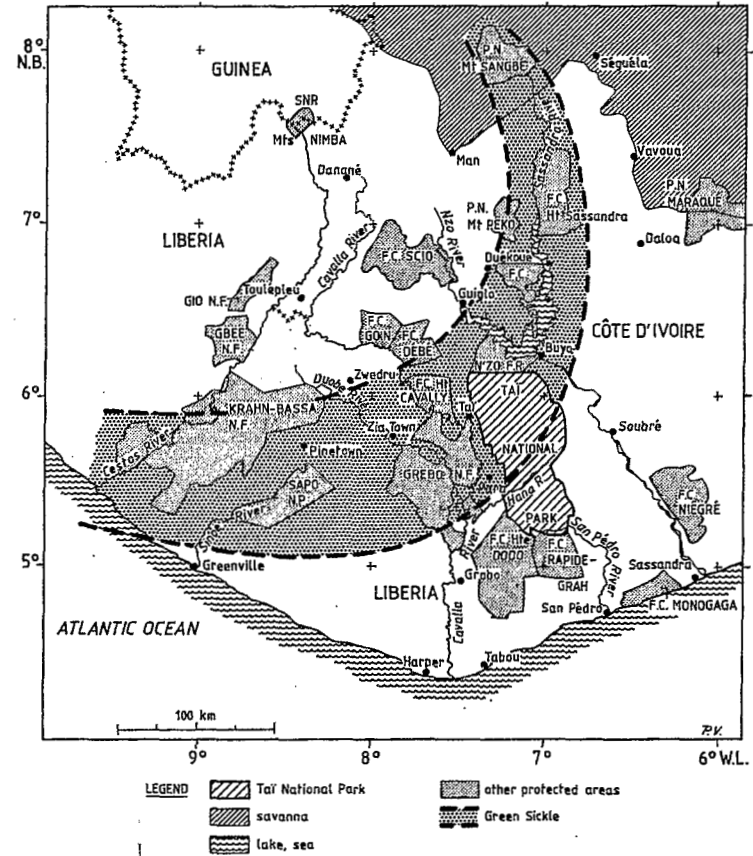


Figure 8

Le « Croissant Vert », une zone verte qui pourrait s'étendre du parc national de mont Sangbé en savane en passant par le parc national de Taï jusqu'à l'océan Atlantique. L'installation de corridors entre les forêts classées existantes peut garantir la conservation de biodiversité tout le long du gradient.

Remerciements : Nous remercions Monsieur le ministre de la Recherche scientifique en Côte d'Ivoire pour nous avoir accordé son autorisation de recherche. Ce travail a été financé et supporté par l'université agronomique de Wageningen à partir du Centre néerlandais, Abidjan. Nous sommes très reconnaissants au directeur de ce centre, M. Fred VOOREN, pour avoir si effectivement facilité et encadré nos recherches en Côte d'Ivoire. Nous remercions sincèrement le SODEFOR et le CTFT Abidjan, qui nous ont fourni les rapports d'inventaire indispensables. Qu'enfin les professeurs I.S. ZONNEVELD et M.J.A. WERGER, le docteur N.R. de GRAAF reçoivent nos cordiaux remerciements pour avoir positivement contribué en libérant un temps important pour la lecture critique.

RÉFÉRENCES

- ANAM - 1987 - Les normales pluviométriques 1951-1980. Agence nationale des aéroports et de la météorologie, Abidjan-Port Bouet, 37 p.
- ASECNA - 1979 - Le climat de la Côte d'Ivoire. ASECNA, Abidjan, 74 p.
- AUBRÉVILLE A. - 1959 - La flore forestière de la Côte d'Ivoire. Publ. CTFT n° 15 - 3 tomes, Nogent-sur-Marne, 1 031 p.
- BORCARD D., LEGENDRE P. & DRAPEAU P. - 1992 - Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73(3) : 1045-1055.
- BURROUGH P.A. - 1987 - Spatial aspects of ecological data. In: JONGMAN R.H.G., ter BRAAK C.J.F. and van TONGEREN O.F.R. - eds - Data analysis in community and landscape ecology, pp. 213-252. Pudoc, Wageningen.
- CLÉMENT J. - 1973 - Inventaire forestier du Périmètre Industriel XV. CTFT, Nogent-sur-Marne, 68 p.
- de ROUW A. - 1991 - Rice, weeds and shifting cultivation in a tropical rain forest. A study of vegetation dynamics. PhD thesis, Agricultural University, Wageningen, 263 p.
- de ROUW A., VELLEMA H.C. & BLOKHUIS W.A. - 1990 - Land unit survey of the Taï region, south-west Côte d'Ivoire. Tropenbos Technical series 7, Tropenbos, Ede, 222 p.
- ELDIN M. - 1971 - Le climat. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM n° 50, pp. 73-108.
- GFML - 1967 - Inventory of Grebo National Forest. German Forestry Mission to Liberia, Technical report n° 5, Monrovia, 54 p.
- GUILLAUMET J.L. - 1967 - Recherches sur la végétation et la flore de la région du Bas-Cavally - Côte d'Ivoire - Mém. ORSTOM n° 20, Paris, 247 p.
- GUILLAUMET J.L. & ADJANOHOUN E. - 1971 - La végétation de la Côte d'Ivoire : le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, mémoires ORSTOM n° 50, p. 156-263.
- HALL J.B. & SWAINE M.D. - 1976 - Classification and ecology of closed-canopy forest in Ghana. *J. Ecology* 64: 913-951.
- HALL J.B. & SWAINE M.D. - 1981 - Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest: forest vegetation in Ghana. Geobotany 1, Dr W. Junk Publishers, The Hague, 383 p.
- HILL M.O. - 1979a - Decorana. A Fortran programme for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and systematics, Cornell University, Ithaca, New York, 52 p.
- HILL M.O. & GAUCH H.G. - 1980 - Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- HILL M.O. - 1991 - Patterns of species distribution in Britain elucidated by canonical correspondence analysis. *J. Biogeography* 18: 247-255.
- IFAN - 1968 - International atlas of West Africa = Atlas international de l'Ouest africain. Organization of African Unity, Scientific, Technical and Research Commission, Dakar, 44 plates + text.
- KRIGE D.G. - 1951 - A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. *J. Chem. Metal. & Min. Soc. S. Africa* 52: 119-138.
- LEGENDRE P. & FORTIN N.-J. - 1989 - Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.
- LETOUZEY R. - 1968 - Etude phytogéographique du Cameroun. Lechevalier, Paris.
- MALEY J. - 1987 - Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au quaternaire récent : nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeo-ecology of Africa* 18 : 307-334, Balkema, Rotterdam.
- MALEY J. - 1991 - The African rain forest vegetation and palaeoenvironments during late Quaternary. *Climatic Change* 19: 79-98.
- MANGENOT G. - 1955 - Etude sur les forêts des plaines et plateaux de la Côte d'Ivoire. *Etudes éburnéennes IV*, pp. 5-61, Inst. Fr. d'Afr. noire, centre de Côte d'Ivoire .
- MATHERON G. - 1965 - Les variables régionalisées et leur estimation : une application de la théorie des fonctions aléatoires aux sciences de la nature. Masson, Paris.
- MEIJERS G.J. - 1981 - Rainfall data book of Liberia f From inception till 1980. Liberian Hydrological Service, Monrovia, 133 p.
- MEIJERS G.J. & SAYE J. - 1983 - Rainfall data book of Liberia 1981. Liberian Hydrological Service, Monrovia, 37 pp.
- MPEA - 1983 - Republic of Liberia planning and development atlas. Ministry of Planning and Economic Affairs, Monrovia, Liberia, 67 p.
- OLDEMAN R.A.A. - 1990 - Forests: elements of silvology. Springer, Heidelberg, 624 p.
- PAPON A. - 1973 - Côte d'Ivoire. Synthèse des travaux de l'opération Sacs 1962-1968. SODEMI, Abidjan.
- RIETKERK M., KETNER P. & de WILDE J.J.F.E. - 1994 in prep - Diversity and distribution of Caesalpinioideae tree species: indicators for climatic change in the Late Quaternary in Central Africa. Submitted to *Adansonia*.
- SACHTLER M. - 1968 - General report on National Forest Inventory in Liberia. Technical report n° 1, German Forestry Mission to Liberia, Monrovia, 149 p.

- SACHTLER M. AND HAMER K. - 1967 - Inventory of Krahn-Bassa and Sapo National Forest. Technical report n° 7, German Forestry Mission to Liberia, Monrovia, 92 p.
- SCHNELL R. - 1950 - La forêt dense. Introduction à l'étude botanique de la région forestière d'Afrique occidentale. Manuels ouest-africains 1, P. Lechevalier, Paris, 330 p.
- SODEFOR - 1978 - Inventaire forestier national. Résultats de la région centre-sud. SODEFOR, Abidjan.
- SODEFOR - 1979 - Inventaire forestier national. Résultats de la région nord-ouest. SODEFOR, Abidjan.
- SOSEF M.S.M. - 1994 - Refuge *Begonias*: taxonomy, phylogeny and historical biogeography of *Begonia* sect. *Loasibegonia* and sect. *Scutobegonia* in relation to glacial rain forest refuges in Africa. Wageningen Agricultural Univ. Papers 94.1, Wageningen, 313 p.
- STEIN A. and CORSTEN L.C.A. - 1991 - Universal kriging and cokriging as a regression procedure. *Biometrics* 47: 575-587.
- SWAINE M.D. & HALL J.B - 1976 - An application of ordination to the identification of forest types. *Vegetatio* 32: 83-86.
- TAYLOR C.J. - 1952 - The vegetation zones of the Gold Coast. *Bull. Gold Coast For. Dep.* 4: 1-12.
- TER BRAAK C.J.F. - 1987 - Ordination. In: JONGMAN R.H.G., ter BRAAK C.J.F. and van TONGEREN O.F.R. - eds - Data analysis in community and landscape ecology, pp. 91-173. Pudoc, Wageningen.
- VAN ROMPAEY R.S.A.R. - 1993 - Forest gradients in West Africa. A spatial gradient analysis. Doctoral thesis, Agricultural University Wageningen, 142 p.
- VAN ROMPAEY R.S.A.R. - 1994 - Climat. In RIEZEBOS E.P., VOOREN A.P. et GUILLAUMET J.L. - eds - Le parc national de Taï, Côte d'Ivoire. I : Synthèse des connaissances. Tropenbos séries 8, la Fondation Tropenbos, Wageningen, p. 42/50.
- VOORHOEVE A.G. - 1965 - Liberian high forest trees. A systematic botanical study of the 75 most important or Frequent high Forest trees, with reference to numerous related species. Pudoc, Wageningen, 416 p.
- WHITE F. - 1983 - The vegetation of Africa, a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. Natural resources research XX, UNESCO, Paris, 384 p.
- ZONNEVELD L.S. - 1988 - Establishing a floristic classification. In: KUCHLER A.W. & ZONNEVELD I.S. - eds - Vegetation mapping, p. 81-88. Handbook of Vegetation Science 10, Kluwer, Dordrecht.