

ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER
Classe des Sciences naturelles et médicales, N.S. XV-4, Bruxelles, 1965

**Les biotopes alluvionnaires herbeux
et
les savanes intercalaires
du Congo équatorial**

PAR

R. GERMAIN

Dr. Sc. et Ing. Agr.

Correspondant de l'ARSOM

Chargé de cours associé à l'Université catholique de Louvain

700 F

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN
Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, N.R. XV-4, Brussel, 1965

ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER
Classe des Sciences naturelles et médicales, N.S. XV-4, Bruxelles, 1965

**Les biotopes alluvionnaires herbeux
et
les savanes intercalaires
du Congo équatorial**

PAR

R. GERMAIN

Dr. Sc. et Ing. Agr.

Correspondant de l'ARSOM

Chargé de cours associé à l'Université catholique de Louvain

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN
Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, N.R. XV-4, Brussel, 1965

Mémoire présenté à la séance du 28 avril 1964

RÉSUMÉ

A. LE MILIEU PHYSIQUE

1. Un rappel sommaire des conditions de l'environnement situe les groupements herbeux étudiés dans leur cadre physiographique et chorologique.

2. Les accumulations alluvionnaires dans les grandes vallées du Congo équatorial sont à l'échelle du vaste complexe fluvial formé par le Fleuve et ses principaux tributaires entre Stanleyville et Lukolela. Les paramètres hydrauliques de ces rivières et les caractéristiques physico-chimiques de leurs eaux sont passés en revue.

3. On a tenté d'estimer les quantités de sels minéraux soustraits aux sols congolais et transitant par le Stanley-Pool. Par km² de bassin, l'érosion chimique s'élèverait annuellement à 1 000 kg de calcium et de magnésium, à 400 kg de sodium, à 250 kg de potassium et à 250 kg de chlore; il s'agit là d'évaluations comportant nécessairement une marge d'imprécision.

4. Les valeurs du taux d'érosion mécanique admises pour l'ensemble du bassin congolais sont assez discordantes mais restent bien inférieures à celles que l'on connaît pour d'autres bassins tropicaux. Il n'empêche que le problème de la conservation des sols demeure préoccupant.

5. Les conditions d'alluvionnement sont étudiées en relation avec les profils en long et en travers des grandes voies d'eau; dans ces processus de dépôt, la phytosédimentation intervient pour une large part.

6. Deux types de substrats bien différenciés se partagent la Cuvette:

— Dans le lit et sur les rives des cours d'eau, des substrats jeunes (sols tropicaux récents) qui connaissent les conditions de

pédogénèse des sols hydromorphes; la plupart subissent encore un limonage périodique qui rajeunit continuellement le « profil »;

— Sur les bas plateaux, des substrats beaucoup plus anciens arrivés à maturité, dont le matériel argileux est surtout de la kaolinite (kaolisols).

B. LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX ÉTUDIÉS ET LEUR ORIGINE

1. L'extension des formations herbeuses aquatiques et palustres en Afrique tropicale, et leur chorologie au Congo sont succinctement rappelées.

Les savanes équatoriales de basse altitude, par suite de leur caractère extrazonal, ont fait l'objet d'une abondante littérature que l'on s'est efforcé de résumer tout en retraçant l'historique du terme « savane ». Les multiples définitions proposées pour ce dernier vocable, et les vues exprimées sur l'origine de ces plaines herbeuses sont présentées chronologiquement. On a essayé d'exposer synthétiquement l'ensemble des recherches les plus importantes faites dans ce domaine.

2. Sur les alluvions actuelles ou récentes, dix groupements — la plupart déjà connus — ont été étudiés des points de vue floristique et écologique. Leur importance spatiale s'avère fort inégale et l'un d'entre eux, la papyraie, — si largement représenté dans toute l'Afrique tropicale, — ne s'y rencontre qu'exceptionnellement: *Cyperus papyrus* ne tolère pas le milieu trop acide des paluds du bas pays congolais.

La prairie aquatique à *Vossia cuspidata* est, sans conteste, l'association la mieux représentée. Les stades ultérieurs dépendent de facteurs d'ordre intrinsèque (vitesse des phénomènes d'atterrissement, texture des dépôts, durée des assecs, micro-relief) et d'ordre extrinsèque (feux). L'évolution du *Vossietum* vers des groupements arbustifs (série forestière) implique l'absence d'incendie. La succession *Vossia* → *Jardinea* → *Hyparrhenia*, déjà signalée par W. ROBYNS (1936), est déclenchée par le passage des feux.

La savane amphibie à *Jardinea congoensis* et la savane périodiquement inondée à *Hyparrhenia-Setaria* se partagent les biotopes subissant des assecs plus ou moins prolongés; ces peuplements herbeux répondent à la définition des *esôbé rivulaires*. Leurs substrats qui sont soumis à divers degrés d'hydromorphie n'offrent pas de différences marquantes par rapport aux sols des forêts périodiquement inondées avoisinantes. Des causes édaphiques n'expliquent ni l'existence ni le maintien de ces *esôbé rivulaires*: la mise en défens contre l'incendie les fait évoluer vers des formations forestières.

3. Les savanes de terre ferme — ou *esôbé intercalaires* que l'on rencontre sur les crêtes des interfluves en région de bas plateaux et, occasionnellement, sur les plages en relief au sein des forêts périodiquement inondées, — hébergent aussi l'association à *Hyparrhenia-Setaria*; toutefois, un meilleur drainage permet ici l'installation d'espèces déjà plus xériques, différentielles de la sous-association à *Elyonurus hensii*.

Un même matériau pédologique se retrouve sous la savane sèche et sous la forêt limitrophe. L'analyse fournit des valeurs granulométriques et physico-chimiques similaires. L'unique différence entre ces sites provient du fait que les peuplements ligneux maintiennent en surface une litière plus abondante, d'où résultent une capacité d'échange plus élevée et une teneur en bases légèrement supérieure de l'horizon humifère. Mais c'est là une conséquence imputable au couvert végétal et non au sol.

Les *esôbé intercalaires* répondent à la définition de « savanes dérivées »: l'homme, par la culture et par l'incendie, a conquis ces clairières herbeuses sur la forêt; les feux récurrents les maintiennent. Le processus de savanisation qui s'observe de nos jours a pu s'opérer également à d'autres époques. Ce que l'on connaît du passé historique de ces territoires plaide aussi en faveur d'une origine anthropique de ces savanes de terre ferme. Pour être complète l'explication d'un phénomène doit tenir compte de tous les faits: les facteurs humains sont inséparables des facteurs physiques.

4. La thèse d'une origine édaphique des *esôbé rivulaires* et *intercalaires* doit être rejetée. Dans les deux cas, il s'agit d'un groupement permanent [263] c'est-à-dire « un groupement natu-

rel qui, sans avoir atteint le stade final, manifeste une stabilité et une longévité particulières, conservant ainsi son individualité sociologique en rapport avec un certain facteur mésologique prépondérant », le feu en l'occurrence. Il ne s'agit donc pas de savanes primitives c'est-à-dire « des peuplements herbeux où à la période géologique actuelle, soit par suite de conditions climatiques, soit par suite de conditions édaphiques, aucun peuplement ligneux n'a pu s'établir » [60].

C. LES ÉLÉMENTS FLORISTIQUES ET LEUR ORIGINE

1. Les groupements d'hydrophytes et d'hélophytes sont floristiquement très pauvres (36 espèces); ils sont essentiellement constitués par des plantes à large distribution.

2. La flore des esôbé rivulaires et intercalaires (136 espèces) comprend des groupes phytogéographiques divers. On note une proportion élevée (65,4 %) d'espèces de liaison ou plurirégionales, tout comme l'absence d'endémiques. « L'individualité » et « l'originalité » [211] de notre flore sont des plus faibles.

3. Pour les tenants de la thèse édaphique, cette flore remonterait au Tertiaire et les quelques rares espèces d'appartenance soudano-zambézienne, — 9 pour les esôbé de la région de Coquilhatville et 15 pour l'ensemble des esôbé, — seraient les témoins attardés des savanes qui auraient existé aux mêmes emplacements à cette époque.

La survivance à l'équateur de plantes savanicoles, depuis des temps aussi lointains, est pour le moins hypothétique. Il est aussi plausible d'admettre que les immigrants soudano-zambéziens ont pu gagner les champs d'alluvions des rivières équatoriales, tout comme les clairières ouvertes dans les forêts de terre ferme, à la faveur des relais que leur offraient les savanes guinéennes du nord et du sud.

D. LES BIOTOPES ALLUVIONNAIRES DU POINT DE VUE AGRONOMIQUE

1. Il est fait brièvement allusion à la valeur fertilisante des crues, aux processus capables d'accélérer la sédimentation dans les larges dépressions ainsi qu'aux techniques visant à tirer parti de certains champs alluvionnaires.

2. Il semble possible, en s'adressant aux terres basses, de dégager de nouvelles potentialités. Les cultures vivrières — tout particulièrement la riziculture — y seraient plus rentables et permettraient d'alléger la charge imposée aux terres hautes plus aptes à porter des plantations arborescentes que des cultures annuelles sarclées.

3. Loin de sous-estimer l'apport des nombreuses études dont le centre de la Cuvette congolaise a été le cadre, il est néanmoins évident que des recherches complémentaires dans différents domaines (hydraulique, topographie, géomorphologie, pédologie et expérimentation phytotechnique) restent un préalable indispensable à tout projet de mise en valeur de ces « pays-bas » congolais.

4. Les grandes vallées du Congo équatorial possèdent incontestablement des « gîtes » qui mériteraient d'être exploités; leur aménagement réclame des moyens financiers et techniques qu'il reste à fournir à la jeune nation congolaise dont la prospérité agricole sera, en fait, la « clé » de sa véritable indépendance.

SAMENVATTING

A. HET FYSISCH MIDDEN

1. Op beknopte wijze wordt herinnerd aan de milieuomstandigheden die de bestudeerde graslanden in hun fysiografisch en chorologisch kader plaatsen.

2. In de grote valleien van de Congolese evenaarsstreek nemen de alluviale afzettingen dezelfde omvang aan als het uitgebreid waterloppennet door de Stroom en zijn bijzonderste bijrivieren gevormd tussen Stanleystad en Lukolela. De hydraulische parameters van deze rivieren en de fysico-chemische eigenschappen van hun wateren worden onderzocht.

3. Men heeft getracht de hoeveelheden te schatten van de aan de Congolese gronden onttrokken minerale zouten die door de Stanley-pool gevoerd worden. Per km² stroomgebied zou de scheikundige erosie jaarlijks 1 000 kg calcium, 400 kg natrium, 250 kg kalium en 250 kg chloor bedragen; vanzelfsprekend blijven deze ramingen in zekere mate onnauwkeurig.

4. De waarden die voor de mechanische erosie in geheel het Congolese stroomgebied aangenomen worden zijn tamelijk uiteenlopend maar liggen nochtans veel lager dan die welke voor andere tropische stroomgebieden gekend zijn. Niettemin blijft het vraagstuk van het bodembehoud een reden tot bezorgdheid.

5. De aanslibbingsvoorwaarden worden bestudeerd in verband met de lengte- en dwarsprofielen van de grote waterlopen; in dit afzettingsverschijnsel speelt de fytosedimentatie een belangrijke rol.

6. In de Congolese kom komen twee duidelijk onderscheiden substraattypen voor:

— In de bedding en op de oevers van de waterlopen worden jonge substraten aangetroffen (recente tropische bodems) die

onderworpen zijn aan de pedogenetische voorwaarden van hydromorfe bodems; de meeste onder hen ondergaan nog periodische beslibbingen die hun „profiel” voortdurend verjongen.

— Op de lage plateaus bevinden zich veel oudere, rijpe substraten waarvan de klei-fractie vooral uit kaolinite bestaat (kaolisols).

B. DE BESTUDEERDE PLANTENGEMEENSCHAPPEN EN HUN OORSPRONG

1. De verspreiding van de water- en moerasgraslanden in tropisch Afrika evenals hun chorologie in Congo worden bondig behandeld.

Ingevolge hun extrazonaal karakter hebben de evenaarssavanna's van het laagland het voorwerp uitgemaakt van een overvloedige literatuur, die wij gepoogd hebben samen te vatten. Tevens wordt een historiek van het begrip „savanna” geschetst. De talrijke bepalingen die voor deze laatste benaming werden voorgesteld en de opvattingen aangaande de oorsprong van deze grasvlakten worden chronologisch weergegeven. Wij hebben getracht het geheel van de bijzonderste opzoeken op dit gebied op synthetische wijze uiteen te zetten.

2. Op de huidige of recente afzettingen worden tien — merendeels gekende — plantengemeenschappen uit een floristisch en ecologisch oogpunt onderzocht. Hun ruimtelijke spreiding blijkt zeer ongelijk te zijn en één onder hen, de *Papyrus*-gemeenschap, zo algemeen in heel tropisch Afrika, komt er slechts uitzonderlijk voor: *Cyperus papyrus* weerstaat niet aan het al te zure midden der moerassen van het Congolese laagland.

De waterweide met *Vossia cuspidata* is veruit de meest voorkomende associatie. De verdere stadia hangen af van innerlijke factoren (snelheid van het bezinkingsverschijnsel, textuur van de afzettingen, duur van het droog liggen) en van uitwendige factoren (vuur). De evolutie van het *Vossietum* naar struikgemeenschappen (bos-serie) veronderstelt de afwezigheid van branden. De reeds door W. ROBYNS (1936) vermelde successie *Vossia* → *Jardinea* → *Hyparrhenia-Setaria* wordt ingezet door het afbranden.

De „amphibie”-savanna met *Jardinea congoensis* en de periodisch overstroomde savanna met *Hyparrhenia-Setaria* komen

samen voor in de biotopen onderworpen aan min of meer lange droogteperioden; deze graslandgemeenschappen beantwoorden aan de bepaling van de oever-esôbé's. Hun substraten, aan verschillende graden hydromorfie onderworpen, vertonen geen afgetekende afwijkingen in vergelijking met de bodems van de naburige periodiek overstroomde bossen. Noch het bestaan, noch het behoud van deze oever-esôbé's kan door edafische oorzaken uitgelegd worden: worden zij onttrokken aan de invloed van het vuur, dan ontwikkelen zij zich tot bos-formaties.

3. De associatie met *Hyparrhenia-Setaria* treft men ook aan in de savanna van het vasteland of intercalaire esôbé's die men, in de streek van de lage plateaus, ontmoet op de scheidingskammen van de stroomgebieden, en uitzonderlijk, op hoger gelegen plaatsen van de periodiek overstroomde bossen; in dit laatste geval veroorzaakt een betere drainering de verschijning van reeds meer droogtelievende soorten die de differentiërende soorten zijn van de onder-associatie met *Elyonurus henii*.

Onder de droge savanna's en onder het aangrenzende bos wordt een zelfde pedologisch materiaal teruggevonden. De ontleding brengt gelijkaardige granulometrische en fysico-chemische waarden aan het licht. Het enige verschil tussen deze standplaatsen ligt in het feit dat de boomgemeenschappen een overvloediger strooisellaag aan de bodemoppervlakte in stand houden waaruit een hogere uitwisselings-capaciteit en een enigszins sterker gehalte aan basen van de humus-horizon voortvloeien. Maar dit is een gevolg van de aanwezigheid van het plantendek en heeft niets met de eigenlijke bodem te maken.

Het begrip intercalaire esôbé's komt overeen met de bepaling van „afgeleide” savanna's: door de landbouw en het vuur heeft de mens deze grasvlakten op het bos veroverd; de steeds weerkerende branden houden ze in stand. Dit savannisatieproces, dat heden nog te volgen is, kan eveneens in andere perioden plaats gehad hebben. Wat men afweet van het historisch verleden van deze gewesten pleit ook ten voordele van een antropische oorsprong van deze vastelandssavanna's. Wil ze volledig zijn dan moet de verklaring van een verschijnsel met alle factoren rekening houden: in dit geval zijn de menselijke factoren onafscheidbaar van de fysische.

4. De stelling die de edafische oorsprong van de oever- en intercalaire esôbé's verdedigt moet verworpen worden. In de twee gevallen heeft men te doen met een permanente gemeenschap [263], dit wil zeggen met een natuurlijke gemeenschap die, zonder haar eindstadium bereikt te hebben, blijk geeft van een merkwaaardige stabiliteit en levensduur. De sociologische individualiteit van deze gemeenschap tegenover een bepaalde mesologische factor, het vuur in dit geval, wordt aldus behouden. Men staat hier dus niet voor oorspronkelijke savanna's die beschreven werden als die graslandgemeenschappen waarop, in de huidige geologische perioden, tengevolge van klimaats- of edafische omstandigheden, geen enkele boomgemeenschap zich kon ontwikkelen [60].

C. DE FLORISTISCHE ELEMENTEN EN HUN OORSPRONG

1. Floristisch zijn de hydrofyten- en helofyten-gemeenschappen zeer arm (36 soorten); zij bestaan hoofdzakelijk uit soorten met een ruime verspreiding.

2. De flora van de oever- en intercalaire esôbé's (136 soorten), bevat verschillende fytogeografische groepen. Opvallend is de aanzienlijke verhouding (65,4 %) aan overgangs- of pluriregionale soorten evenals de afwezigheid van endemische soorten. De „individualiteit” en de „originaliteit” [211] van deze flora is dus uitermate zwak.

3. Volgens de voorstanders van de edafische stelling zou deze flora tot het Tertiair opklimmen en de enkele zeldzame soedano-zambezische soorten — 9 voor de esôbé's van het gewest Coquilhatstad en 15 voor het geheel van de esôbé's — zouden overblijfsels zijn van de savanna's die tijdens dit tijdperk op dezelfde plaats bestonden.

Dat savanna-planten zich, sedert een zo ver verleden, op de evenaar in stand hielden, moet minstens hypothetisch genoemd worden. Even aanvaardbaar is de stelling dat de soedano-zambezische inwijkelingen de alluviale vlakten van de evenaarsrivieren evenals de open plekken in het vastelandsbos hebben kunnen bereiken dank zij de „relais” van de Noordelijke en Zuidelijke savanna's.

D. DE ALLUVIALE BIOTOPEN UIT LANDBOUWKUNDIG OOGPUNT

1. Bondig wordt gewezen op de vruchtbaarmakende waarde van de overstromingen evenals op de wijze om de afzetting in de brede inzinkingen te versnellen en op de technieken om voordeel te trekken uit zekere alluviale vlakten.

2. In deze laaggelegen gronden zou men nieuwe landbouw-mogelijkheden kunnen vinden. Voedingsgewassen en meer bepaald de rijstteelt zouden er lonender zijn en zouden hoger-gelegen gronden kunnen vrijlaten voor de meer aangepaste teelt van overjarige boomgewassen.

3. Zonder het belang van de talrijke aan de centrale Congolese kom gewijde studiën te onderschatten blijkt het niettemin duidelijk dat op verschillende gebieden (hydraulica, topografie, geomorfologie, bodemkunde en proefondervindelijke fyto-techniek) aanvullende navorsingen noodzakelijk zijn vooraleer een ontwerp tot productief maken van deze Congolese „lage landen” aan te vatten.

4. Het staat vast dat de grote valleien van de Congolese evenaarsstreek landbouwgronden bevatten die het ontginnen waard zijn. Hun inrichting veronderstelt financiële en technische middelen die aan de jonge Congolese natie nog moeten verschaft worden wil zij door een voorspoedige landbouw de weg vinden naar een ware onafhankelijkheid.

ZUSAMMENFASSUNG

A. DIE PHYSIKALISCHE UMGEBUNG

1. Eine kurze Wiederholung der Umgebungsbedingungen stellt die untersuchten Grasgemeinschaften in ihren physiographischen und chorologischen Rahmen.

2. Die Alluvialanhäufungen in den großen Tälern von Äquatorial-Kongo sind im Maßstabe mit dem weiten Flußkomplex welches der Fluß und seine Hauptnebenflüsse zwischen Stanleyville und Lukolela bilden. Die hydraulischen Parameter dieser Flüsse und die chemisch-physikalischen Charakteristiken ihrer Gewässer sind durchgesehen worden.

3. Man hat versucht die Mengen der mineralischen Salze, die dem kongolesischen Boden entzogen werden, und die den Stanley-Pool durchqueren, zu schätzen. Pro km² des Beckens beläuft sich die chemische Erosion jährlich auf 1 000 kg Kalzium und Magnesium, 400 kg Natrium, 250 kg Kalium und auf 250 kg Chlor. Es handelt sich hier um Schätzungen welche notwendigerweise eine Ungenauigkeitspielraum betragen.

4. Die Werte des mechanischen Erosionsgrades, welche für das kongolesische Becken angenommen werden, sind nicht übereinstimmend, doch bleiben sie weit unter denen welche man für andere tropischen Becken kennt. Das verhindert jedoch nicht, daß das Problem der Bodenerhaltung beunruhigend bleibt.

5. Die Alluvialbedingungen sind in Verbindung mit den Längs- und Querprofilen der großen Wasserwege untersucht worden; die Pflanzensedimentation ist zu einem großen Teil im Ablagerungsprozeß beteiligt.

6. Zwei gut differenzierte Bodentypen teilen sich das Becken:

— Im Bett und auf den Ufern der Wasserläufe, junge Substrate („Sols tropicaux récents“) welche die Bodenbildungsbedingungen der hydromorphen Böden kennen. Die meisten stehen noch unter dem Einfluß einer periodischen Ablagerung („limonage“) der das Profil fortwährend verjüngt.

— Auf den Tiefebene, sehr viel ältere Substrate, voll entwickelt, deren Tonmaterial hauptsächlich aus Kaolinite („Kaolins“) besteht.

B. DIE UNTERSUCHTEN PFLANZENGEMEINSCHAFTEN UND IHRE HERKUNFT.

1. Die Ausbreitung der Wasser- und Sumpfgasformationen im tropischen Afrika und ihre Chorologie im Kongo sind kurz wiederholt.

Die äquatorialen Savannen niedriger Höhe über dem Meeresspiegel, durch ihren extrazonalen Charakter, waren Gegenstand einer zahlreichen Literatur, welche zusammenzufassen wir uns bemüht haben, wobei wir die Geschichte des Ausdrucks „Savanne“ nachgezeichnet haben. Die vielen Definitionen welche für diesen Ausdruck vorgeschlagen wurden und die Ansichten über die Herkunft dieser Grasebenen, sind in chronologischer Reihenfolge dargestellt. Wir haben versucht die ganzen wichtigsten Forschungen auf diesem Gebiet kurz darzustellen.

2. Zehn Gemeinschaften — zum größten Teil schon bekannt — sind von floristischen und ökologischen Standpunkt aus auf den jetzigen oder kürzlich erfolgten Anschwemmungen untersucht worden. Ihre räumliche Wichtigkeit erweist sich als sehr verschieden für eine von ihnen, die „papyraie“, so weit im ganzen tropischen Afrika verbreitet, befindet sich dort nur außergewöhnlicher Weise: *Cyperus papyrus* duldet den zu sauren Nährboden der „paluds“ des kongolesischen „Tieflandes“ nicht.

Die Wasserwiese mit *Vossia cuspidata* ist ohne Zweifel die best vertretene Association. Die folgenden Stadien hängen von innerlichen (Geschwindigkeit der Landanspülungserscheinungen, Textur der Ablagerungen, Dauer der „assecs“, Microrelief) und äußerlichen Faktoren (Feuer) ab. Die Entwicklung des *Vossietum* zu den *Jardinea-Hyparrhenia* Gemeinschaften, auf die schon W. ROBYNS (1936) hingewiesen hat, wird durch Brände hervorgerufen.

Die Amphibiesavanne mit *Jardinea congoensis* und die periodisch überschwemmte Savanne mit *Hyparrhenia-Setaria* teilen sich die Biotopen, die unter dem Einfluß mehr oder weniger langer

„assecs“ stehen. Diese Grasgemeinschaften entsprechen der Definition des „esôbé rivulaires“. Ihre Substrate, die verschiedenen Graden von Hydromorphie unterworfen sind, zeigen keine bedeutenden Unterschiede, im Vergleich mit den Böden der angrenzenden periodisch überschwemmten Wälder. Edaphische Gründe erklären weder das Bestehen noch das Bestehenbleiben dieser „esôbé rivulaires“. Bei einem Schutz vor Brände entwickeln sie sich zu Waldformationen.

3. Die Festlandsavannen oder „esôbé intercalaires“ die man auf den Höhenzügen der Wasserscheiden, in der Gegend der Tiefebene und gelegentlich auf den höhergelegenen Stränden inmitten periodisch überschwemmter Wälder findet, enthalten ebenfalls die Association mit *Hyparrhenia-Setaria*; eine bessere Entwässerung erlaubt jedoch hier das Ansiedeln mehr xerischer Arten, differentiale der Unter-Association mit *Elyonurus hensii*.

Das gleiche pedologische Material findet man unter der Trocken-Savanne und den angrenzenden Wäldern. Die Analyse gibt ähnliche granulometrische und physico-chemische Werte. Der einzige Unterschied zwischen diesen Landschaften rührt von der Tatsache her, daß diese holzigen Bestände mehr Streu auf der Oberfläche behalten und deshalb eine höhere Austauschkapazität und einen leicht höheren Gehalt an Basen des Humusakkumulationshorizontes haben. Aber dies ist eine Folge der Vegetation und nicht des Bodens.

Die „esôbé intercalaires“ antworten auf die Definition von abgeleiteten Savannen. Durch den Ackerbau und das Feuer hat der Mensch diese grasigen Lichtungen dem Wald abgewonnen; die regelmäßig wiederkehrenden Brände halten sie aufrecht. Der Savanisations-Prozeß den man heute beobachtet, hat sich ebenfalls in anderen Zeiten vollziehen können. Was man von der historischen Vergangenheit dieser Gegenden kennt, spricht auch für die anthropische Entstehung dieser Festland-Savannen. Um vollständig zu sein, muß die Erklärung einer Erscheinung von allen Tatsachen Rechnung tragen. Die menschlichen Faktoren kann man nicht von den physikalischen trennen.

4. Die Thesis einer edaphischen Herkunft der „esôbé rivulaires“ und „intercalaires“ muß abgelehnt werden. In beiden

Fällen handelt es sich um eine beständige Gemeinschaft, das heißt, „eine natürliche Gemeinschaft welche, ohne das Endstadium erreicht zu haben, eine außerordentliche Stabilität und Beständigkeit zeigt und so eine soziologische Individualität in Verbindung mit einem entscheidenden mesologischen Faktor, zum Beispiel dem Feuer, bewahrt [263]. Es handelt sich also nicht um primitive Savannen, das heißt „Gras-Bestände wo sich in der jetzigen geologischen Periode, sei es infolge klimatischer Bedingungen, oder infolge edaphischer Bedingungen, keine Holz-Bestände haben bilden können“ [60].

C. DIE FLORISTISCHEN ELEMENTE UND IHRE HERKUNFT.

1. Die Hydrophyten- und Helophyten-Gemeinschaften sind floristisch sehr arm (36 Arten). Sie sind hauptsächlich aus Arten mit einer weiten Verteilung gebildet.

2. Die Flora des „esôbé rivulaires“ und „intercalaires“ (136 Arten) enthält verschiedene phytogeographische Gruppen. Man stellt ein hohes Verhältnis (65,4 %) von Verbindungs- oder Pluriregionalen Arten fest, ebenso wie das Fehlen endemischer Arten. Die „Individualität“ und die „Originalität“ [211] unserer Flora sind sehr schwach.

3. Für die Anhänger der edaphischen Thesis soll diese Flora aus dem Tertiär stammen, und die vereinzelt Arten soudano-zambezischer Zugehörigkeit — 9 für die „esôbé“ der Gegend von Coquilhatville und 15 für die gesamten „esôbé“ — sollen verspätete Zeugen der Savannen sein, die an den gleichen Stellen in dieser Epoche existiert hätten.

Das Überleben von savannenbewohnenden Pflanzen am Äquator, seit solch entfernten Zeiten, ist ziemlich hypothetisch. Man kann ebenfalls annehmen, daß soudanozambezische Immigranten die Alluviefelder der Äquatorial-Flüsse erreichen konnten, ebenso wie die in den Festlandwäldern geöffneten Lichtungen, dank der „relais“ welche ihnen die guineischen Savannen im Norden und Süden boten.

D. DIE ALLUVIAL-BIOTOPEN AUS AGRONOMISCHER SICHT.

1. Der fruchtbar machende Wert des Hochwassers, der Arbeitsprozeß um die Ablagerungen in den weiten Senkungen zu

beschleunigen, und die Techniken zur Nutzung gewisser Alluvialfelder sind kurz angedeutet.

2. Es scheint möglich, daß sich bei dem tiefergelegenen Land neue Möglichkeiten ergeben werden. Die Lebensmittelkulturen — insbesondere die Reiskultur — sollen wirtschaftlicher sein und sollen so die Bürde der höhergelegenen Böden erleichtern. Die fähiger sind Baumpflanzungen, als jährlich gejähtete kulturen zu tragen.

3. Ohne den Beitrag der zahlreichen Untersuchungen über das Zentrum des kongolesischen Beckens zu unterschätzen, ist es doch nichtdestoweniger sicher, daß ergänzende Studien auf verschiedene Gebieten (Hydraulik, Ortskunde, Geomorphologie, Pedologie und phytotechnische Experimentation) eine notwendige Vorbedingung für jedes Projekt zur Nutzung dieses kongolesisches „Tieflandes“ sind.

4. Die großen Täler von Aquatorial-Kongo besitzen unbestreitbar „gîtes“ die wert sind ausgenutzt zu werden. Ihre Bewirtschaftung verlangt finanzielle und technische Mittel mit denen man die junge kongolesische Nation, deren landwirtschaftliche Blüte in Wirklichkeit den Schlüssel zur wahren Unabhängigkeit ist, versehen soll.

SUMMARY

A. THE PHYSICAL ENVIRONMENT

1. A brief review of the environmental conditions to which the herbaceous groups studied in regard to their physiography and chorology are subjected.

2. The alluvial deposits in the larger valleys of the equatorial Congo constitute a vast fluvial complex formed by the river and its principal tributaries between Stanleyville and Lukolela. The hydrological features of the rivers and the physico-chemical characteristics of their waters are reviewed.

3. An attempt has been made to estimate the mineral matter content of the Congo soils passing Stanley-Pool. Over one square kilometre of the basin, the chemical erosion reaches an annual figure of 1 000 kg of calcium and magnesium, 400 kg of sodium, with 250 kg of potassium and 250 kg of chlorine; these estimates are necessarily approximate.

4. Figures for the rate of mechanical erosion over the whole Congo Basin are somewhat at variance, but much lower than those from other tropical basins. Unquestionably the problem of soil conservation remains a critical one.

5. Deposition processes have been studied in relation to profiles along and across large water courses. The presence of rooted plants had a marked effect on these processes.

6. The Central Basin contains two quite distinct sediments. In the bed and along the banks of water courses, are young sediments (recent tropical soils) which are subject to conditions of hydro-morphic soil formation; the greater part still subject periodically to further silt deposition, which continually rejuvenates the profile. On the lower plateaux are the most ancient sediments, fully matured, whose clay content is specially kaolinite (kaolisols).

B. THE PLANT GROUPS STUDIED AND THEIR ORIGIN

1. The distribution of herbaceous aquatic and swamp formations in tropical Africa and their chorology in the Congo are briefly reviewed.

Equatorial savannas at low altitudes, owing to their widely distributed nature, have been the subject of so many publications that this literature must be reviewed in tracing the history of the term "savanna". The multiplicity of definitions proposed for the latter term, and the views expressed on the origin of these grass plains, are presented chronologically. An attempt is made to present a systematic account of the more important work in this field.

2. On actual or recent alluvium, ten communities—for the most part already known—have been studied from the floristic and ecological point of view. The areas they cover are very variable, and one of them, papyrus—so widely distributed over the whole of tropical Africa—is only rarely encountered here: *Cyperus papyrus* does not tolerate the acidity of the equatorial swamps.

The aquatic grassland of *Vossia cuspidata* is unquestionably the association best represented. The lower stages depend both on internal factors (speed of deposition, texture of deposits, length of exposure, microrelief) and on external one (fires). The evolution of the *Vossietum* in the direction of woody communities (forest series) implies the absence of burning. The succession *Vossia* → *Jardinea* → *Hyparrhenia* already described by W. ROBYNS (1936) is initiated by the passage of fires.

Swamp savanna with *Jardinea congoensis* and the seasonally flooded savanna with *Hyparrhenia-Setaria* contain communities tolerating more or less long periods of drying out. These herbaceous communities fall within the definition of "esôbé rivulaires". Their sediments, which are subjected to various degrees of hydromorphy, do not show marked differences by comparison with the soils of the neighbouring periodic swamp forest. Edaphic causes explain neither the establishment nor the continuing existence of these "esôbé rivulaires": their immunity from fires, enables them to evolve towards forest formations.

3. Savannas on dry land, or "*esôbé intercalaires*", which are encountered on the summits of the rises in the low plateaux region, and occasionally on the raised beaches in the middle of the periodic swamp forests, are also covered by the *Hyparrhenia-Setaria* association. However, better drainage permits the establishment here of species which are somewhat more xerophytic, and typify the *Elyonurus hensii* sub-association.

A comparable pedological material is found under dry savanna and under marginal forest. Analysis gives similar particle sizes and physico-chemical relationships. The one difference between these sites arises from the fact that the woody formations maintain a more abundant surface litter, with a resultant higher exchange capacity and a higher base content in the humus horizon. But this is a consequence of the vegetable cover and not the soil.

The "*esôbé intercalaires*" fall within the definition of derived savanna. Man, by cultivation and fire, has established herbaceous clearings in the forest; fires run through them and maintain them. The process of savanisation which is observed today could equally well take place in past times. What is known of the historic past of these areas is also in favour of an anthropogenic origin for these dry land savannas. In order to be complete, the explanation of phenomena should take account of all the facts, the human factors are inseparable from the physical factors.

4. The thesis of an edaphic origin for the "*esôbé rivulaires*" and "*intercalaires*" must be rejected. In both cases it is a question of a permanent grouping [263] that is to say, "a natural grouping which, without having reached the final stage, shows a particular stability and longevity, retaining its sociological individuality with reference to a dominating mesologic factor", the latter being fire and its occurrence. There is no question then of primary savannas, that is to say "herbaceous populations where in the present geological period, either from climatic conditions or edaphic, no woody population has been able to establish itself" [60].

C. THE FLORISTIC ELEMENTS AND THEIR ORIGIN

1. Hydrophytes and helophytes are very poorly represented floristically (36 species); those present are essentially species with a wide distribution.

2. The flora of the "esôbé rivulaires" and "intercalaires" (136 species) includes various phytogeographical groups. The high proportion (65,4 %) of the species occurring between, or common to, several regions should be noted, together with the absence of endemics. The "individuality" and the "originality" [211] of the flora are very slight.

3. For the protagonists of the edaphic thesis, this flora would go back as far as the Tertiary and the several rare species,—9 for the "esôbé" of the Coquilhatville region, and 15 for the whole of the "esôbé", belonging to the soudano-zambezian zone,—would be the last remnants of the savannas previously existing in the same place at this time.

The survival for a long time at the equator of savanna-loving plants is to say the least hypothetical. It must also be admitted that the soudano-zambezian immigrants could have invaded the alluvial stretches of the equatorial rivers, equally the open clearings in the forests on dry land, by the help of relays offered by the northern and southern guinean savannas.

D. ALLUVIAL "BIOTOPES" FROM THE AGRONOMIC POINT OF VIEW

1. Brief reference is made to the fertilizing value of the deposits, to the processes capable of accelerating the rate of sedimentation in the large depressions, and also to the technics for the reclamation of certain alluvial areas.

2. It seems possible, in the case of low lying ground, to release further potentialities. Cultivation—especially rice culture—would appear profitable here, and would relieve some of the pressure imposed on higher ground, more suitable for carrying tree plantations than annual cropping.

3. Far from underestimating the importance of the numerous studies which have been carried out in the Central Congo Basin, it is nevertheless evident that co-ordinated research in the various fields (hydrology, topography, geomorphology, pedology and agronomical experimentation) remain an essential preliminary of every attempt to evaluate these Congo Lowlands.

4. The large valleys of the equatorial Congo undoubtedly possess deposits which merit exploitation; their development

requires the financial and technical aid which must be provided to the new Congo nation whose agricultural prosperity will, in fact, be the key to its real independence.

RESUMEN

A. EL MEDIO FÍSICO.

1. Un recuento sumario de las condiciones del medio, sitúan las agrupaciones estudiadas en su cuadro fisiográfico y corológico.

2. Las acumulaciones aluvionares en los grandes valles del Congo ecuatorial son a la escala del vasto complejo fluvial formado por el Río y sus principales tributarios entre Stanleyville et Lukolela. Los parámetros hidráulicos de estos afluentes y las características físico-químicas de sus aguas son revisadas.

3. Se ha intentado estimar las cantidades de sales minerales extraídas a los suelos congolese y que transitan (arrastradas por las aguas) por el Stanley-Pool. Por km² de cuenca, la erosión química se elevaría anualmente a 1 000 Kg de calcio y magnesio, a 400 Kg de sodio, a 250 Kg de potasio y a 250 Kg de cloro; se trata de evaluaciones que necesariamente toleran un margen de imprecisión.

4. Los valores totales de erosión mecánica admitidos para el conjunto de la cuenca congolese son bastante discordantes, pero quedan inferiores a aquellos que se conocen para otras cuencas tropicales. Esto no impide que el problema de conservación de suelos constituya siempre una preocupación.

5. Las condiciones de aluvionamiento son estudiadas en relación con los perfiles a lo largo y a través de las grandes vías de agua; en el proceso de depósito, la fito-sedimentación interviene en gran parte.

6. Dos tipos de sustrato bien diferenciados, se reparten la Cubeta:

— En el lecho y sobre las márgenes de los cursos de agua, sustratos amarillos (suelos tropicales recientes) que conocen las condiciones de pedogénesis de suelos hidromórficos, la mayor parte de ellos soportan todavía un limonaje periódico que rejuvenece continuamente el perfil.

— Sobre las planicies bajas, sustratos mucho mas antiguos, llegados a la madurez, en los cuales el material arcilloso es sobre todo caolinita (Caolisoles).

B. LAS AGRUPACIONES VEGETALES ESTUDIADAS Y SU ORIGEN.

1. La extensión de las formaciones herbáceas acuáticas y palustres en Africa tropical y su corologia en el Congo son someramente recordadas.

Las sabanas ecuatoriales de baja altitud, como cosecuencia de su carácter extrazonal, han dado lugar a una abundante literatura que hemos tratado de resumir, retrazando el sentido histórico del término sabana. Las múltiples definiciones propuestas para este vocablo y las diversas opiniones expuestas sobre el origen de estas extensiones (campos) herbáceas son presentadas cronológicamente. Se ha tratado de exponer sintéticamente el conjunto de las investigaciones mas importantes realizadas sobre este tema.

2. Sobre los aluviones actuales o recientes, diez agrupaciones, la mayor parte ya conocidas, han sido estudiadas desde el punto de vista florístico y ecológico. Su importancia espacial se muestra bastante desigual y una de ellas la "papyraie" tan representada en Africa tropical, se le encuentra excepcionalmente: *Cyperus papyrus* no tolera el medio muy ácido de los "paludes" de la región baja congoleza.

La pradera acuática de *Vossia cuspidata* es sin lugar a contestación la asociación mejor representada. Los estados ulteriores dependen de factores de orden intrínseco (velocidad de los fenómenos terreos, textura de los depósitos, duración de los periodos de sequía, microrelieve) y de orden extrínseco (fuego), la evolución del *Vossietum* hacia agrupaciones arbustivas (serie forestal) implica la ausencia de incendio. La sucesión *Vossia-Jardinea-Hyparrhenia* ya señalada (W. ROBYNS, 1936) es puesta en marcha por el pasaje del fuego. La sabana anfibia de *Jardinea congoensis* y la sabana periodicamente inundada de *Hyparrhenia-Setaria* se reparten los biotopos que soportan periodos de sequía más o menos prologados, estas formaciones herbáceas responden a la definición de "esôbé rivulaires". Sus sustratos que son sometidos

dos a diversos grados de hidromorfía no muestran diferencias salta-
tantes con relación a los suelos de los bosques periodicamente
inundados avicinantes. Causas edáficas no explican, ni la exis-
tencia, ni el mantenimiento de estos "esôbé rivulaires": protegidos
del fuego evolucionan a formaciones forestales.

3. Las sabanas de tierra firme o esôbé intercalaires que encon-
tramos sobre las crestas de los inter-valles en la región de las
planicies bajas y ocasionalmente sobre las playas en relieve en
el seno de bosques periodicamente inundados, albergan también
la asociación de *Hyparrhenia-Setaria*; sin embargo, un mejor
drenaje permite la instalación de especies ya mas xéricas, diferen-
ciales de la sub-asociación de *Elyonurus hensii*.

Un mismo material pedológico se encuentra bajo la sabana
seca y bajo el bosque limítrofe. El análisis nos proporciona
valores granulométricos y físico-químicos similares. La única
diferencia entre estos parajes proviene del hecho que las
agrupaciones leñosas mantienen en superficie una capa de mate-
ria orgánica mas abundante, de lo cual resulta una capacidad de
cambio más elevada y un tenor en bases ligeramente superior
en el horizonte húmifero. Siendo esto, une consecuencia impu-
table a la cubierta vegetal y no al suelo.

Los "esôbé intercalaires" responden a la definición de sabanas
"derivadas": el hombre, por el cultivo y por el incendio a con-
quistado estos "claros" herbáceos sobre el bosque; los fuegos
recurrentes los mantienen. El proceso de sabanización que se
observa en nuestros días, ha podido ser realizado en otras épocas.
Lo que se conoce del pasado histórico de estos territorios aboga
también en favor de un origen antrópico de estas sabanas de
tierra firme. Para ser completa la explicación de un fenómeno
deben tomarse en cuenta todos los hechos: los factores humanos
son inseparables de los factores físicos.

4. La tesis de un origen edáfico de los "esôbé rivulaires" y
"intercalaires" debe ser deshechada. En los dos casos se trata de
una agrupación permanente [263], es decir de "una agrupación
natural, que sin haber alcanzado el estado final, manifiesta una
estabilidad y una longevidad particular, conservando así su indi-
vidualidad sociológica en relación con cierto factor mesológico

preponderante", el fuego de circunstancia fortuita. No se trata pues de sabanas primitivas es decir "de formaciones herbáceas donde al período geológico actual, sea continuación de condiciones climáticas, sea continuación de condiciones edáficas, ninguna formación leñosa se ha podido establecer [60].

C. LOS ELEMENTOS FLORÍSTICOS Y SU ORIGEN.

1. Las agrupaciones de hidrófitas y de helófitas son florísticamente muy pobres (36 especies), son esencialmente formadas por especies de larga distribución.

2. La flora de los "esôbés rivulaires" y "intercalaires" (136 especies) comprenden grupos fitogeográficos diversos. Se nota una proporción elevada (65.4 %) de especies de "ligazón" o pluriregionales, así como la ausencia de endémicas. La "individualidad" y la "originalidad" [211] de esta flora es de lo mas baja.

3. Para los que sostienen la tesis edáfica, esta flora remontaría al Terciario así se tiene raras especies pertenecientes al sudano-zambeziano (9 especies) en los "esôbé" de la región de Coquilhatville, y 15 especies para el conjunto de los "esôbé", que serían testigos atardados de las sabanas que habrían existido en estos mismos emplazamientos en esa época.

La sobrevivencia en el ecuador de plantas sabanícolas, desde tiempos tan lejanos es por lo menos hipotético. Es también posible admitir que los inmigrantes sudano-zambecinos han logrado alcanzar los campos aluviales de los ríos ecuatoriales así como los "claros" abiertos en los bosques de tierra firme, favorecidos por las etapas que les ofrecían las sabanas guineanas del norte y del sur.

D. LOS BIOTOPOS ALUVIONARES DESDE EL PUNTO DE VISTA AGRO-NÓMICO.

1. Se hace brevemente alusión al valor fertilizante de las "crecientes", a los procesos capaces de acelerar la sedimentación en las grandes depresiones, así como a las técnicas empleadas con mira a sacar partido de algunos campos aluvionares.

2. Parece posible, refiriéndose a las tierras bajas, poder liberar nuevos potenciales. Los cultivos alimenticios, en particular la ricultura, serían mas rentables y permitirían liberar la carga impuesta a las tierras altas, más aptas para plantaciones arborecentes, que para cultivos anuales "escardados".

3. Lejos de subestimar el aporte de numerosos estudios que han tenido como cuadro la Cubeta congoleza, es sin embargo evidente que investigaciones complementarias en diferentes especialidades (hidráulica, topografía, geomorfología, edafología y experimentación fitotécnica) quedá como condición previa indispensable para todo proyecto de valorización de estas regiones bajo-congolezas.

4. Los grandes valles del Congo ecuatorial son poseedores indiscutible de zonas que la pena de ser explotadas, su utilización reclamaría medios financieros y técnicos que se deberian dar a la joven nación congoleza, en donde la prosperidad agrícola constituya la "clave" para su verdadera independencia.

AVANT-PROPOS

A l'origine, notre projet était de limiter ce mémoire à l'étude écologique des savanes herbeuses du Congo équatorial. Après une large reconnaissance de la région et au vu des sites particuliers occupés par certaines de ces plaines herbeuses, il nous a paru souhaitable d'examiner en détail les phénomènes d'alluvionnement et d'atterrissement qui se déroulent dans les grandes vallées du centre congolais. En effet, à côté des savanes « enchâssées » dans les massifs forestiers de terre ferme, il en est beaucoup d'autres « accolées » aux rives des cours d'eau ou « détachées » de celles-ci, mais toujours manifestement en rapport avec des dépôts fluviaux actuels ou récents. Il importait, dès lors, d'étendre le champ de notre vision aux milieux aquatiques et palustres des « pays-bas » congolais. Ainsi s'explique l'intitulé de notre travail.

Il convient de préciser dès l'abord, l'optique qui a présidé à la rédaction de ce mémoire, pour ce qui touche à certaines de ses parties tout au moins.

S'il est légitime d'entamer une étude des biotopes alluvionnaires par l'analyse des facteurs qui les conditionnent, il est néanmoins nécessaire de justifier le développement qui lui est donné dans notre texte: les longueurs de certains chapitres (régimes hydrographiques, genèse et mise en place des alluvions, composition physico-chimique des eaux, etc.) n'échapperont à personne. C'est à dessein que cette première partie revêt un caractère pleinement documentaire car elle s'adresse plus spécialement aux techniciens de l'agriculture peu familiarisés avec les aspects apparemment hermétiques de l'hydrologie fluviale et, de surcroît, bien souvent éloignés d'une source de documentation appropriée. Est-il besoin de rappeler ici que l'agronome tropical est appelé à démêler et à tirer parti de nombreuses données empruntées à tout un réseau de disciplines diverses? C'est pourquoi il a paru désirable d'exposer un certain nombre de notions classiques et de grandes hypothèses qui apparaîtront sans doute, aux yeux des spécialistes, comme de banales généralités. Notre propos n'est donc pas,

en ce qui concerne les facteurs écologiques, de présenter une étude purement originale mais de réunir et, le cas échéant, de commenter des informations dispersées. C'est la raison de nos digressions hors du domaine plus particulier de notre compétence.

Une part importante de notre mémoire est également réservée aux ouvrages traitant des savanes équatoriales qui sont en fait plus connues qu'étudiées.

L'abondance et l'ancienneté des écrits qui leur sont consacrés rendaient souhaitable un essai de synthèse de cette documentation extrêmement variée. Cette revue chronologique sans être exhaustive nous a amené à retracer l'historique du mot « savane ». Ce vocable a connu des acceptions diverses et qui sont, pour une bonne part, à l'origine d'opinions contradictoires sur la nature des formations ainsi définies; son imprécision méritait d'être rappelée, et la large parenthèse consacrée à son histoire nous paraît ainsi justifiée.

INTRODUCTION

L'explication des paysages végétaux se fonde, comme on le sait, sur des causes d'ordre physique et biotique, et sur leurs interactions.

A l'équateur, et à basse altitude du moins, une large ceinture jouit d'un climat d'une grande uniformité: c'est par excellence la région des températures élevées et peu variables au cours de l'année, ainsi que des fortes humidités, avec pour corollaire une végétation-climax éminemment sylvatique. Le modelé du terrain, s'il est peu accusé, influence néanmoins la végétation par les variations qu'il imprime aux constantes édaphiques (profondeur de la nappe phréatique, engorgement temporaire ou permanent du substrat). Dans les grandes vallées du Congo équatorial, un drainage déficient, dû à la planéité du relief, est à l'origine des forêts marécageuses ou périodiquement inondées qui couvrent de grandes étendues.

L'aplatissement de cette immense région crée, d'autre part, des conditions très favorables aux atterrissements dans le lit et sur les rives des grandes voies d'eau. La colonisation végétale de ces dépôts débute à l'intervention des plantes aquatiques, semi-aquatiques et palustres, et se poursuit par la croissance de couverts arbustifs et arborescents.

La composition et la distribution des formations pionnières, comme des associations forestières qui leur font suite, dépendent des types de substrats (texture et drainage) et de la nature des eaux qui les baignent. Toutefois, des exceptions au cours normal de la succession s'observent çà et là dans les grands flats alluvionnaires. Ces « anomalies » dans le paysage forestier des vallées équatoriales se traduisent par la présence de groupements sava-nicoles sur des terres qui, en apparence du moins, devraient porter un manteau forestier.

Mais ces « paradoxes phytogéographiques » ne se limitent pas aux flats alluvionnaires: on les retrouve localement, en effet, sur

les crêtes des interfluves. Dans ces sites, sur des substrats relativement anciens et bien drainés, la présence de vastes clairières herbeuses enclavées dans les forêts de terre ferme étonne davantage encore. L'existence de ces « vides forestiers » au cœur même de la grande sylve équatoriale paraît se concilier difficilement avec le déterminisme écoclimatique: à ces latitudes, la loi de zonalité des formations végétales connaîtrait-elle des exceptions?

* * *

Il n'est guère d'ouvrages ou d'études traitant de la forêt ombrophile qui ne signalent le caractère insolite de ces plaines inhospitalières, semble-t-il, à des occupants ligneux. Des causes édaphiques, anthropiques ou paléoclimatiques sont tour à tour invoquées pour expliquer ou justifier le maintien de ces groupements azonaux. Un des buts principaux de notre étude est précisément de rechercher les facteurs qui sont à l'origine de ces formations dans le Congo équatorial.

Le présent mémoire peut se diviser en trois parties:

- a) Les chapitres I à V résument les caractéristiques physiques du Congo central;
- b) Les chapitres VI à IX traitent des principaux groupements herbeux de cette région; le premier d'entre eux introduit le sujet en condensant l'essentiel de la littérature consacrée aux groupements herbeux des eaux douces d'Afrique tropicale et aux savanes de basse altitude de la ceinture équatoriale;
- c) Le chapitre X effleure le problème de la mise en valeur des biotopes alluvionnaires dans l'optique d'une intensification de l'agriculture en Cuvette congolaise.

Les observations et les études sur le terrain, qui constituent la base de ce travail, ont été faites au cours des quelque vingt années passées en Afrique au service de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo (INEAC) et nous savons gré aux anciens dirigeants de cet organisme de nous avoir donné la possibilité de les accomplir.

L'utilisation des données recueillies, le dépouillement de la bibliographie et la rédaction du texte furent réalisés au Laboratoire d'Ecologie végétale de l'Université Catholique de Louvain. Qu'il nous soit permis d'adresser au Prof. J. LEBRUN, l'expression de notre reconnaissance affectueuse pour nous avoir fait bénéficier, depuis de nombreuses années déjà, de ses connaissances phytosociologiques et phytogéographiques. Il a bien voulu s'astreindre à relire notre manuscrit; ses critiques avisées comme ses pertinentes remarques nous ont été très profitables.

A bien des égards, nous avons bénéficié au cours de nos travaux d'une aide efficace et obligeante.

Les systématiciens engagés dans l'étude de la flore congolaise, et particulièrement MM. R. BOUTIQUE, R. TOURNAY et P. VANDERVEKEN, ont bien voulu préciser plusieurs de nos déterminations botaniques. De son côté, le Prof. W. ROBYNS nous a offert l'hospitalité dans les Laboratoires du Jardin Botanique de l'Etat à Bruxelles.

Nous sommes redevable des données d'analyses pédologiques à MM. A. FOCAN, W. KUCZAROFF et J. CROEGAERT qui, successivement, ont assumé la direction du Laboratoire d'Agrologie du Centre de Recherches de Yangambi, tandis que l'examen des plaques microscopiques relatives à la microflore fut amicalement effectué par le Prof. H. LAUDELOUT.

Notre cordial merci s'adresse aussi à notre ancien collaborateur, le Prof. C. EVRARD, qui a bien voulu mettre à notre disposition différents relevés des savanes herbeuses des environs de Bumba. M. P. JONGEN nous a aimablement fourni des données sur les sols de cette région.

Que tous nos anciens collègues de l'INEAC trouvent ici l'expression de notre reconnaissance: l'amabilité de leur accueil ne s'est jamais démentie.

Le R.P. G. HULSTAERT, de l'Archevêché de Coquilhatville, nous a fait bénéficier de sa vaste érudition ethnographique. Qu'il reçoive ici le témoignage de notre profonde gratitude.

Une équipe de collaborateurs congolais nous a toujours secondé. A tous nos compagnons de terrain pendant notre carrière

africaine, et spécialement à M. L. TOKA, ancien chef-préparateur à la Division de Botanique de l'INEAC, nous tenons à **exprimer** nos remerciements très cordiaux. Sans leur inlassable dévouement bien des observations n'auraient pas été possibles.

CHAPITRE PREMIER

Les traits principaux du milieu physique des territoires étudiés

Un des buts principaux de notre étude est, cela va de soi, d'établir les relations existant entre les formations herbeuses considérées et les facteurs du milieu. Il convient donc d'esquisser, de façon très sommaire, l'environnement propre à ces biotopes (1) et, pour certains, les conditions physiographiques qui les déterminent.

§ 1. LE CADRE GÉOLOGIQUE ET CHOROLOGIQUE

En fonction des sites qu'elles occupent, les formations herbeuses envisagées, éparées un peu partout dans la Cuvette congolaise, se classent en deux catégories.

1. Les groupements herbeux rivulaires (et insulaires) qui, évidemment, dépendent du système hydrographique et abondent particulièrement le long du trajet, appelé communément la « boucle du Congo », que le maître-fleuve de l'Afrique accomplit dans l'hémisphère nord. Cette expression s'applique à la large vallée que le fleuve se taille entre Stanleyville (0° 30 lat. N, 25° 10 long. E) et Lukolela (1° 05 lat. S, 17° 11 long. E) et qui est bordée de vastes expansions lacustres (*fig. 1*). Sur tout ce parcours, long de 1 100 km, des peuplements d'herbes couvrent des milliers de km²; ces groupements remontent également le cours inférieur des gros affluents et se retrouvent aussi, mais sur des surfaces beaucoup plus modestes, dans la plupart des

(1) Les biotopes (ou habitats) sont des lieux caractérisés par des conditions données de terrain (altitude, exposition, nature du sol) et de climat, et par suite, à l'état naturel, par un certain peuplement végétal et animal [168] *.

* Les chiffres entre [] renvoient à la bibliographie *in fine*.

petites rivières équatoriales, particulièrement aux environs des embouchures.

2. D'autres groupements herbeux, ceux-ci sans relation avec le réseau fluviatile actuel et toujours d'étendue fort réduite comparativement aux premiers, se rencontrent dans l'arrière-pays sur les substrats anciens des interfluves.

Ces savanes herbeuses sont disséminées un peu partout dans les formations forestières de terre ferme, tant sous forme de petits îlots de terrain sec enclavés dans des forêts marécageuses ou périodiquement inondées qu'à l'état de clairières déjà plus importantes au sein de grands massifs sylvatiques.

Bien qu'apparemment la localisation de ces groupements ne paraisse pas déterminée par des facteurs écologiques particuliers, ce qui explique leur répartition au hasard, on peut grouper ces clairières en trois grands ensembles géographiques que nous schématiserons comme suit:

- Un premier, chevauchant l'équateur;
- Un deuxième, situé à proximité et un peu au-delà du 2° parallèle nord;
- Un troisième, s'étendant de part et d'autre du 3° parallèle sud.

Tandis que les deux premières zones avoisinent le fleuve Congo, la troisième s'en éloigne considérablement et se rapproche des confins méridionaux du grand massif forestier congolais.

Ce classement des savanes intercalaires du Congo équatorial en trois zones géographiques n'a, on le conçoit, rien d'absolu. Nous verrons cependant que ces trois régions répondent à des dissemblances pédologiques assez tranchées.

Les sites que nous avons prospectés plus en détail se localisent:

a) Pour les groupements rivulaires et insulaires, entre Yangambi et Isangi, entre Coquilhatville et Irebu, sur la basse Ruki et l'Ikelemba inférieure;

b) Pour les groupements de terre ferme, le long de l'axe routier reliant Coquilhatville à Bikoro, et dans la région de Lodja-Katakokombe.

Du point de vue chorologique, le vaste périmètre qui encadre la végétation étudiée s'inscrit dans la zone des forêts ombrophiles sempervirentes équatoriales du Secteur Forestier Central [109 et 276] et correspond à la partie centro-occidentale de ce Secteur: le District du bassin central du Congo (J. LEBRUN in [27]). Toute cette région est caractérisée par l'abondance de types forestiers édaphiques (liés aux sols hydromorphes), mêlés à la forêt ombrophile-climax et à ses nombreux facies de substitution; les principales caractéristiques physionomiques et synécologiques, ainsi que les constituants floristiques essentiels de ces peuplements forestiers, sont maintenant bien connus [214].

§ 2. LE CLIMAT

Les facteurs climatiques déterminant au premier chef l'accumulation et l'érosion, ont fait l'objet d'importants travaux [326, 327, 27, 40, 41 et 46].

Qu'il nous suffise ici de rappeler les paramètres essentiels de ce climat équatorial (2) de type continental très prononcé: lame d'eau annuelle oscillant autour de 1 700 mm, précipitations bien réparties tout au long de l'année mais montrant des oppositions saisonnières assez accentuées; température élevée sans être excessive (t° moyenne: $25,5^{\circ}$ C), très faible amplitude thermique; humidité de l'air élevée et suffisamment constante (humidité moyenne: 85 %); radiation globale assez faible: l'insolation relative représentant environ 45 % de l'insolation possible.

L'eau, sous toutes ses formes, constituant le facteur écologique décisif pour la végétation, et imposant notamment les types de formations, nous résumerons uniquement dans ce paragraphe ce qui a trait à l'humidité en général, et plus particulièrement à la pluviosité.

(2) On peut admettre que les abords de Bikoro comme ceux d'Eala-Coquilhatville participent d'un régime pluviométrique typiquement équatorial qui « s'exprime clairement dans le fait qu'une pluie supérieure à 50 mm par jour est possible à tout moment de l'année » [42].

Pour l'ensemble du territoire congolais, l'écoulement annuel, c'est-à-dire la hauteur d'eau écoulée à la surface d'un bassin, s'élève à 337 mm d'eau.

Appliquant au bassin du fleuve la relation classique $P - D = (E + T)$, E. BERNARD [27], par planimétrie des isohyètes de la carte des pluies, trouve une hauteur moyenne des pluies (P) de 1 510 mm de laquelle il soustrait l'écoulement annuel (D) qui s'élève à 337 mm; il obtient ainsi une évapotranspiration (E + T) de 1 173 mm pour la totalité du bassin. Ainsi l'écoulement annuel ne représenterait que les 22 % de la lame d'eau annuelle, 78 % seraient repris par l'atmosphère.

Il est évident que dans la traversée de la Cuvette les pertes par évaporation sont très élevées: dans cette région en effet, le Congo et ses affluents couvrent des surfaces considérables. Selon E. BERNARD [28], l'évapotranspiration annuelle moyenne (à 10 % près) au dessus de la forêt équatoriale serait de 1 395 mm tandis qu'au dessus des savanes elle n'atteindrait que 1 025 mm.

F. BULTOT [46] a revu les valeurs d'évapotranspiration annuelle obtenue par différentes méthodes. En combinant les procédés de PENMAN et de THORNTWHAITE, il obtient pour la Cuvette centrale, y compris le bassin du Lualaba entre Kindu et Stanleyville, des chiffres du même ordre de grandeur que ceux avancés par E. BERNARD et M. FRÈRE [29]. Dans le bassin ainsi délimité (3), pour une pluie annuelle de 1 741 mm (moyenne 1930-1959), l'évaporation s'élève à 1 282 mm (74 %) et l'écoulement à 459 mm (26 %).

On dispose également de données écoclimatiques [27] pour l'ensemble de cette formation-climax et de quelques observations détaillées sur le microclimat de certains peuplements forestiers [147, 240 et 152].

Par contre nos connaissances sur l'écoclimat des groupements herbeux rivulaires ou insulaires sont faibles; ces derniers, par leur situation dans la vallée du fleuve, bénéficient de conditions assez particulières qui, du point de vue climatique, restent encore à

(3) Pour les autres secteurs du Congo, la formule empirique de ces auteurs n'est pas applicable [46].

préciser. Quelques indications sont cependant fournies par des études poursuivies par la Division de Climatologie du Centre de Recherches de l'INEAC à Yangambi [183]; les données enregistrées permettraient de conclure que la vallée du fleuve et, d'une façon générale, celle des grandes rivières de la Cuvette jouissent d'un climat plus ensoleillé que les plateaux de l'intérieur, avantage dont les héliophytes des groupements herbeux tirent certainement parti. J. FERWERDA [136], de son côté, signale que, dans un large couloir le long du cours moyen du Congo, les intensités sont comparables à celles de la côte orientale de Sumatra et de la presqu'île de Malacca alors que la côte occidentale africaine est beaucoup moins favorisée à ce point de vue. Touchant l'intensité d'éclairement, on peut dire que, pendant les périodes sans pluie, le large val congolais bénéficie d'un effet d'oasis.

Sous l'angle de la pluviosité, bien que ce facteur soit ici d'importance très secondaire, — les hydrophytes en effet peuvent s'abstraire facilement du rythme climatique, — on note dans les stations situées près des rives et au niveau du fleuve des valeurs nettement déficitaires par rapport aux stations de plateaux; dans les îles, les précipitations recueillies sont fort variables d'une année à l'autre et le plus souvent de valeur moindre que celles enregistrées sur les plateaux limitrophes.

§ 3. LA GÉOLOGIE ET LE RELIEF

La vaste dépression du Congo équatorial, d'une superficie d'environ 900 000 km² (4), offre l'aspect d'une large pénéplaine qu'une artère fluviale, le Congo, traverse d'est en ouest, sur une longueur de 1 500 km.

L'altitude du fond de cette auge est voisine de 300 m, celle de son pourtour atteint 500 m (5). La surface des terrains s'étendant entre ces deux niveaux représenterait environ 26,5 % de l'ensemble du territoire congolais; l'isohypse de 1 000 m coïnci-

(4) Rappelons que l'ensemble des terres émergées du globe, glaciers exclus, serait de 134 000 000 km² environ [48]. La Cuvette centrale congolaise représenterait donc approximativement la 150^e partie des terres de la planète.

(5) Les limites du fond de la Cuvette sont difficiles à préciser au moins dans certaines directions; les travaux de L. JONES et al. [190] lèvent certaines de ces incertitudes marginales.

derait approximativement avec la cote limite de la plus grande partie de ce bassin équatorial [274].

Avec la fosse tchadienne, la Cuvette congolaise forme

...une large dépression bordée à l'est et à l'ouest par des hauteurs dont il ne reste pas de témoins dans la région centrale. Ceci implique une importante action érosive relevant du cycle (géographique) fin-Tertiaire [47].

C'est vers la fin du Pliocène que ces deux cuvettes seraient « sorties d'indivision »

...grâce à l'apparition de l'actuelle crête de l'Ubangi-Chari qui aurait eu pour effet non seulement de la fermer vers le nord mais aussi d'accentuer la dépression de la région centrale. Un nouveau cycle géographique fin Pliocène et début Pléistocène serait apparu, dont le trait physiographique essentiel est un réseau hydrographique convergent autour de la région de Coquilhatville [47].

L'accord n'est cependant pas réalisé sur le passé géologique du Centre africain ni sur l'âge de la Cuvette centrale congolaise. Nous tenterons de résumer sommairement les deux théories habituellement avancées.

Nombre de géologues, dont M. ROBERT [274], admettent, à la suite de E. DUPONT [127] et de J. CORNET [70] que la forme en cuvette serait une caractéristique très ancienne remontant au Triasique; la dépression actuelle correspondrait à l'emplacement du « lac busirien » qui se serait maintenu jusqu'à la fin du Tertiaire (fin du Pléistocène inférieur). A cette époque, un petit fleuve côtier, par un phénomène de capture, aurait donné à cet immense lac un exutoire vers l'Océan Atlantique, permettant ainsi l'émersion progressive d'une large pénéplaine; des nappes d'eau comme les lacs Léopold II et Tumba représenteraient des vestiges de cette période de retrait des eaux. D'autres captures expliqueraient l'extension du bassin actuel qui déborde largement les limites du bassin primitif principalement vers le nord-est (haut Ubangi), le sud-est (haute Luvua, Luapula, Lufira et haut Lualaba) et le sud-ouest (haut Kasai); M. ROBERT [275, fig. 2, p. 25] a tracé les limites respectives de ces deux bassins. Au cours des cycles géographiques successifs, l'action des agents d'altération et d'accumulation aurait conduit au relief aplané contemporain.

P. FOURMARIER [138] cependant défend une autre hypothèse qui paraît mieux en accord avec les connaissances présentes.

Pour ce savant géologue, la Cuvette devrait sa forme à des déformations d'origine récente. Le fleuve Congo, en aval de Kwamouth, serait conséquent au rivage de la mer crétacée. Des remaniements ultérieurs datant des périodes très proches auraient accentué les déformations originelles et altéré les profils. En effet, des indices ont permis d'établir que la région couverte par l'actuelle Cuvette est restée longtemps un bassin continental bas et pénéplané dont les parties déprimées ont été comblées successivement par des divers sédiments repris aux parties peu élevées du relief (Karoo inférieur); durant cette sédimentation, le sous-sol fut très mobile. Ultérieurement (Karoo supérieur), ces déformations se sont poursuivies pour donner à la Cuvette sa présente allure précisant ainsi une vaste aire de subsidence, par affaissement continu du soubassement tandis que la périphérie était relevée à plusieurs reprises par des mouvements épirogéniques. Ainsi se créaient des cycles géographiques nouveaux aboutissant à la constitution de surfaces d'aplanissement; les sédiments qui recouvraient les systèmes géologiques anciens (parties en relief) étaient ainsi périodiquement soulevés. On retrouve des relictés de ces pénéplaines dans le bourrelet périphérique de la Cuvette [47]. Au cours des temps plus récents (Pléistocène inférieur), des sables éoliens se sont déposés, masquant ainsi les traits de la topographie primitive; ces dépôts semblent limités à l'aire d'affleurement des couches du Karroo. Dans la Cuvette proprement dite, la tendance actuelle serait à la formation d'expansions lacustres. L'opinion de G. MARLIER [237 et 238], qui attribue au lac Tumba une origine récente, cadrerait avec cette seconde hypothèse; elle se fonde notamment sur

...un caractère zoologique fort important de cette faune: la très faible endémicité des poissons et invertébrés réduite peut-être à une espèce et deux sous-espèces.

A. VEATCH [343] s'est attaché à préciser la chronologie des phénomènes géologiques intéressant le bassin du Congo; les considérations émises dans son étude appuient les vues de P. FOURMARIER [138]. J. LEPERSONNE [225] les résume comme suit:

Au Miocène moyen, la déformation et le surélèvement de la vaste pénéplaine (...) amènent l'initiation d'un réseau hydrographique suivant les grandes lignes actuelles. Ce cycle d'érosion produit une pénéplanation partielle, surtout apparente dans la région centrale du bassin occupée par des roches tendres. A la fin de cette période, soit au Pliocène supérieur ou au Pléistocène inférieur, une période d'aridité amène la formation, sur les plateaux du bassin du Kasai, de dépôts de graviers de concentration éluviale surmontés de sables éoliens. Les mouvements du sol produisent un nouveau rajeunissement et l'initiation du cycle d'érosion actuel, et le climat devient plus humide. Les dépôts d'alluvions des terrasses et des fonds de vallées qui caractérisent ce dernier cycle sont considérés soit comme s'étendant jusqu'au Pléistocène inférieur, et dans ce cas les sables et graviers des plateaux seraient pliocènes ou pléistocènes tout à fait inférieurs, soit comme postérieurs à la seconde glaciation (MINDEL), et dans ce cas, les sables et graviers de plateaux seraient d'âge pléistocène inférieur correspondant au premier interglaciaire. La première hypothèse est retenue comme plus vraisemblable par A. VEATCH.

J. de HEINZELIN [88] est revenu récemment sur la question de l'ancienneté de la Cuvette.

Un large public, écrit-il, admet encore aujourd'hui l'origine lacustre ancienne de la dépression congolaise.

Des considérations stratigraphiques et des arguments de géographie physique de différentes sources prouvent, selon cet auteur, que

...le domaine de la Cuvette centrale est longtemps resté un domaine continental et bas, presque parfaitement pénéplané. (...) On dira plus justement (...) qu'elle est le contrecoup récent dans l'échelle géologique de l'évolution tectonique du vieux continent qui la supporte et qu'elle n'implique donc pas la préexistence d'une dépression parallèle remontant à des temps géologiques éloignés.

Il nous reste à dire un mot du socle de cette dépression et des assises qui la recouvrent.

Le soubassement est constitué de roches anciennes surmontées de couches horizontales ou subhorizontales (couches du Lualaba-Lubilash) dont l'épaisseur varie de 400 à 600 m; localement des dépôts de l'étage du Kalahari, dont l'âge reste imprécis, se superposent à ces puissantes assises.

En surface et dans la partie déprimée, des alluvions fluvio-lacustres, — que l'on rapporte au Quaternaire et au Pliocène

supérieur (couches de la Busira),— ou des sables de recouvrement d'âge pléistocène et d'origine éolienne, recouvrent le manteau des substrats anciens. Selon L. CAHEN, [47]

...les sédiments récents qu'on rencontre dans la Cuvette, au dessus des couches mésozoïques, paraissent correspondre grossièrement à ce qui a été enlevé en amont, et on peut admettre que pendant une période relativement courte, un lac sans exutoire existait dans cette région.

L'auge primitivement concave s'est ainsi partiellement comblée par des alluvions sablo-limoneuses et son fond présente, de ce fait, un aspect aplani. Les nombreuses rivières qui arrosent cette zone bénéficient des pluies tropicales qui s'abattent sur des régions d'intense érosion et contribuent puissamment à ce travail de comblement. Dans tout le bief moyen du Congo et dans le cours inférieur de tous ses principaux tributaires, spécialement aux abords des embouchures, un alluvionnement intense s'opère; nous en étudierons brièvement le processus dans un chapitre ultérieur.

Au total, si l'accord n'est pas réalisé quant à l'origine et à l'ancienneté de la Cuvette, un fait est cependant évident: c'est le caractère pénéplané de la dépression équatoriale et d'une grande partie des bassins de son pourtour.

Le relief s'il est peu accusé influe néanmoins fortement sur la végétation, par les variations qu'il imprime aux constantes édaphiques (profondeur de la nappe phréatique, bas-fonds, sols hydromorphes); les pentes faibles sont à l'origine des vastes forêts marécageuses ou périodiquement inondées.

A sa situation géographique, à son climat et à sa géologie, la Cuvette congolaise doit son relief et son réseau fluvial; les traits saillants de son hydrographie feront l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE II

Les conditions hydrographiques de la Cuvette congolaise

La Cuvette centrale congolaise, par sa couverture de terrains meubles sans relief appréciable, est particulièrement propice au développement d'un réseau hydrographique dense. Sa forme en auge se prête bien à la concentration des affluents qui drainent ses rebords et se taillent une large vallée dans ces terrains peu résistants. On comprend donc que de nombreux cours d'eau convergent vers cette immense dépression: ils y apportent une bonne partie des sédiments arrachés aux parties en amont de leur bassin.

Pour véhiculer leurs eaux, ces rivières planitiaires disposent de « voies » à section variable; nous adopterons la nomenclature proposée par M. DERRUAU [93] pour les désigner.

Nos cours d'eau équatoriaux de quelque importance comprennent:

— Un lit majeur ou lit d'inondation ou encore flat alluvial, entièrement occupé aux hautes eaux;

— Un lit apparent ou lit ordinaire qui suffit à assurer l'évacuation en période de moyennes eaux; il est généralement limité par des berges plus ou moins nettes;

— Le chenal d'étiage, partie la plus profonde (talweg) du lit ordinaire, collecte les eaux à la période des maigres; son tracé fort sinueux n'a pas de berges apparentes.

Dans les conditions de la Cuvette, la faible pente et la nature très friable des terrains traversés expliquent la sinuosité et la mobilité du lit apparent et, plus encore, du chenal d'étiage. Les matériaux légers et de petit calibre charriés en abondance par nos eaux sont susceptibles de rester longtemps en suspension mais aussi de se déposer dès qu'un ralentissement du courant se produit.

Le modelé très adouci du terrain est un facteur hydrographique important en ce qui concerne l'étalement des eaux et le dépôt des sédiments. Toutes nos rivières voient leurs rives submergées périodiquement; ces crues sont à l'origine des nombreux biotopes du flat alluvial qui connaît ainsi un limonage régulier. Mais dans le cours d'eau lui-même, les éléments les plus grossiers subissent des modifications continues: le fond du lit est en équilibre mobile et nombre de ses dépôts sont fugaces.

L'étude de la morphologie de ces accumulations alluvionnaires réclame d'abord un bref aperçu du complexe fluvial lui-même et de ses paramètres hydrologiques. Ce sera l'objet du présent chapitre.

§ 1. QUELQUES GÉNÉRALITÉS SUR LE BASSIN HYDROGRAPHIQUE CONGOLAIS

Le simple examen de la carte des eaux superficielles du bassin congolais [105] fait ressortir sa richesse hydrographique et les grands traits de son artère fluviale principale. L'extraordinaire densité des cours d'eau, dans le centre de la Cuvette surtout, fait que l'espacement moyen est faible; l'examen des photographies aériennes est particulièrement suggestif à cet égard.

Les données de la présente esquisse, au demeurant très simplifiée, sont principalement empruntées aux études de E. DEVROEY [101, 102, 103 et 106] et de M. PARDÉ [262] pour le fleuve Congo, à J. YAYER [359] pour l'Ubangi (6).

Le fleuve Congo, long de 4 374 km, draine un bassin de 3 882 000 km² (7) qui s'étend des deux côtés de l'équateur mais empiète davantage sur l'hémisphère austral (13° sud pour 8° nord); il collecte les eaux de cette vaste région par l'entremise d'un réseau dense et très ramifié de rivières de différents calibres. Son bassin direct est relativement faible: entre Stanleyville et Kwamouth, soit sur un bief d'environ 1540 km, il ne dépasse pas 208 000 km² [331].

(6) On trouvera dans [169] une bibliographie complète sur la question.

(7) Différents autres chiffres sont avancés pour la surface totale: 3 822 000, 3 716 000 et, plus souvent, 3 650 000 km².

Sa vallée acquiert toute son ampleur au voisinage de l'équateur et le long de la boucle que le fleuve, s'infléchissant vers l'ouest, décrit dans l'hémisphère nord. Grossi des eaux de ses puissants affluents, il s'y épanouit en une vaste zone lacustre qui s'étend sur des centaines de km². L'appellation de « Cuvette centrale » ou de « Cuvette congolaise » s'applique à l'ensemble des territoires ainsi traversés.

Cette auge « aux dimensions de l'Afrique » comprend deux parties au relief assez contrasté:

a) Le fond est d'un modelé très plat: ses dénivellations très faibles sur de grandes étendues y permettent la formation de forêts soit marécageuses, soit périodiquement inondées;

b) Les bords, aux formes plus vallonnées, se relèvent progressivement et rejoignent, par paliers successifs, les plateaux limitrophes: dans toute cette région marginale, les forêts de terre ferme sont nettement dominantes.

Cette topographie en fait par excellence une zone de convergence des eaux qui s'abattent sur l'Afrique centrale. Sa situation géographique lui vaut, en effet, une pluviosité assez copieuse à la fois bien répartie dans la zone équatoriale, et bien balancée, entre les deux zones subéquatoriales. Son alimentation ne souffre pas des déficits saisonniers que connaissent les grands fleuves tropicaux.

Le *tableau 1* concrétise bien la puissance d'apport des tributaires; il relate d'autre part les surfaces drainées par le Congo en différents points de son cours.

De Stanleyville à Lukolela (limite ouest de la Cuvette) l'espace franchi est de 915 km à vol d'oiseau mais les sinuosités du lit portent ce trajet à 1 218 km. C'est à cette large boucle que nous limiterons notre étude (*fig. 1*).

Décrivons sans plus tarder la chevauchée du fleuve Congo dans la partie centrale de son bassin.

Son cours en amont, le Lualaba, dévalant des plateaux du Katanga, rejoint la Cuvette à Kindu (alt. 500 m) mais ne l'aborde de front qu'aux approches de Stanleyville. En amont des Stanley Falls, la descente s'opère en marches d'escaliers, les biefs à faible gradient alternent avec des tronçons à pente très forte.

TABLEAU I. — Le Congo et ses affluents dans la Cuvette
Superficie des différents bassins

Localité	Distance de l'embouchure (en km)	Superficie du bassin versant (en km ²)	Affluents majeurs et surface de leur bassin (en km ²)	
Stanleyville	2 234	974 330	Lindi	60 300
			Tshopo	17 870
			Lomami	109 080
Isangi	2 118	1 150 640	Aruwimi	116 100
Basoko	2 012	1 273 220	Itimbiri	50 490
Bumba	1 837	1 337 660	Mongala	52 200
Mobeka	1 507	1 411 190	Lulonga	76 950
Lulonga	1 269	1 505 130		
Coquilhatville	1 200	1 693 430	Ruki	173 790
			Ikelemba	12 510
Gombe	1 080	2 477 870	Ubangi	772 830
Kwamouth	693	3 716 630	Kasai	880 200
Léopoldville	500	3 747 320		

Les sauts et les rapides des Stanley Falls sont les derniers seuils rocheux dont on ne retrouvera plus d'affleurement avant le bord aval de la Cuvette. Le banc rocheux de Stanleyville une fois franchi, le fleuve commence à s'élargir et son lit apparent se garnit d'îles; ses rives restent toutefois assez nettes et suffisamment hautes pour endiguer, sans difficulté, les crues normales jusqu'en aval de Yangambi. A hauteur de l'imposant Centre de Recherches de l'INEAC, la rive droite est bordée de falaises qu'on retrouve localement jusqu'à Lisala: ce sont les seuls promontoires quelque peu surélevés qui rompent la monotonie des berges jusqu'au delà de Lukolela; la rive gauche, par contre, est désespérément plate.

Entre Yangambi et Isangi, soit à environ 110 km des Stanley Falls, le val s'amplifie; le fleuve adopte une allure majestueuse et indolente que H. STANLEY [305], le premier, lui reconnut: il s'étale comme avec complaisance, serpente en de larges ondulations et semble envoyer des bras secondaires pour recueillir les eaux dont ses flancs sont inondés. Jusqu'à Lukolela (à 1 218 km de Stanleyville), le Congo ne se départira plus de cette attitude

nonchalante et capricieuse qu'il adopte sur plus de 1 000 km de cours. Tout au long de ce trajet, le Congo s'est taillé une vallée à l'échelle de son bassin.

A Isangi, où commence vraiment la « région des îles », le fleuve reçoit un tributaire de marque, le Lomami. Ce premier apport important le décide, semble-t-il, à amorcer délibérément sa longue boucle dans l'hémisphère nord. Par des augmentations successives de la largeur de son lit, le Congo est à même de loger aisément les masses d'eau considérables que lui fourniront ses affluents.

Plus en aval encore, progressivement grossi par de nouveaux apports, le fleuve atteint une largeur considérable et s'encombre d'îles. Son cours devient fort capricieux et son lit d'inondation incertain. Tout au long de ce bief mal calibré, son lit apparent n'a pour berges que des cordons alluvionnaires étroits et peu élevés. En période de crue, le Congo peut ainsi déverser dans son flat alluvial, des volumes d'eau gigantesques qui s'étalent en nappe et noient, sous une lame d'eau quasi immobile, d'immenses étendues de forêts. Les lacs ainsi alimentés constituent de véritables régulateurs naturels qui atténuent et retardent les fluctuations du régime. Aux zones de confluence, ses gros pourvoyeurs le rejoignent par un dédale de chenaux anastomosés qui enserrent d'énormes surfaces de forêts; à ces endroits, le fleuve participe à la fois de la rivière et du lac. A l'étalement, la vallée alluviale du Congo se confond avec celles de ses grands tributaires; les plages de terre se raréfient et le fleuve offre alors l'aspect d'un labyrinthe d'eaux et de forêts inondées: les chapelets d'îles boisées et de prairies aquatiques partiellement immergées situent alors son lit apparent. Au bas étiage, les forêts se ressuient partiellement, les îles s'assèchent et des atterrissements (bancs de sable et plages de boue) pointent çà et là.

Ces « pays-bas » congolais couvrent ainsi un vaste périmètre dont le centre se situe entre les rivières Ikelemba et Busira; dans la vallée même du Congo, les marécages régressent un peu en aval d'Irebu (8). L'absence de levés hypsométriques détaillés de

(8) H. STANLEY [305] souligne « qu'en aval d'Irebu, le Livingstone (alias Congo) prend l'étendue d'un lac, archipel d'îles d'un vert immense parmi lesquelles brillent çà et là de larges croupes de sable blanc ». Ce paysage d'une particulière beauté le porte à baptiser Irebu, la « Venise du Congo ».

cette partie du Secteur Forestier Central ne permet pas d'en préciser autrement les limites.

Au delà de Lukolela, la Cuvette prend fin; le Congo resserre son lit, reprend une allure plus régulière et chemine dans une vallée à zone inondable de faible largeur.

§ 2. LE RÉGIME DU FLEUVE CONGO ET DE SES AFFLUENTS MAJEURS DANS LA CUVETTE

Le régime d'un cours d'eau (naturel) est l'ensemble des phénomènes qui concourent à son alimentation et expliquent les variations de son débit; il conditionne et influence, à des degrés divers, les groupements végétaux qui s'épanouissent dans sa vallée.

D'un point de vue écologique, les éléments du régime qui méritent une attention particulière sont les hauteurs du plan d'eau, la pente (et la vitesse), le débit et la charge de matériaux transportés.

L'objet du présent paragraphe est de passer brièvement en revue les principaux paramètres hydrologiques du fleuve. Mais notre étude serait tronquée si nous négligions l'examen du régime de l'Ubangi, maître-affluent de gauche qui débouche au cœur même de la dépression équatoriale et qui influence, depuis Irebu et jusqu'à Lukolela, le régime du collecteur principal. Des conditions climatiques différentes prévalant dans les deux bassins versants font que ces deux cours d'eau connaissent l'un, le Congo, un régime à deux crues, l'autre, l'Ubangi, un régime à une seule crue (9).

Il sortirait toutefois du cadre de notre étude d'étendre cette analyse aux autres tributaires. Incidemment, nous ferons néanmoins allusion à certains affluents dont le cours est principalement localisé dans la Cuvette. Ces rivières nous intéressent surtout par la nature de leurs eaux et l'intense alluvionnement qui sévit au voisinage de leur embouchure.

(9) L'accord est loin d'être réalisé sur la définition d'une crue. Disons qu'on entend généralement par « crue annuelle » le plus fort débit observé pendant l'année [270].

A. *Les hauteurs du plan d'eau*

Les variations saisonnières d'un cours d'eau traduisent, comme on le sait, l'action particulièrement importante de la pluviosité dans l'ensemble de son bassin: ce sont les grandes pluies qui engendrent les crues (10).

Lorsque la saison des pluies se déchaîne dans le nord et dans le sud, les rivières de la Cuvette se gonflent en crues assez puissantes — mais rarement brutales, du moins dans leur bief inférieur — et relativement constantes d'une année à l'autre.

Comme l'activité d'un fleuve ne se comprend qu'au moment de ses crues, nous nous étendrons assez longuement sur leur mécanisme.

1. *Le Congo*

Sous l'angle des précipitations, le Congo bénéficie d'un régime exceptionnel non seulement par l'importance de la lame d'eau annuelle (1 500 mm) mais surtout par la régularité de son approvisionnement que lui vaut sa situation de part et d'autre de l'équateur: les affluents du nord compensent le déficit que le jeu des saisons impose aux affluents du sud et réciproquement.

Dans la plus grande partie de son cours au nord de l'équateur (approximativement entre Stanleyville et Lulonga), le fleuve montre un régime à deux crues maximales bien marquées et sensiblement de même amplitude, en relation avec les deux paroxysmes de pluviosité post-équinoxiaux. Plus en aval (de Coquilhatville à Lukolela), la hauteur de la crue d'automne dépasse notablement celle qu'on enregistre au printemps: l'Ubangi qui y déverse ses eaux est principalement soumis à un climat tropical nord et altère particulièrement le régime équatorial que le Congo montre plus en amont.

Dans le bassin du Lualaba, l'effet du climat tropical se manifeste davantage encore: on n'observe plus qu'une seule crue annuelle. M. PARDÉ [262] souligne le caractère intermédiaire de ce régime quand il écrit:

(10) F. BULTOT [44] divise le bassin congolais en huit secteurs hydrographiques et traite notamment, dans son étude, des relations entre les régimes hydrologiques et pluviométriques moyens annuels qui se montrent particulièrement concordantes dans trois secteurs (Kwango-Kasai, Cuvette centrale et nord).

L'hydrologie (du Congo) ne ressort pas du régime équatorial pur; elle marque plutôt un régime tropical sud dont le maximum estival se dédouble en deux pointes rapprochées à l'approche de l'équateur, l'une au début du printemps (11), l'autre à la fin de l'automne.

Nous ne saurions mieux faire que de transcrire in extenso le paragraphe que cet auteur consacre au régime du grand fleuve congolais.

Le Congo, depuis les abords de ses sources jusqu'à sa fin, présente deux périodes de hautes eaux et deux autres de débit moindre, selon le rythme des pluies équatoriales. Ceci paraît assez simple; en réalité, le fleuve obéit à une hydrologie très complexe et changeante qu'explique son tracé, celui de ses affluents et la situation de son bassin. L'équateur sépare la surface réceptrice en deux parties inégales; la plus considérable est dans l'hémisphère sud où s'étendent le haut Congo (Lualaba) et le principal tributaire, le Kasai. En se rapprochant de l'équateur, ces cours d'eau entrent dans la région des pluies continues avec deux maximums, au printemps et en automne. Du côté septentrional, viennent la Sangha et surtout l'Oubangi, soumis aux excès pluvieux du tropique nord en été et au début de l'automne. Le Congo lui-même, dans sa vaste boucle convexe vers le nord, coupe deux fois l'équateur, ce qui influe sur son alimentation directe; et c'est dans son cours inférieur qu'il reçoit à peu de distance l'Oubangi, puis le Kasai, celui-ci presque l'antithèse de celui-là.

Dans le bassin supérieur, les branches appelées Loualaba, Louvova et Loukougua doivent avoir leurs plus gros débits en février et en mars (été tropical austral) et leurs plus bas en octobre et novembre (printemps). A Stanleyville, sous l'équateur, le régime a évolué dans le sens équatorial, avec pointe en décembre et maximum un peu plus fort en avril-mai; plus basses eaux en juillet-août (hiver austral). A Lukolela, le régime est très modifié par l'Oubangi dont l'apogée vient en octobre et par les pluies que le fleuve a reçues le long de sa courbe; le maximum précédent d'avril est passé en mai, par retard de l'écoulement sans doute; tandis qu'en novembre et en décembre ce tributaire roule des débits décroissants, mais encore gros, le maximum de décembre a pris un avantage éclatant sur celui de mai (3,85 m contre 2,23 m); l'étiage de juillet, renforcé par les eaux déjà assez abondantes de la région tropicale nord, l'emporte sensiblement sur celui de mars. En somme l'influence de l'hémisphère N est ici très marquée.

Le réseau, particulièrement dense pour l'Afrique, de stations limnimétriques congolaises fournit des observations journalières

(11) Plutôt vers avril-mai.

qui permettent notamment le calcul de la moyenne annuelle d'oscillation du plan d'eau; Stanleyville, Lukolela et Léopoldville qui sont des points marquants à ce propos, accusent respectivement 2,36 m, 3 m et 3,20 m.

Dans une étude écologique, quelle qu'en soit la portée, la connaissance des fluctuations extrêmes importe davantage que celle des moyennes qui sont

...des entités froides et artificielles parfois trompeuses; au contraire les étiages, de même que les crues, sont des phénomènes réels, vivants [262].

Le *tableau II* résume (d'après E. DEVROEY [103, 105 et 106]), pour différentes périodes, les valeurs maximales de l'oscillation annuelle du plan d'eau (différence entre les basses eaux et les hautes eaux) et les amplitudes extrêmes enregistrées dans les principales stations limnimétriques du Congo supérieur et moyen.

Avant de commenter succinctement les chiffres de ce tableau, quelques remarques doivent être faites.

1. Nous avons principalement retenu les observations portant sur les 10 ou 20 dernières années, périodes durant lesquelles les lectures connurent peu de discontinuité et furent soumises à un contrôle mieux assuré. Il n'empêche qu'il serait osé de prétendre à l'exactitude parfaite de ces chiffres, mais d'un point de vue écologique ces valeurs nous paraissent satisfaisantes.

2. On notera ensuite que les lectures à l'échelle limnimétrique se faisant à heures fixes, les valeurs observées ne coïncident pas nécessairement avec les cotes extrêmes réellement atteintes, comme le fait très justement remarquer F. BULTOT [45]. L'étude précitée, à base mathématique, concerne les cotes hydrométriques et les débits maximaux et minimaux; la nôtre, par contre, n'a d'autre prétention que de schématiser grossièrement les fluctuations extrêmes (12) du plan d'eau que connaissent les biotopes des grandes rivières et ceux de leur flat alluvial.

3. Les amplitudes extrêmes enregistrées dans deux stations limnimétriques peuvent être comparées aux données mathématiques estimées par F. BULTOT [45].

(12) Ce sont évidemment les niveaux extrêmes qui intéressent particulièrement l'écologiste et l'agronome. Soulignons à ce propos que, fin 1961, le Congo a connu sa « crue millénaire »; à Léopoldville, les eaux s'élevaient à plus d'un mètre au-dessus du niveau maximal enregistré en 1908 et le débit du fleuve a dépassé 75.000 m³/s [217].

Station	Amplitudes extrêmes (m)				Amplitude maximale
	en 10 ans		en 20 ans		
	Max.	Min.	Max.	Min.	
Bumba	3,67	1,91	3,67	1,74	4,76 (en 47 ans)
Coquilhatville	3,79	2,80	3,79	2,52	4,95 (en 44 ans)

TABLEAU II. — Valeurs maximales de l'oscillation annuelle du plan d'

Stations limnimétriques	Distance à partir de Léopoldville (en km)	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948
(Kindu)	± 2100	3,70	3,28	2,67	2,90	1,71	2,88	2,00	3,18	2,93	2,71
1. Stanleyville	1734	4,10	3,84	4,59	3,50	2,50	4,00	3,39	4,20	4,70	3,61
2. Ile Bertha	1699	4,14		4,64	3,46	2,40	4,39	3,81	4,07	4,59	2,91
3. Yangambi-Lokele	1644										
4. Isangi	1618	2,94		4,10	3,10	1,90	3,24	3,17	3,31	3,81	2,71
5. Barumbu (1)	1512										
6. Bumba	1337	2,55	2,22	3,27	2,08	1,74	2,51		3,15	2,30	2,01
7. Lisala	1220	2,75	1,66	3,49	2,47	1,62		2,32	2,73	2,45	2,11
8. Mobindo	1103										
9. Mobeka	1007										
10. Nouvelle-Anvers	918										
11. Lulonga	769										
12. Coquilhatville (2)	700	3,17	2,52	3,60		2,70	3,09	3,17	3,75	2,85	2,51
13. Irebu	601,5										
14. Gombe	580	3,25	2,36	3,47		3,15	2,94	3,79	4,01	2,51	3,21
15. Lukolela	515,5	3,55		3,44	2,66	3,71	3,08	3,62	4,06	2,82	3,41
(Léopoldville)	0	4,33	3,74	3,32	3,40	2,96	3,88	3,81	4,60	3,00	3,51

(1) La station limnimétrique de Basoko est située sur l'Aruwimi, un peu en amont de son embouchure; elle intéresse moins le régime du Congo que celui de l'Aruwimi.

(2) Les deux crues les plus importantes auraient été celles de 1909 (4,40 m) et de 1961 (6 m).

(3) Les chiffres entre () correspondent au nombre d'années de la période.

Pour ces mêmes stations, les estimations de F. BULTOT fournissent les chiffres suivants:

Station	Cote hydrométrique dépassée une fois en				Cote extrême observée
	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans	
Bumba	3,41	3,75	3,98	4,20	3,81
Coquilhatville	4,05	4,34	4,55	4,74	4,37

et amplitudes extrêmes pour quelques stations limnimétriques du fleuve (en m)

1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	Amplitudes extrêmes				Amplitude maximale
										En 10 ans (1949-58)		En 20 ans (1939-58)		
										Max.	Min.	Max.	Min.	
55	2,72	3,07	3,51	2,75	2,43	2,55	3,09	4,20	2,39	4,20	2,43	4,20	1,71	6,40(47) ⁽³⁾
66	3,15	4,18	3,54	4,78	3,78	3,32	3,82	4,39	3,42	4,78	2,66	4,78	2,50	6,40(52)
44	3,25	5,41	3,59	4,85	3,59	3,88	3,77	4,54	3,31	5,41	3,31	5,41	2,98	6,16(27)
03	2,22	4,38	2,75	3,17	2,55	2,97	2,95	3,51	2,59	4,38	2,03			
79	2,46	4,83	3,02	3,85	2,79	3,11	3,05	3,63	3,18	4,83	2,46	4,83	1,90	5,21(27)
			2,16	2,70	2,74	2,57	2,37	2,73	2,22					4,24(19)
03	2,52	3,67	2,00	2,71	1,91	2,56	2,33	2,41	2,27	3,67	1,91	3,67	1,74	4,76(47)
88	2,08	2,87	1,76	2,38	1,70	2,32	2,11	2,18	2,11	2,87	2,70	3,49	1,62	
	1,83	2,81	1,72	1,91	1,42	2,00	1,86	1,91	1,99	2,81	1,42			2,95(10)
		2,94		1,90	1,70	1,94	2,06	1,99	2,12					3,07(10)
				2,17	1,82	2,27	2,29	2,23	2,33					2,95(10)
09		3,54	2,82	2,41	3,16	2,20	2,52	2,30	2,55	3,54	2,09			3,94(27)
83	3,38	3,79	3,59	2,56	2,89	2,78	2,80	2,92	3,35	3,79	2,80	3,79	2,52	4,95(44)
				2,94	3,12	3,22	2,87	2,91	2,99					
46	3,81	3,61	3,05	2,67	3,29	3,14	2,97	3,04	2,98	3,51	2,67	4,01	2,36	4,28(27)
27	4,12	3,63	3,15	2,84	3,54	3,22	3,39	3,03	2,89	4,12	2,84	4,12	2,66	4,91(44)
63	4,07	5,32	3,76	3,84	3,62	3,75	3,28	3,13	3,81	5,32	3,13	5,32	2,96	5,19(34)

Ces réserves étant admises, passons à l'examen des données du *tableau II*. Sur le parcours Stanleyville- Lukolela, on peut reconnaître quatre tronçons assez bien contrastés mais dont les limites restent évidemment assez floues:

Limites approximatives	Amplitudes annuelles	Amplitudes extrêmes
1 - Stanleyville-Isangi	2 m à 5,40 m (en 20 ans)	6,40 à Stan en 5 ans 6,16 m à Ile Bertha en 27 ans 5,21 m à Isangi en 27 ans
2 - Aval Isangi-Lisala	1,70 m à 3,65 m (en 20 ans)	4,24 m à Barumbu en 19 ans 4,76 m à Bumba en 47 ans
3 - Aval Lisala-Aval Nouvelle-Anvers	1,45 m à 3 m (en 10 ans)	
4 - Lulonga-Lukolela	2,10 m à 4 m (en 20 ans)	3,94 m à Lulonga en 27 ans 4,95 m à Coq en 44 ans 4,28 m à Gombe en 27 ans 4,91 m à Lukolela en 44 ans

A mesure que l'on gagne vers le centre de la Cuvette, on constate donc une atténuation progressive de l'importance des crues: l'aplatissement de la hauteur d'eau est très sensible depuis Barumbu jusqu'en aval de Nouvelle-Anvers. Mais, à partir de Lulonga et jusqu'à Lukolela, on enregistre dans ce tronçon des maximums plus élevés que dans le bief d'amont: ce fait est à mettre en rapport avec la situation géographique des bassins des deux affluents majeurs, la Ruki (Tshuapa) et l'Ubangi, qui drainent dans leur cours supérieur des contrées à climat subéquatorial et même tropical.

Sous l'angle écologique comme sous l'angle agronomique (durée des assecs des terres périodiquement inondées), les basses eaux méritent également considération. Pour juger approximativement de leur durée tout au long du trajet considéré (Stanleyville-Lukolela), nous avons utilisé les données de l'année 1958, fournies par les 15 stations limnimétriques principales réparties sur ces quelque 1 734 km de rives.

L'hydrogramme de chacune de ces stations a été divisé en trois temps partiels (basses, moyennes et hautes eaux) en adoptant la convention suivante proposée par J. DAGET [77]:

a) Les basses eaux répondent à la partie du diagramme comprise entre les deux niveaux: étiage et étiage plus un quart de l'amplitude annuelle;

b) Les hautes eaux correspondent à la zone limitée par les deux niveaux: pointe de crue et pointe de crue moins un quart de l'amplitude annuelle;

c) Les moyennes eaux occupent évidemment la partie restante du diagramme.

Appliquée aux 15 stations de la Cuvette et à celles de Kindu et de Léopoldville, cette convention a donné la répartition temporelle ci-après:

TABLEAU III. — Durée des basses eaux (B.E.), des eaux moyennes (M.E.) et des hautes eaux (H.E.) durant l'année 1958

Localité	km depuis Léopoldville	Nombre de jours		
		B.E.	M.E.	H.E.
(Kindu)	± 2 100	136	118	111
1. Stanleyville	1 734	128	206	31
2. Ile Bertha	1 698	130	205	30
3. Yangambi	1 644	131	204	30
4. Isangi	1 618	63	265	37
5. Barumbu	1 512	138	208	19
6. Bumba	1 337	224	123	18
7. Lisala	1 220	230	122	12
8. Mombindo	1 103	155	191	19
9. Mobeka	1 007	178	169	18
10. Nouvelle-Anvers	919	161	180	24
11. Lulonga	770	172	167	26
12. Coquilhatville	700	120	213	32
13. Irebu	602	186	144	35
14. Gombe	580	150	139	76
15. Lukolela	514	152	148	65
(Léopoldville-Est)	0	116	215	34

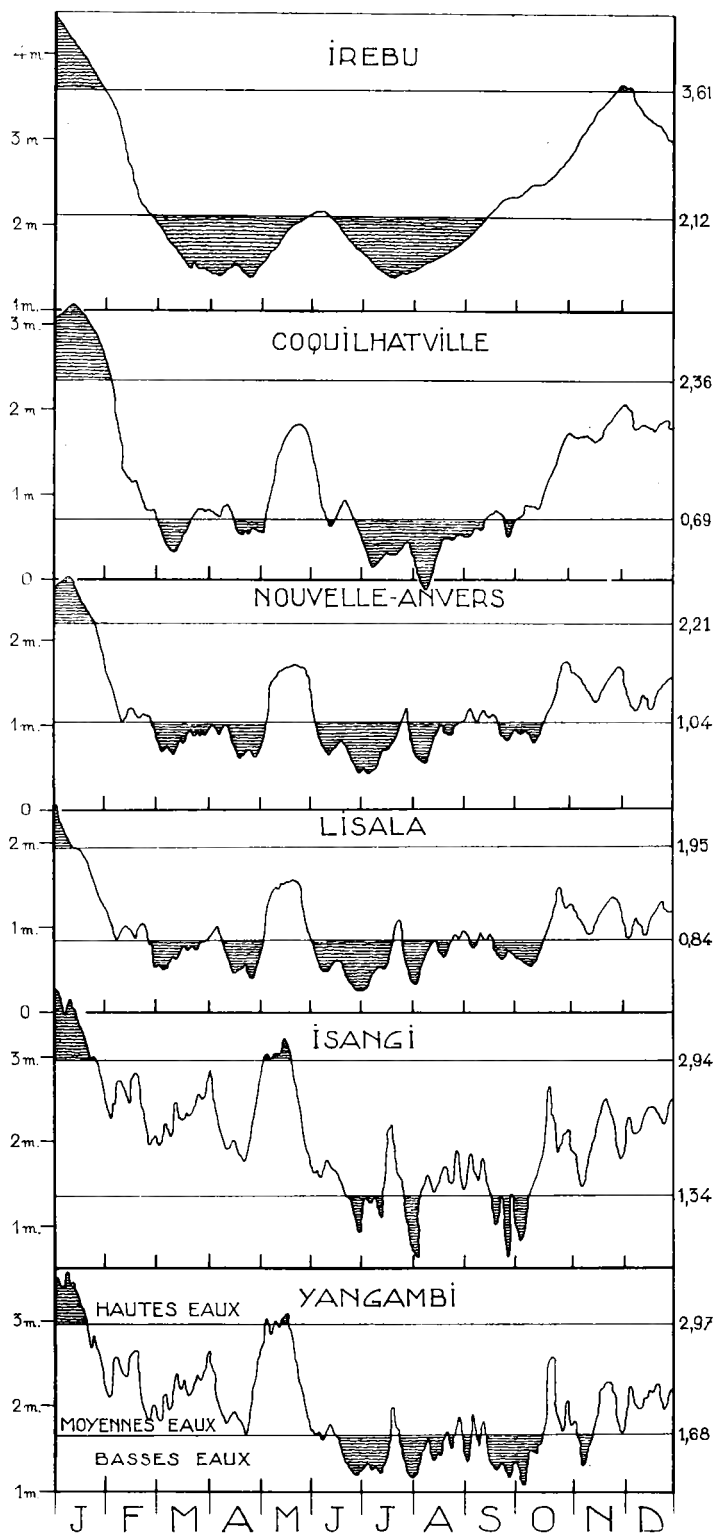


FIG. 2. — Fleuve Congo. Allure des hydrogrammes pour l'année 1958.

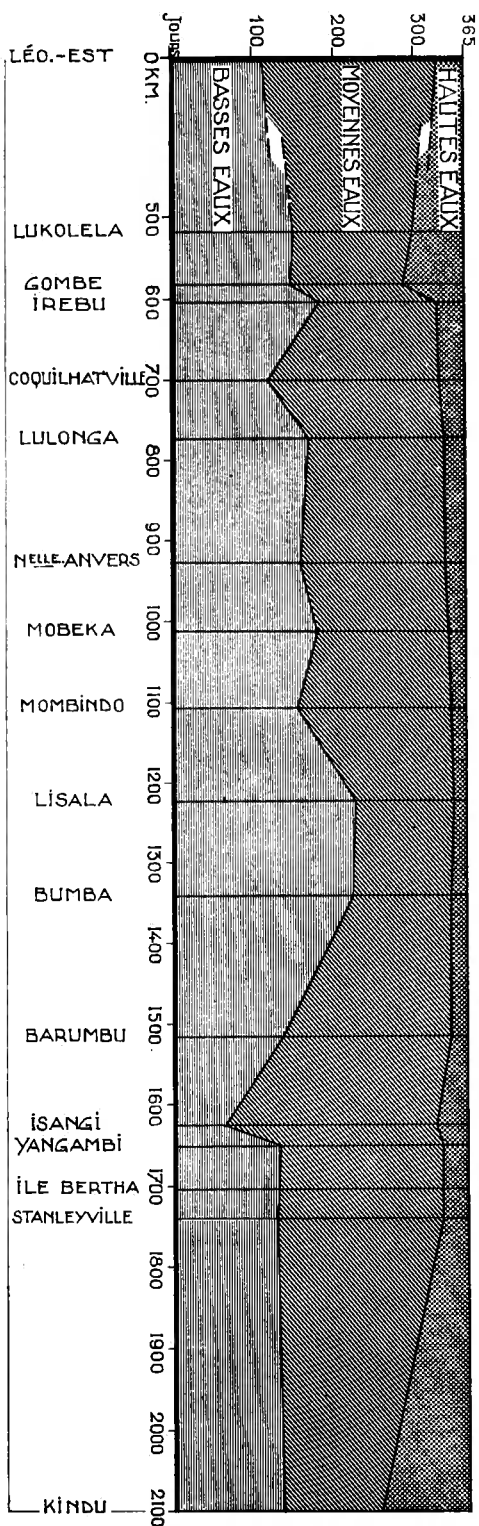


FIG. 3. — Fleuve Congo. Durée des hautes, moyennes et basses eaux pour l'année 1958.

La *figure 2* ne reprend que les hydrogrammes (13) de six stations choisies parmi les plus représentatives.

La mise en graphique des résultats du *tableau III* les rend plus saisissants encore: l'image obtenue (*fig. 3*) met en évidence quelques faits intéressants qu'il convient de souligner ici.

a) A Isangi, l'effet régulateur du Lomami est particulièrement marqué sur la durée des moyennes eaux; les formations riveraines et insulaires connaissent des périodes d'inondation beaucoup plus longues que celles qui se situent plus en amont. Ce changement des conditions écologiques se traduit d'ailleurs par une modification profonde dans la composition floristique des groupements forestiers sur sols hydromorphes: la région d'Isangi constitue la limite la plus orientale du district du bassin du Congo (Secteur Forestier Central) essentiellement caractérisé par la prédominance des forêts marécageuses ou périodiquement inondées.

b) En aval de cette région, l'élargissement marqué de la vallée du Congo lui permet d'absorber des apports d'eau considérables sans accuser de fluctuations excessives du plan d'eau; la durée des basses eaux reste importante; toutefois, en raison de la faible déclivité des plaines alluviales riveraines, une élévation de quelques centimètres du plan d'eau suffit à provoquer une inondation de milliers d'ha supplémentaires.

c) La zone de durée maximale de basses eaux correspond évidemment à la région où la vallée du Congo est le plus large (Lisala-Bumba).

d) A partir de Mombindo et jusqu'à Lulonga, la durée des basses eaux diminue et reste sensiblement égale tout au long de ce bief: dans cette partie de la boucle, les apports en provenance du nord et du sud s'équilibrent.

e) A Coquilhatville, le déversement de la Ruki et de l'Ikelemba, rivières originaires de l'hémisphère sud, accentue cette régression de la durée des basses eaux.

(13) Si l'on applique à ces hydrogrammes la notion de « temps de base » utilisée pour les averses, on peut dire que les biefs à régime bimodal ont deux temps de base inégaux tandis que ceux qui ne comportent qu'un unique régime ont un temps de base unique dont la durée est évidemment de 365 jours.

On trouve dans « *Eléments d'hydrologie appliquée* » de G. REMINIERAS [271] des considérations autrement précises sur ces notions. On ne saurait trop recommander aux naturalistes du terrain non initiés à l'hydrologie, la lecture de ce petit ouvrage très clair et très concis.

f) A Irebu, l'Ubangi arrive à point nommé pour compenser la décrue des rivières venant du sud: en effet, il entre en crue durant les périodes de moyennes eaux et d'étiage de ces rivières. Ce déphasage entre les pourvoyeurs des deux hémisphères est responsable ici d'un accroissement de la durée des hautes eaux (32 jours à Coquilhatville pour 76 à Gombe). Cet effet se fait sentir jusqu'à Lukolela, limite ouest de la Cuvette.

Au total, ce diagramme fournit donc une image assez fidèle des conditions écologiques offertes aux groupements dans ces différents biefs.

2) *Les principaux tributaires du Congo dans la Cuvette*

Durant leur course dans la Cuvette, les affluents du Congo sont essentiellement des rivières de plaine alluviale c'est-à-dire à pente faible et dont les eaux divaguent au niveau du sol.

La Lomami, comme les rivières de l'hémisphère sud, connaît une période d'étiage entre juillet et septembre.

L'Aruwimi et *l'Itimbiri*, en provenance du nord-est, montrent un régime inverse de celui de la Lomami, les basses eaux se produisent en février-mars; la *Mongala* partage également ce régime.

La *Lulonga* et la *Ruki* qui drainent principalement des territoires à climat équatorial, possèdent un régime à deux périodes équinoxiales de basses eaux alternant avec deux périodes solsticiales de hautes eaux, sensiblement de même amplitude.

Le système *Ruki-Busira-Tshuapa* connaît également un régime équatorial et accuse un débit relativement important. Les oscillations enregistrées dans trois stations de cet axe fluvial figurent au *tableau IV*. Rappelons que les surfaces drainées d'amont en aval, sont respectivement:

A Ikela (Tshuapa)	25 150 km ² ;
A Boende (Tshuapa)	44 450 km ² ;
A Ingende (Busira)	166 590 km ² ;
A Coquilhatville (Ruki)	173 790 km ² .

L'Ikelemba qui débouche à quelques kilomètres en aval du confluent de la Ruki n'a qu'un bassin d'étendue fort modeste (12 510 km²), entièrement soumis au climat équatorial.

L'*Ubangi*, par l'importance de son bassin et son régime à une seule crue mérite d'être plus amplement considéré.

Hormis un petit tronçon de 70 km au sud de l'équateur, cet important tributaire du Congo, accomplit tout son cours (2 300 km) dans l'hémisphère nord. Son bassin connaît de ce fait, un climat subéquatorial et tropical qui présente un maximum de pluviosité durant la période de mai à octobre et, particulièrement dans son cours supérieur, une saison sèche généralement limitée aux mois de janvier et de février.

La superficie de son bassin versant est de 684 630 km² à Libenge et de 772 830 km² un peu en amont de son embouchure.

On doit aux hydrographes français, et plus particulièrement à J. YAYER [359], l'étude des caractéristiques fluviales de ce puissant affluent du Congo. Nous nous limiterons à l'examen de son trajet dans la Cuvette.

Selon J. YAYER, son cours inférieur montre des biefs marécageux jusqu'aux environs de Dongo (à 445 km de son embouchure). Son lit n'est qu'un lacs de chenaux s'anastomosant et serpentant parmi d'innombrables îles et des bancs de sable; la largeur totale de ses bras atteint 2 à 3 km, celle de la rivière s'élève au double. Les berges se réduisent à des bourrelets alluvionnaires que les hautes eaux franchissent aisément. En période de crue, de vastes expansions lacustres, bien souvent en contrebas des seuils sableux du lit, s'étendent sur une largeur de plus de 100 km; elles emmagasinaient environ 100 milliards de m³. A la décrue des affluents de l'hémisphère sud, un tel réservoir régularise efficacement le débit du Congo. La crue de l'*Ubangi* est très régulière:

Tous les ans à la même époque, on retrouve les mêmes lectures aux échelles, à quelques décimètres près. L'amplitude est à peu près la même tout le long (de son cours).

Par contre, sa décrue est plus accélérée:

La baisse des eaux est très rapide et se produit entre le 15 novembre et le 15 février, elle est en moyenne de 4 m.

Le *tableau IV* reprend notamment les données de 4 stations limnimétriques des cours inférieur et moyen de l'*Ubangi*; en fait, des différences assez sensibles s'observent d'une année à l'autre

et la variation du plan d'eau va de 4 à 6 m. P. VENNETIER [344] constate également que:

Les relevés récents font apparaître une plus grande rapidité et une plus grande précocité de la décrue par rapport aux anciennes périodes. Il en résulte deux conséquences sérieuses pour la navigation: d'une part l'autodragage des chenaux est moins accentué pendant la baisse des eaux; d'autre part, l'Oubangi est désormais en pleine décrue bien avant le Congo dont les eaux refoulent dans l'affluent sur 200 à 300 km, créant un obstacle qui favorise l'ensablement en diminuant la puissance de transport. Ce phénomène a été mis en liaison avec le trop grand déboisement des régions (d'amont), le long du M'Bomou notamment: la savane a remplacé la forêt et le ruissellement s'accroît sur les pentes dénudées.

J. YAYER [359] souligne également le fait que l'Ubangi inférieur n'est pas méandrique mais que son lit, au contraire, présente « de grandes étendues rectilignes ». Cette particularité, comme nous le verrons plus loin, est en relation avec l'importance du débit solide.

L'instabilité du lit de l'Ubangi à des époques géologiques antérieures semble démontrée par l'existence de lits fossiles. A ce propos, J. YAYER écrit:

Il semble que ce soit la forêt qui mette un frein aux déplacements du lit (...). Les îles que l'on déboise pour y faire des cultures disparaissent en quelques années. Presque partout où l'on a débroussé (les rives) (...) la berge a reculé. Des bornes repères placées à 4 m du bord, au fond d'une niche creusée dans la verdure, ont fini par s'effondrer au bout de quelques mois; le seul fait de retirer les arbres tombés qui gênent la navigation, entraîne presque toujours l'érosion de la berge dégagée.

C'est par une embouchure de 12 km de large qu'il se déverse dans le Congo à Irebu; il y débouche en formant un delta intérieur ou mieux un cône alluvial (14) d'environ 15 km de large.

(14) Rappelons que le delta est un appareil essentiellement littoral et présente entre autres caractéristiques: un front de dépôt qui se termine en abrupt, des couches qui peuvent être inclinées de 30° à 40° et comporter quelques éléments marins mélangés aux matériaux fluviaux. Les dépôts d'un cône alluvial sont évidemment de nature fluviale et les couches subhorizontales présentent une stratification croisée. Comparables sous certains rapports, ces deux formes d'accumulation traduisent néanmoins des différences structurales et génétiques évidentes [218]. Ces cônes alluviaux sont souvent appelés pseudo-deltas ou deltas intérieurs.

TABLEAU IV. — Valeurs maximales (en m) de l'oscillation annuelle du plan d'eau et amplitudes extrêmes pour quelques stations limnimétriques de l'Ubangi et de l'axe fluvial de la Ruki-Busira-Tshuapa

1	Stations limnimétriques	Distance de l'embouchure (km)	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949
2	UBANGI Lulonga (en aval de la Ngiri)	116											5,20
3	Dongo	356	5,69	5,17			5,52	4,88	6,36	6,42	5,40	6,34	
4	Libenge (1)	569	5,26	4,76	5,32	5,52	4,52	3,98	5,80	6,01	5,26	6,43	5,96
5	Bangui	660											
6	RUKI-BUSIRA-TSHUAPA Eala	7											
7	Ingende	101			3,55	3,45		3,15	3,95	4,55	2,98	3,56	2,75
8	Boende		3,53	2,50	2,70				2,75	3,40	2,50	3,80	2,70
9	Ikela (1)	555	2,35	2,40	1,95	1,20	2,00	1,85	1,95	4,00	4,55	2,44	2,93

(1) De 1937 à 1949, on ne dispose que d'observations faites le 1 et le 15 de chaque mois.

TABLEAU IV. — Suite

	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	Amplitudes extrêmes				Amplitude maximale (en ... ans)
										en 10 ans (1949-1958)		en 20 ans (1939-1958)		
										max.	min.	min.	max.	
1														
2		4,70	4,58		4,91	5,24	4,50	4,23	4,50	5,24	4,23			7,10 (24) 7,77 (50)
3				4,58	5,45	6,07	5,12	4,95	4,20	± 6,07	± 4,20	± 6,36	± 4,88	
4	6,16	5,88		4,36	5,33	5,88	4,97	4,63	5,21	± 6,16	± 4,63	6,43	3,98	
5	7,02		6,06	5,34	6,15	6,82	5,76	4,71	6,19	± 7,02	± 4,71			9,22 (43)
6					2,99	2,79	3,10	3,01	3,42					
7		3,20		2,89	4,03	3,68	3,68	3,16	4,09					
8	3,95	3,29	2,44	2,83	3,32	2,75	2,55	2,10	3,42					
9	3,10	2,50	2,10	3,20	3,26	3,05	2,66	2,25	2,36					

B. *La pente et la vitesse*

On sait que la pente varie en raison directe de la résistance du lit et en raison inverse du débit moyen du cours d'eau.

Nous avons déjà souligné la faible déclivité du profil en long des rivières équatoriales dont le cours n'est en fait qu'une succession de biefs à pente quasiment nulle, correspondant à un modelé en cuvettes qui se déversent l'une dans l'autre.

Une grande imprécision règne dans l'estimation des pentes des différents biefs du Congo; les échelles de crues n'étant pas rattachées à un repère commun, les données qu'elles fournissent ne permettent pas le calcul de la pente.

Sur la base de mesures altimétriques effectuées par L. HERMANS [168], données malheureusement sujettes à caution (dérèglement du baromètre lors des mesures en Cuvette), E. DEVROEY [101] écrit:

Les pentes seraient: Stanleyville-Isangi, 17,2 cm/km; Isangi-Basoko, 10,2 cm/km; Basoko-Bumba, 11 cm/km. Par contre, Bumba-Tshimbiri (en aval de Lukolela) n'aurait plus que 2,9 cm/km, ce qui paraît faible.

Pour le tronçon Stanleyville-Léopoldville (1 734 km), M. ROBERT [274] admet une pente de 6,6 cm/km, tandis que R. FURON [142], l'estime à 3 cm par km (15).

Le Congo, sur ce dernier trajet au moins, obéit donc à la règle des grands cours d'eau [262]: sa pente diminue progressivement de l'amont vers l'aval et sa vallée s'élargit également dans le même sens.

Dans la Cuvette centrale, les vitesses du courant n'ont guère fait l'objet d'observations systématiques. On sait que le long des rives, la vitesse est toujours plus faible que dans le talweg: les pagayeurs congolais ne l'ignorent pas et longent les berges à la montée tandis qu'ils empruntent l'axe du lit ordinaire à la descente. Dans les rivières fortement méandriques, les courbures

(15) Les plaines alluviales de niveau de base auraient des pentes inférieures à 20 cm par km [273].

et les cisaillures des rives sont principalement la cause d'une répartition non uniforme de la vitesse.

Une vitesse de 3 km/h paraît être une moyenne pour les eaux du talweg en période de crues; on a cependant enregistré des valeurs beaucoup plus élevées allant jusqu'à 9 km/h (île Bertha à 35 km en aval de Stanleyville) aux hautes eaux. Le long des rives, le courant ne dépasse pas 1 km/h [25] tandis qu'aux zones de confluence, par suite des contre-courants créés par la rencontre des eaux, ainsi que dans les barrières d'*Eichhornia crassipes* et les prairies aquatiques en général, la vitesse est quasi nulle.

Pour l'Ubangi dont la pente moyenne ne dépasserait pas 4 cm par km, la vitesse en surface, dans le chenal principal, serait de 100 km par jour soit 4 km/h [359].

Dans certains affluents plus modestes, la Moeka notamment, à quelques km en amont de leur embouchure, on peut enregistrer des vitesses de 5 à 8 km/h [25].

Il nous reste à dire un mot de la violence des crues et de la vitesse de propagation de l'onde de crue.

Le caractère brutal de la montée des eaux dans les rivières de l'Afrique noire et des régions intertropicales en général est une opinion largement répandue. M. PARDÉ [263] dans une étude fort circonstanciée, souligne le caractère fallacieux de cette assertion.

Le Congo ne souffre pas de crues soudaines et importantes du fait de l'étendue de son bassin versant, de son ravitaillement bien balancé dans les deux hémisphères et de l'exiguïté de son bassin propre dans la Cuvette; rappelons que ce dernier, entre Stanleyville et Kwamouth, ne dépasse pas 208 000 km² tandis que son bassin global est de l'ordre de 3 882 000 km².

Ces conditions privilégiées lui valent des « temps de concentration » de l'ordre de plusieurs jours; la « crête » des crues dessine un palier et non une pointe. Il se marque évidemment, sur un si long trajet, un certain décalage dans la réaction de montée des eaux du fleuve par rapport à celle enregistrée dans

les biefs supérieurs et moyens de ses grands tributaires. Ce « délai de réaction » dans un secteur du bassin considéré est ce qu'on appelle le « temps de réponse » [271].

La vitesse de propagation de l'onde de crue n'a guère fait l'objet de mesures à notre connaissance du moins. Tout ce que l'on sait à ce propos c'est que la translation s'accélère à mesure que la crue augmente et tant que la rivière n'envahit pas ses rives. Dès que débute l'inondation des berges, la propagation de l'onde de crue se ralentit en fonction de l'étalement des eaux dans le flat alluvionnaire. Ainsi, pour l'Ubangi, elle égalerait la vitesse de l'eau en surface (4 km/h) mais serait réduite environ de moitié aux très hautes eaux [359].

On peut donc dire que durant la période de submersion des rives, le débit des rivières de la Cuvette tend à s'aplatir vers l'aval: ce qui retarde la propagation des crues.

Au total, la propagation de la crue dans nos cours d'eau est en général assez lente. Un abondant réseau de chenaux, d'effluents et de défluent assure la pénétration et l'étalement des eaux dans les plaines alluviales et les dépressions lacustres qui jouent, comme on le sait, un rôle régulateur important sur le débit; en même temps cependant, on enregistre un maximum assez sensible de la pointe des crues.

Pour conclure, nous dirons que le caractère « indolent » du fleuve représente un avantage non négligeable lorsqu'il s'agit d'élever des ouvrages d'art qui doivent être calculés en fonction notamment de la violence des crues.

C. Le débit

Comme c'est le cas pour tous les grands fleuves, le débit du Congo s'accroît d'amont en aval. Le volume de ses eaux s'enfle surtout le long de son cours moyen: c'est ici en effet qu'il reçoit d'importants tributaires en même temps qu'il bénéficie de précipitations abondantes dans son bassin direct.

Nous ne ferons allusion à ce facteur de régime que pour être en mesure d'évaluer ultérieurement la charge de matériaux transportés.

1. *Le Congo*

Le débit moyen annuel du fleuve, dans sa traversée de la Cuvette, n'est guère connu avec précision. Des jaugeages ont donné comme valeur du débit:

- à Stanleyville: 4 740, 6 842, 7 616 m³/s;
- à Isangi: 5 000 m³/s (moyenne annuelle).

En aval de la Cuvette, le débit moyen annuel est de l'ordre de 30 000 m³/s, à Léopoldville; à son embouchure (Banane), il serait de 40 000 m³/s avec des extrêmes de 23 000 et de 75 000 m³/s (16), un débit aux basses eaux (juillet) de 30 000 m³/s et aux hautes eaux (décembre) de 60 000 m³/s [331].

F. BULTOT [45] fournit des chiffres plus précis obtenus par calcul; nous les reproduisons ci-dessous.

Station	Débit						Lame d'eau équivalente (en mm)
	en m³/s			en l/s/km²			
	moyen annuel	min.	max.	moyen annuel	min.	max.	
Kindu (1933-1957)	2280	1220	3584	2,8	1,5	4,4	88
Léopoldville-Est	39160	30732	55593	10,5	8,2	14,3	331

2. *Les principaux tributaires du Congo dans la Cuvette*

Quelques données glanées dans les recueils hydrographiques sont reprises ci-après; la grande disparité de certaines d'entre elles est en rapport avec l'époque des jaugeages.

M. PARDÉ [262] souligne la faiblesse du module spécifique (moyenne annuelle de tous les débits) des « monstrueux fleuves équatoriaux ». A propos du Congo et de l'Amazonie, il écrit:

A cause des températures élevées et de l'épaisse végétation forestière, (les modules spécifiques) sont relativement médiocres: à peu

(16) Fin 1961, ce débit de 75 000 m³ a été dépassé.

près les 2/5 des valeurs qu'ils atteindraient sous les climats tempérés pour des chutes d'eau identiques. Le Congo débite 11 l/s/km², l'Amazone 16,5 à 20.

Rivières	Station de jaugeage	Débit (m ³ /s)
Lindi	Embouchure	428 à 710
Tshopo	Stanleyville	474
Lomami	Opala	1 030
Aruwimi	Banalia	420 à 1 665
Id.	Yambuya	1 290
Itimbiri	Aketi	146 à 673
Mongala	Akula	460 à 1 007
Lulonga	Losembo	1 045 à 1 899
Tshuapa	Boende	1 348
Busira	Ingende	3 426 à 4 859

D. *La charge*

Parmi les composantes de la puissance développée par un cours d'eau, sa force d'érosion et son pouvoir de transport intéressent, au premier chef, l'écologiste; l'évaluation de ces forces est cependant fort malaisée.

La charge, ou micux le débit solide, d'une rivière est la quantité totale de matériaux qu'entraînent ses eaux. Elle est extrêmement variable dans le temps et dépend avant tout de l'altérabilité des terrains du bassin et de l'intensité de l'érosion qui, étant comme on le sait fonction du climat, se montre particulièrement élevée dans la zone intertropicale. C'est le débit solide qui influence notamment la cote du fond du fleuve et chaque changement de débit entraînera des répercussions dans les conditions du lit.

Empruntons à H. TWENHOFEL [323] et, plus spécialement, à M. DERRUAU [93], quelques considérations générales sur ce paramètre hydraulique.

La charge limite d'un courant est le poids maximal de matériaux qu'il peut transporter. Cette capacité de charge est fonction de la pente, du débit, de la vitesse, de la forme, de la grandeur et du poids spécifique des matières transportées, du rapport

profondeur d'eau/largeur du cours d'eau et du degré de mélange des particules.

Pour une pente constante mais un débit variable, la capacité varie en moyenne proportionnellement à la puissance 3,2 de la vitesse; si le débit est constant mais la pente et partant la vitesse variables, la capacité est en moyenne proportionnelle à la puissance 4 de la vitesse; par contre, si la profondeur est constante mais la pente et le débit variables, la capacité est approximativement proportionnelle à la puissance 3,7 de la vitesse.

Les larges cours d'eau possèdent une capacité plus élevée que les rivières étroites, ceci est probablement dû à une plus grande quantité d'eau en contact avec le lit (section mouillée).

La capacité est également augmentée pour des substances de densité spécifique faible et de forme irrégulière, les irrégularités augmentant la surface et partant la résistance de la particule à précipiter. Enfin, les débris homogènes sont déplacés plus facilement que des matériaux hétérogènes.

Une seconde caractéristique du courant est sa compétence qui n'est autre que la possibilité qu'il a de transporter des matériaux de la dimension maximale compatible avec sa vitesse. On notera à ce sujet que le poids limite de la dimension des matériaux charriés est approximativement proportionnel à la sixième puissance de la vitesse (ou leur calibre, au cube de la vitesse), mais cette formule n'est valable qu'au dessus d'un calibre de 5 m/m environ [93] et ne s'applique donc pas aux rivières de la Cuvette congolaise, sauf exception.

Sans nous étendre davantage sur la charge et la compétence du courant, nous retiendrons que d'une façon générale, dans les rivières équatoriales:

— Les débits solides sont faibles ou nuls à l'étiage puis augmentent avec la montée des eaux et passent par un maximum lors du paroxysme des crues;

— Tout ralentissement du courant (diminution de pente, obstacles, rencontre de deux ondes, etc...) amène le cours d'eau à déposer une partie de sa charge totale, en commençant, théoriquement du moins, par les matériaux les plus lourds et souvent les plus grossiers;

— Les sédiments transportés sont essentiellement des troubles qui se déposent dans le flat alluvial et secondairement des matériaux plus gros (sables) qui atterrissent dans le lit ordinaire.

Quant au mode de transport, disons simplement que le déplacement des matériaux s'opère soit par des processus mécaniques (traction ou saltation-suspension) soit par voie chimique (solution). Tandis que les facteurs du régime, et principalement la vitesse, influencent le transit et le dépôt des matériaux solides, ils sont sans grand effet sur le transport des matières dissoutes.

La charge unitaire c'est-à-dire le poids total de sédiments transportés par m^3 ou par mille kilos de terre et d'eau réunies (turbidité spécifique de PARDE) est utilement rapportée au km^2 de bassin: c'est la dégradation spécifique [262] qui traduit le taux d'érosion de ses terrains.

Parmi les grandes rivières de la Cuvette équatoriale, seule la charge unitaire du fleuve Congo a été considérée jusqu'ici; les valeurs avancées sont assez discordantes comme on le verra ci-après.

Des études assez anciennes fournissent des ordres de grandeur fort divergents. J. CHAVANNE [58] signale avoir trouvé, en période d'eaux moyennes (juin 1885) à Banana, une charge unitaire de matières en suspension de 310 g/m^3 , soit pour le débit moyen qu'il admet ($48\,000 \text{ m}^3/\text{s}$) une charge globale annuelle de matières en suspension de l'ordre de 470.10^6 tonnes.

P. VANDEUREN [333] tablant sur une charge unitaire de matières en suspension de 15 g/m^3 (600 kg/s) calcule que la charge globale annuelle est de l'ordre de 19.10^6 tonnes.

J. VAN MIERLO [337] par contre estime cette même charge unitaire à 12 g/m^3 en période de hautes eaux (fin 1923).

Des mesures plus récentes fournissent des valeurs intermédiaires par rapport aux chiffres repris ci-dessus.

D'après R. SPRONCK [303], la charge globale annuelle de matériaux solides traversant la région divagante du bief maritime serait de 37.10^6 m^3 en volume soit 50.10^6 tonnes en poids dont 3.10^6 tonnes (100 kg/s) pour le charriage et 47.10^6 tonnes ($1\,500 \text{ kg/s}$) pour les matières en suspension.

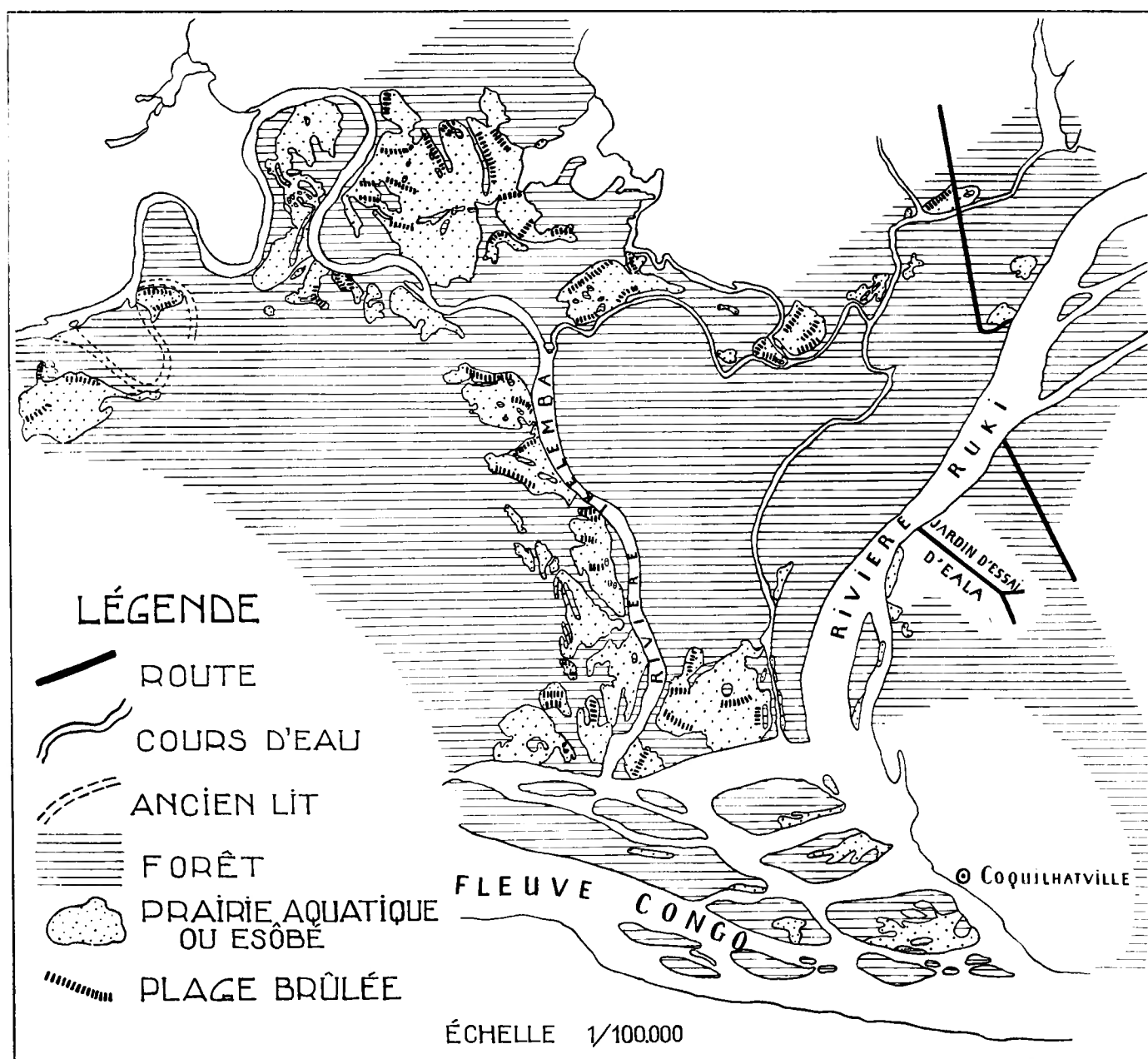


FIG. 4. — Confluent de la Ruki et du Fleuve (à Coquilhatville). Carte de la végétation dressée d'après les photographies aériennes non restituées du levé de 1955.

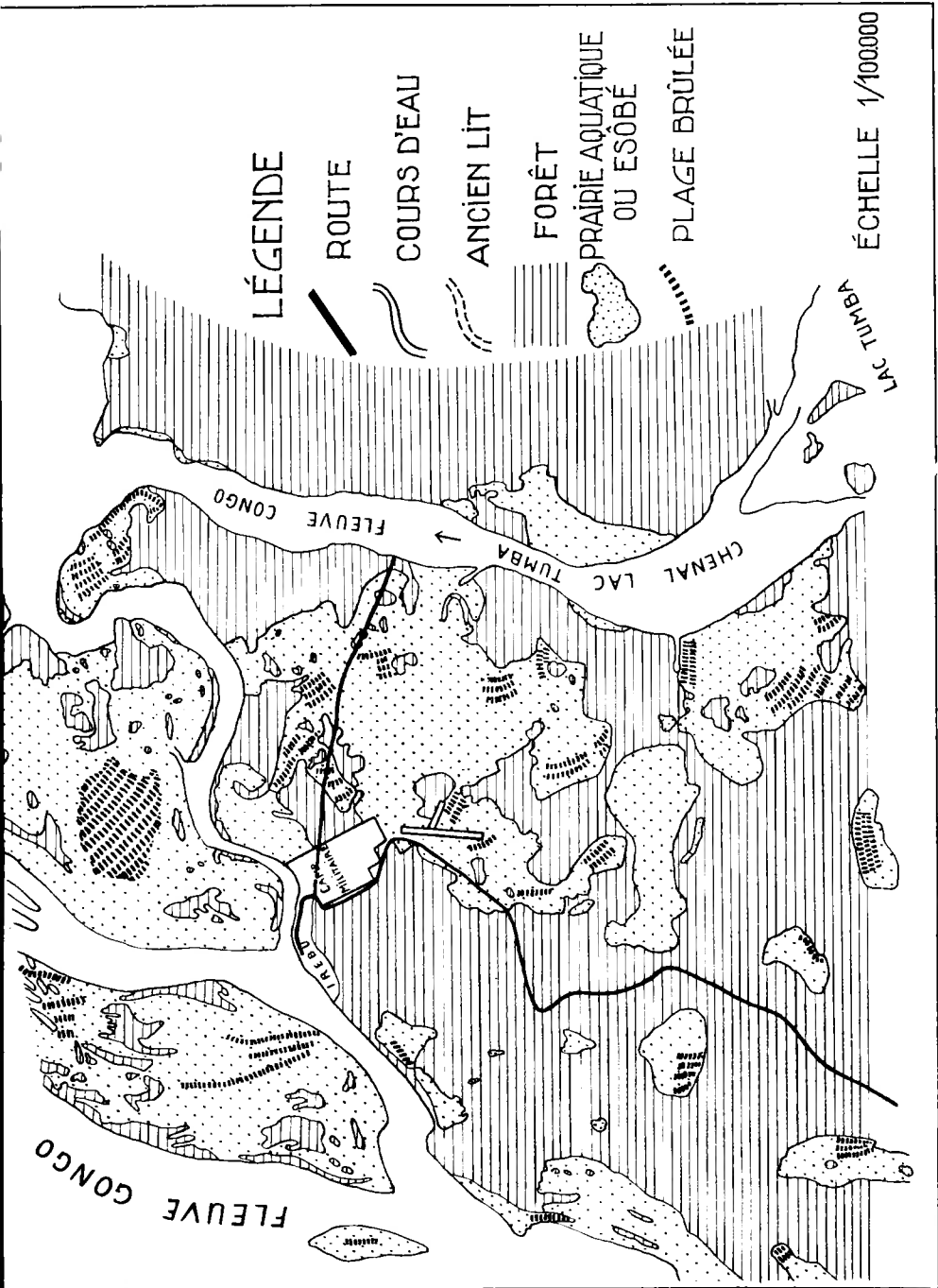


FIG. 5. — Confluent du chenal du Lac Tumba et du Fleuve (à Irebu). Carte de la végétation dressée d'après les photographies aériennes non restituées du levé de 1954.

R. VAN GANSE [335], étudiant les débits solides du fleuve Congo (à Léopoldville, à Inga et en aval de Matadi), distinguent deux catégories nettement différentes dans les matériaux transportés: la fraction « sable » dont le diamètre moyen des particules est de l'ordre de 150 microns et la fraction « limon » dont le diamètre moyen se situe aux environs de 10 microns.

La fraction limoneuse entièrement transportée en suspension montre une concentration indépendante de la profondeur des prélèvements et de l'ordre de 25 g/m^3 . La quantité de limon annuellement véhiculée par le Congo serait ainsi d'environ 30.10^6 tonnes. R. VAN GANSE n'a observé aucun dépôt de limon entre Léopoldville et Katala (à 40 km en aval de Boma), extrémité amont de la fosse maritime de l'estuaire. Dès son entrée dans ce bief, ajoute-t-il, les sédiments limoneux se déposent, par floculation électrolytique au contact des eaux salines, dans la mangrove de l'estuaire; il s'agit principalement de sédiments argileux mélangés à de la silice finement divisée, à des filaments de diatomées, à des flocons d'hydrates ferriques et à des matières organiques.

La fraction sableuse transportée n'a pas été mesurée; elle consiste essentiellement en quartz avec moins de 1 % d'autres minéraux. L'analyse granulométrique d'échantillons prélevés à Léopoldville montre, dans les échantillons du fond, des calibres de 50 à 500 microns avec une prédominance de grains de 100 microns; dans les échantillons de surface et de mi-profondeur, le diamètre des grains est, dans l'ensemble, inférieur à 200 microns. A Boma, des échantillons de dragage accusent des calibres supérieurs (300 microns à 1 mm), ce qui autorise R. VAN GANSE à conclure que ces sables moyens et gros proviennent de biefs accidentés du tronçon Léopoldville-Matadi et que leur mode de transport est essentiellement le charriage. Tablant sur la quantité de sables dragués en aval de Boma, il propose, comme volume annuel de sables transportés par le fleuve, un ordre de grandeur de 3.10^6 m^3 , soit 4.10^6 tonnes.

§ 3. LE BASSIN CONGOLAIS COMPARÉ À D'AUTRES BASSINS DES RÉGIONS CHAUDES

Il serait intéressant à plus d'un titre de comparer les caractéristiques hydrologiques du bassin congolais à celles d'autres bassins tropicaux et subtropicaux, et d'en souligner les analogies comme les dissemblances. Ce serait toutefois sortir du cadre de notre étude, et surtout de notre spécialité, que d'envisager tous les facteurs du régime. Nous nous bornerons à mettre en parallèle les débits et les charges.

F.W. LOCKERMANN, dans une remarquable étude [232], s'est livré au dépouillement et à la critique des données de l'abondante littérature consacrée à l'hydrologie fluviale sous les tropiques et dans le Sud-Est asiatique.

La plupart des estimations figurant dans les rubriques du *tableau V* ne représentent bien entendu que des ordres de grandeur; elles donnent néanmoins une image satisfaisante des conditions hydrologiques prévalant dans les bassins considérés.

La charge de ces cours d'eau varie, comme on le voit, dans de larges limites et si, dans leur ensemble, ces rivières atteignent rarement leur charge maximale, quelques-unes d'entre elles roulent néanmoins, en période de crue, des eaux excessivement chargées.

Du point de vue écologique, il importerait surtout de connaître la composition granulométrique de ces sédiments. Semblables données n'existent, à notre connaissance du moins, que pour le Nil.

Des prélèvements effectués à Wadi-Halfa pendant les mois de juillet à novembre durant 5 ans (1929-30-31-35-38) ont donné les résultats repris au tableau ci-après [302]:

A Assouan, G. ABDIN [1] trouve des pourcentages analogues qui sont les suivants: sable fin: 30 %; limon: 40 %; argile: 30 %.

Composition granulométrique des sédiments transportés par les eaux du Nil (d'après Y. SIMAIKA)

Mois	Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
Décades	11 au 20	21 au 31	1 au 10	11 au 20	21 au 31	1 au 10	11 au 20	21 au 30	1 au 10	11 au 20	21 au 31	1 au 10	11 au 20	21 au 30	
Mat. en suspension (g/t)	590	1 680	1 760	2 600	2 800	2 350	1 830	1 460	1 150	840	710	540	390	170	
(moyen. pour ... an)	(1)	(1)	(3)	(3)	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(3)	(2)	(1)	
Sable fin (%)	—	—	15	22	25	31	36	41	42	43	45	—	—	—	
Limon (%)	—	—	40	45	45	41	40	38	34	33	27	—	—	—	
Argile (%)	—	—	45	33	30	28	24	21	24	24	28	—	—	—	

Les teneurs en *éléments solubles* des grands cours d'eau tropicaux n'ont guère été étudiées non plus. La littérature renseigne bien quelques valeurs mais l'époque des prélèvements n'est généralement pas précisée.

Bassin	Cours d'eau ou lac	Matières en solution (g par m ³)
Congo (1)	Congo à Kwamouth	29
	au Stanley-Pool	30
	à Boma	36
	à Vivi	41
	Ruki	42
	Ikelemba	76
	Ngiri	37
	Black River	23
Nil (2)	Nil au Caire	170
	Nil Bleu à Khartoum	140
	Nil Blanc id.	130
	Nil Victoria	100
	(en aval du Kioga)	
	Atbara	200
	Bahr el Djebel	160
	(en aval du lac Albert)	
	Lac Tana	170
	Lac Albert	590
Niger (3)	Lac Édouard	670
	Lac Victoria	80
Amazone	Niger	40 à 80
	Amazone à Santarem (4)	59,2
	à Obidos (5)	37
	Tapajóz (5)	38
	Xingú (5)	45
Europe centrale	Moyenne des eaux	200

(1) D'après E. DUPONT [127].

(2) à (5) respectivement d'après H. HURST, L. REFFAY, K. SCHICHEL et G. WAGNER in [232].

TABLEAU V. — Quelques caractéristiques essentielles des fleuves tropicaux et subtropicaux
(principalement d'après les données réunies par F.W. LOCKERMANN [232]).

Fleuve	Superficie du bassin (km ²)	Longueur du cours (km)	Débit à l'embouchure (m ³ /s)			Débits solides		Quantité érodée (tonnes/km ²)
			Débit annuel moyen	Débit max. estimé	Débit min. estimé	Charge globale (tonnes)	Charge unitaire (kg/m ³)	
Amazonie (en aval du con- fluent du Xingú)	5 594 000	6 500	100 000	200 000	63 000	2,3.10 ⁹ 3.10 ⁹	0,750	400 à 550
La Plata	2 650 000		19 500	65 000	3 200	150.10 ⁶	0,192 à 0,383	50 à 100
Mississippi-Missouri	3 248 000	7 000	20 000	70 000	2 000	980.10 ⁶	0,700	± 300
Gange-Brahmapoutre	1 661 854	2 500	15 000	48 535	1 740	800.10 ⁶	1,920	± 480
	2 960	2 960	16 500	72 135	4 000			
Indus	960 000	3 180	6 150	17 326	850	400.10 ⁶ 582.10 ⁶	3,000	400 à 606
Yang-Tsé-Kiang	1 970 000	5 632	31 à 34 000	80 à 100 000	5 270	967.10 ⁹	0,945	579
Hwang-Ho	771 574	± 4 000	1 562	29 000	70	1,89.10 ⁹	0,200 à 5,600	5 880 à 7 190
Nil	2 881 000 (dont 1 270 000 de désert)	6 700	2 922	8 240 (à Assouan)	520 (a Assouan)	94.10 ⁶	1,166 (0,100 à 4,000)	30 à 35
Congo	3 882 000	4 374	39 000	75 000	23 000	34 à 50.10 ⁶	0,028 à 0,041	10 à 14

On notera à propos des eaux du Nil (au Caire) que leur charge en substances dissoutes varie relativement peu au cours de l'année — de 130 à 204 g/m³ — comparativement aux fluctuations des débits solides qui sont autrement importants: 0,1 kg/m³ de décembre à juillet; 1 à 2 kg/m³ au début des hautes eaux; 4 kg/m³ fin août [302].

L'analyse des éléments du régime des cours d'eau du centre de la Cuvette congolaise, et plus particulièrement du mécanisme des crues, nous permettra d'en mieux comprendre les effets; les processus des transports et des dépôts seront maintenant envisagés.

CHAPITRE III

L'origine et la morphologie des dépôts fluviatiles

Le Congo et ses tributaires accomplissent un travail géologique gigantesque, à la fois d'érosion et de dépôt. La connaissance des facteurs de régime de ces cours d'eau nous permet maintenant d'examiner, fort sommairement du reste, le déroulement de ces deux processus.

La question de l'érosion, problème capital entre tous pour l'agriculture congolaise aussi bien dans la Cuvette que sur les reliefs tourmentés de son pourtour, ne sera qu'effleurée ici; nous l'envisagerons surtout dans ses conséquences. Elle nous servira d'introduction au problème du façonnement des lits fluviatiles.

§ 1. L'ÉROSION ET SON IMPORTANCE DANS LE BASSIN CONGOLAIS

Les engraisements dans les plaines de niveau de base (1) sont évidemment la contrepartie de l'appauvrissement, par érosion, des terrains de l'amont.

L'érosion, c'est-à-dire, « l'ensemble des processus qui dégradent le relief » [93], met aux prises le sol et les facteurs du climat: eau, température et vent.

Suivant la nature des forces et des agents mis en action, on reconnaît deux grands modes d'érosion:

— L'érosion *mécanique* (par ruissellement et éolienne) est surtout favorisée par les alternances climatiques saisonnières et dépend avant tout du relief et des phénomènes naturels (géologiques) et provoqués (biotiques). Elle se traduit par l'enlèvement et le transport de particules solides, en suspension et par charriage.

(1) Le niveau de base d'un cours d'eau est le point à partir duquel il commence à éroder vers l'amont.

— L'érosion *chimique* est essentiellement sous la dépendance de la température; elle résulte de réactions chimiques ou de la simple dissolution par l'eau. Elle s'attaque aux substances solubles du sol, les enlève et les transporte sous forme liquide ou gazeuse (matières dissoutes).

Le taux actuel d'érosion s'exprime par la valeur de l'ablation d'une couche supposée uniformément répartie sur toute la surface du bassin considéré. Cette valeur correspond à la quantité de sédiments en suspension dans l'eau et charriés sur le fond (érosion mécanique), augmentée des matières en solution (érosion chimique). La vitesse d'érosion s'exprime généralement en mm d'ablation par millénaire; le mm/millénaire équivaut à $1 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$ de matériaux arrachés.

L'importance quantitative de l'érosion globale (mécanique et chimique) des différents bassins qui alimentent les grandes artères fluviales n'est pas bien connue; il serait d'ailleurs fantaisiste de la chiffrer même approximativement en l'absence de mesures suffisamment rigoureuses pour être extrapolées, avec quelques vraisemblances, à l'ensemble d'un grand bassin hydrographique.

A. *L'érosion mécanique*

La mesure des débits solides des grands fleuves donne, comme on l'a vu précédemment, une estimation approximative des matériaux solides définitivement perdus par un bassin. Dans la littérature, la nature exacte de la charge du courant n'est pas toujours explicitée: il peut s'agir de la charge globale (matières en suspension + matières charriées par le fond + substances en solution) ou, le plus souvent, de la charge des matières en suspension uniquement.

L'érosion géologique superpose ses effets à ceux de l'érosion anthropogène ou zoogène; de ce fait, la part à attribuer aux dénudations provoquées par l'intervention de l'homme et l'action des animaux, et celle qui est due à des phénomènes naturels (géologiques), d'allure continue ou récurrente, sont difficilement déterminables en l'absence d'observations portant sur de longues périodes et établies selon des dispositifs expérimentaux éprouvés.

Dans l'attente de données plus précises sur l'importance relative des deux formes d'érosion mécanique — naturelle et provoquée — des terrains d'un bassin hydrographique, force nous est de ne considérer que leur somme et d'en juger les effets d'après la quantité des débits solides qui transitent aux abords de l'embouchure du collecteur principal. Il s'agit, rappelons-le, d'ordres de grandeur; en plus de la puissance érosive des cours d'eau qu'elles traduisent, ces estimations fournissent aussi d'utiles renseignements sur le degré d'altération du couvert végétal dans les interfluves.

Comme le fait très pertinemment remarquer A. AUBRÉVILLE [15]:

L'action antiérosive de la forêt, surtout si l'on fait la comparaison avec les eaux jaunes ou rouges des ruisseaux après les averses en terrain découvert ou cultivé, (est manifeste et confirmée par un fait d'observation courante à savoir que) dans les ruisseaux sous une forêt primaire, en saison des pluies s'écoule une eau claire légèrement sale après de violentes averses.

Les crues d'averses des petites rivières comme les troubles qui en résultent sont toujours de courte durée.

Sous forêt, l'érosion se produit dès que la pente est quelque peu marquée et là où la structure du peuplement forestier n'autorise pas le développement au sol d'une importante strate humifère (forêt très ancienne — horizon superficiel peu humifère — horizon sous-jacent plus ou moins induré). Dans toutes ces situations et conditions, un ruissellement diffus prend naissance et transporte essentiellement des particules argileuses: son mécanisme a été bien étudié et mis en évidence dans la forêt tropicale humide de la Basse-Côte d'Ivoire [290]; la grande finesse des éléments enlevés serait la conséquence de l'altération des sols plus poussée sous forêt que sous savane [133].

Les défrichements en régions équatoriales accusent un taux d'érosion autrement élevé que les terrains maintenus sous couvert forestier. Sur des versants quelque peu déclives, des cultures sur brûlis montrent des signes manifestes d'érosion ravissante. Dans le cas de déboisement suivi d'essouchement complet, — en vue d'une appropriation du terrain aux façons culturales mécanisées, — il est commun d'observer, à Yangambi, dans des

champs de riz ou de maïs, une érosion par décapage bien visible après de fortes averses (2). Dans cette même région, les cultures indigènes traitées en clean-weeding (arachides et maïs notamment) sont également fort sujettes à ce même type d'érosion (3).

Du reste, toutes les façons culturales provoquent une accélération du processus de minéralisation des matières organiques de l'horizon superficiel et entraînent une dégradation du profil; c'est, on le sait, le phénomène responsable au premier chef de la précarité des sols équatoriaux.

Si pour l'ensemble du bassin congolais les dégâts dus à l'érosion, comme on le verra plus loin, sont relativement modestes, on connaît des régions où le phénomène atteint des proportions inquiétantes. Au Katanga notamment, M. ROBERT [273] admet que dans l'encoche de la Lofoi, « l'enlèvement annuel de matières par km² serait de l'ordre de 500 à 750 m³ », ce qui correspond à un entraînement de 5 à 7,5 m³ par ha et par an. Rappelons que dans les rivières des Grandes Alpes, L. COLLET [66] trouve une moyenne du même ordre de grandeur avec un maximum allant jusqu'à 1 200 m³ par km² et par an (4).

Dans le Congo équatorial, les atterrissements trouvent principalement leur origine dans l'altération des terrains arénacés et gréseux du bourrelet périphérique de la Cuvette et des hauts plateaux de l'est et du sud. Ces territoires fournissent annuellement de grosses quantités de sable et de limon à l'érosion.

Le fleuve et la plupart de ses affluents majeurs descendent des territoires savanicoles, au relief assez tourmenté, livrés aux feux de brousse, à la culture et à l'élevage. Dans certains terroirs, la pratique des cultures sarclées, même sur des pentes extrême-

(2) Toute appropriation du terrain en vue de cultures mécanisées devrait comporter des opérations de planage.

(3) On est en droit d'admettre que dans toutes les régions forestières du Congo, la substitution aux cultures mixtes (emblavure simultanée de riz, manioc et bananes sur une même sole) de cultures pures, a sensiblement aggravé le taux d'érosion des terrains agricoles.

(4) Cette valeur d'ablation déjà fort élevée, serait dépassée dans certaines régions de Madagascar et notamment dans le bassin de la Mahajamba où l'on a calculé que « l'érosion enlevait en moyenne 2 mm chaque année dans les zones de micaschistes » de cette partie de la Grande Ile [18].

ment faibles, en supprimant toute la végétation humifuse, provoque un ruissellement diffus; ailleurs, la surpécoration des peuplements herbeux de substitution ne laisse en place qu'une maigre couverture végétale insuffisante pour s'opposer à l'érosion en nappe particulièrement marquée au retour des premières pluies succédant aux feux de brousse. Ainsi, des étendues considérables privées quasiment de tout écran protecteur payent un lourd tribut à l'érosion.

Il est vraisemblable d'admettre que le recul des marges forestières au nord et au sud de la Cuvette, devant le « front des cultures », augmente continuellement l'importance du débit solide des rivières équatoriales et modifie, dans un certain degré, leur régime. Nous avons signalé précédemment que la précocité et l'accélération de la décrue enregistrée ces dernières années dans l'hydrogramme de l'Ubangi paraissent être la conséquence d'importants déboisements et défrichements récents, en relation avec l'extension des cultures cotonnières principalement dans la République centrafricaine [344]. Dans ce territoire, les méfaits du cotonnier sont connus depuis assez longtemps. Dès 1938, L. DUPLAQUET [126] déplore que « les cultures de coton, pratiquées au petit bonheur et sans plan d'ensemble, sont en train de ruiner le pays à tout jamais ». Plus récemment, R. FURON [142] reconnaît aussi « qu'en Oubangi-Chari, les cultures industrielles ruinent le pays ». De son côté, J. GAUTIER [143] signale « les désastres de la culture exclusive de coton » dans l'Afrique Équatoriale ex-française; à l'époque, le rythme de défrichement après déboisement y était de 100 000 ha par an [142].

La dégradation spécifique (érosion moyenne annuelle exprimée en tonnes/km²/an) du bassin de l'Ubangi n'est pas connue mais, dans certains périmètres livrés aux cultures sarclées, elle doit être très élevée si l'on en juge d'après des mesures faites aux U.S.A. [139]. Les données ci-après traduisent l'action respective de deux types de couvert végétal, toutes autres conditions du milieu identiques; les chiffres obtenus sont particulièrement éloquents.

Station	Végétation	Érosion moyenne annuelle (t/km ²)
Tyler (Texas, U.S.A.) 1933-1936	coton	6 894
	pâturage	8,89
Zanesville (Ohio, U.S.A.) 1934-1936	maïs	18 087
	pâturage	7,65

Exprimées en m³/km²/an ou en mm d'ablation par millénaire, en tablant sur une densité de 1,4, ces données sont encore plus parlantes comme on peut le voir ci-après (5).

Station	Végétation	Érosion annuelle (m ³ /km ²)	Érosion millénaire (en mm)
Tyler	coton	4 924	4,92
	pâturage	6,35	0,0063
Zanesville	maïs	12 919	12,92
	pâturage	5,46	0,0055

Citons encore, à titre d'exemple, les résultats de mesures faites à Madagascar, à la station du lac Alaotra [287] où l'on enregistre, dans des cultures annuelles établies sur des pentes de 8 %, une perte de 12 à 13 tonnes à l'ha (8,6 à 9,3 m³) de terre limoneuse ce qui correspond à 4,54 kg de potasse, à 9,49 kg d'acide phosphorique, à 30,36 kg d'azote et à 58,80 kg de chaux.

L'influence de la nature de la végétation n'est pas seule à considérer. D'autres facteurs favorables à l'érosion sont les pré-

(5) Touchant la densité des matériaux emportés, J. CORBEL [69] écrit que « le plus souvent on admet, pour transformer les poids en volumes, des densités voisines de 1,25 qui sont celles des dépôts alluvionnaires mais non celles de la roche initiale des surfaces érodées laquelle est de l'ordre du double ». Rappelons que, mesurée en laboratoire, la densité vraie du sol, sans structure et soumis à un tassement normal est de 2,6 pour la terre argileuse et de 2,7 pour les sables siliceux.

F. FOURNIER [139] attribue à la terre fine une densité de 1,4. C'est ce dernier chiffre que nous adopterons dans nos calculs.

cipitations qui agissent différemment selon leur intensité, leur abondance et leur fréquence ainsi que la pente qui opère par son degré d'inclinaison et sa longueur. On trouvera, à ce sujet, dans l'ouvrage de F. FOURNIER [139] des données très expressives, enregistrées aux U.S.A..

Dans la Cuvette proprement dite, l'érosion mécanique anthropogène, sans présenter la gravité qu'elle montre sur les plateaux et les hauts reliefs de son pourtour, n'est pas pour autant moins négligeable ni moins dangereuse.

Sous forêt, il est bien connu que le manteau arborescent tempère considérablement la violence des précipitations tout en augmentant l'infiltration et en régularisant ainsi le débit des cours d'eau; d'autre part, cette végétation ligneuse par ses racines et ses débris générateurs d'humus exerce une influence à la fois physique et chimique sur les horizons du profil.

Au départ des débits solides du fleuve calculés par R. SPRONCK [303], E.J. DEVROEY [101] se livre à l'estimation de la valeur de l'érosion dans le bassin congolais. Il écrit:

Rapportée au débit liquide moyen ($39\,000\text{ m}^3$), la quantité de matières solides passant par seconde ($1\,600\text{ kg/s}$) correspond à une charge unitaire de $1\,600\,000 : 39\,000 = 41\text{ g par m}^3$. On remarque que ce chiffre s'écarte fortement de celui avancé par J. CHAVANNE: 283 cm^3 par m^3 ou 310 g , mais il s'intercale entre les limites citées par M. VAN MIERLO en 1926: de 12 g par m^3 en surface à 310 g dans la zone de 25 cm à 1 m du fond et jusqu'à $1,5\text{ kg}$ dans les zones les plus voisines du fond. Le volume total de détritus solides transportés par le fleuve, $37\,000\,000\text{ m}^3$ par an, représente un cube de $3\,500\text{ m}$ de côté et correspond à un enlèvement de matières de $37\,000\,000 : 3\,650\,000 = 10\text{ m}^3$ par km^2 de bassin ou une « pénéplation » uniforme de 1 mm en 100 ans soit un abaissement de 1 m en $100\,000$ ans. Comparés à certains chiffres cités pour d'autres bassins hydrographiques du monde, ces résultats présentent un caractère de grande vraisemblance. (Il rappelle par ailleurs que) pour le bassin du Mississippi, dont le profil en long est de beaucoup plus raide que celui du Congo (pente moyenne 86 cm par km), l'érosion annuelle est de $35,5\text{ m}^3$ par an et par km^2 , soit un abaissement de 1 m en $28\,200$ ans.

On notera qu'il s'agit ici d'ablation mécanique et non d'érosion totale.

Reprenant les renseignements fournis par R. SPRONCK et E. DEVROEY, F. LOCKERMANN [232] se livre à son tour à l'éva-

luation de la charge unitaire du Congo. Estimant le débit moyen annuel à $41\,300\text{ m}^3$ et le bassin-versant à $3\,822\,000\text{ km}^2$ à Banana, il évalue à 40 g/m^3 la charge unitaire de matières en suspension et à environ 13 tonnes/km^2 l'érosion mécanique annuelle, soit $9,3\text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$.

Il est intéressant de confronter les données de R. VAN GANSE [335] avec celles qu'à trouvées R. SPRONCK [303]; un tableau comparatif fera mieux ressortir les écarts assez élevés que présentent les valeurs en question.

Nature de la charge	D'après R. SPRONCK [303]	D'après R. VAN GANSE [335]
Fraction limoneuse	47.10^6 tonnes	30.10^6 tonnes
Fraction sableuse	3.10^6 tonnes	4.10^6 tonnes
Charge totale	50.10^6 tonnes	34.10^6 tonnes

Si l'on pousse plus avant le parallèle, on obtient, pour un débit annuel moyen de $39\,000\text{ m}^3/\text{s}$, les chiffres suivants comme valeur d'érosion mécanique.

Charge des matières en suspension	$38,5\text{ g/m}^3$ contre 25 g/m^3
Charge du fond	$2,5\text{ g/m}^3$ contre 3 g/m^3
Charge totale	41 g/m^3 contre 28 g/m^3
Érosion en m^3/km^2	10 m^3 contre $6,7\text{ m}^3$
Pénéplanation en 1 000 ans	10 mm contre $6,7\text{ mm}$
Pénéplanation en 100 000 ans	1 m contre $0,67\text{ m}$

Les différences sont donc assez sensibles en ce qui concerne la perte de matériaux subie par le bassin congolais: ainsi, d'après les données de R. VAN GANSE, la pénéplanation uniforme du bassin se déroulerait à un rythme plus lent que précédemment admis.

J. CORBEL [69] reconnaît au bassin du Congo une vitesse d'érosion mécanique de $6,8\text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$ dont $6,1\text{ m}^3$ pour les

matières en suspension et $0,7 \text{ m}^3$ pour la charge de fond (6). Ces valeurs, pratiquement égales à celles qui sont basées sur les mesures faites par R. VAN GANSE [335], s'élèvent respectivement à $6,7 \text{ m}^3$, $5,9 \text{ m}^3$ et $0,8 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$.

B. *L'érosion chimique*

Ce second mode d'érosion, déclenché par des réactions chimiques, est, de ce fait, considérablement influencé par la température. On se souviendra qu'en vertu de la loi de VAN T'HOF toute élévation de température de 8°C provoque un doublement de l'intensité des réactions chimiques. Sous les climats chauds et humides de la zone intertropicale, les sels de Ca, Mg, K et Na sont lessivés du complexe absorbant; la décomposition rapide des matières organiques enrichit l'eau en CO_2 et en ions H^+ ce qui provoque une désintégration des colloïdes et la non saturation du complexe absorbant.

Au départ des valeurs du débit moyen des rivières et des données sur les teneurs ioniques de leurs eaux, on peut évaluer très grossièrement les quantités de sels minéraux soustraits aux sols d'un bassin donné, soit par ruissellement, soit par drainage souterrain. Pour le Congo, l'importance de ces déversements peut être estimée d'une façon très approximative.

Tablant d'une part, sur un débit annuel moyen de $5\,000 \text{ m}^3$ et sur un bassin de $1\,500\,000 \text{ km}^2$ à son entrée dans la Cuvette (région Stanleyville-Isangi) et, d'autre part, sur des teneurs en Ca+Mg, Na, K, et Cl respectivement de 8,1 - 3,4 - 1,9 et 1,9 mg/l [26], le fleuve transporterait, à l'état dissous, les quantités suivantes:

Calcium+Magnésium (en Ca et Mg)	1 280 000 tonnes/an
Sodium (en Na)	535 000 tonnes/an
Potassium (en K)	300 000 tonnes/an
Chlore (en Cl)	300 000 tonnes/an

(6) Selon sa formule: charge solide (en ppm) $\times$ $1/25$ de l'écoulement annuel (en dm) = érosion (en $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{an}$); le charriage est approximativement égal au $1/10^{\text{e}}$ de la charge en suspension.

La composition moyenne⁽⁷⁾ de l'eau du fleuve à son entrée dans le Stanley-Pool à Léopoldville ne nous est pas connue. En posant que la dilution par les « eaux noires » qui s'y sont déversées a ramené les teneurs ioniques à la moitié de celles enregistrées à Yangambi, — ce rapport 1/2 n'est qu'estimatif et sans doute beaucoup trop faible, — les quantités de sels dissous transitant dans le Stanley-Pool seraient approximativement les suivantes (pour un débit moyen annuel de 30 000 m³ et un bassin versant de 3 747 320 km²)

Calcium + Magnésium:	3 780 000 tonnes/an	soit 1 000 kg
par km ² de bassin;		
Sodium	: 1 600 000 tonnes/an	soit 400 kg
par km ² de bassin;		
Potassium	: 950 000 tonnes/an	soit 250 kg
par km ² de bassin;		
Chlore	: 950 000 tonnes/an	soit 250 kg
par km ² de bassin.		

Ces chiffres, rappelons-le, ne représentent qu'une tentative très imprécise d'évaluation de la quantité de sels dissous transportés par l'eau du fleuve à son entrée et à sa sortie de la Cuvette. Ils sont, selon toute vraisemblance, trop peu élevés mais donnent néanmoins une idée de l'importance des pertes que subissent annuellement les sols du bassin congolais.

Des données similaires pour le Congo oriental sont dues à J. TH. DUBOIS [121] qui a dressé un premier bilan des tonnages en sels dissous déversés annuellement dans le bassin nord du lac Tanganyika. L'échantillonnage, écrit-il, a porté

...sur 51 rivières permanentes échelonnées sur 310 km de côte, la plupart d'entre elles dévalent des montagnes et montrent un cours impétueux et assez irrégulier, influencé par les variations saisonnières de pluviosité (...). Les cours d'eau en question accusaient des débits de l'ordre de 200, 20 et 1 m³/sec.

Les prélèvements eurent lieu, en amont des embouchures, en mai (fin de la saison des pluies) et en juin (début de la saison sèche).

(7) La teneur en sels dissous diminue lors des crues (dilution) et augmente lors des maigres (concentration).

Les valeurs trouvées, comme le souligne l'auteur, constituent des ordres de grandeur; elles sont les suivantes:

Calcium (en Ca)	: 80 000 tonnes/an
Silice dissoute (SiO_2)	: 137 000 tonnes;
Magnésium (en Mg)	: 686 000 tonnes/an
Chlorure (en Cl)	: 119 000 tonnes;
Sodium (en Na)	: 668 000 tonnes/an
Sulfate (en SO_4)	: 70 000 tonnes;
Potassium (en K)	: 493 000 tonnes/an
Phosphate (en PO_4)	: 1 470 tonnes.

Ces chiffres reflètent bien la pauvreté originelle des sols africains en Ca et surtout en P; les valeurs en Mg, Na et K traduisent la nature volcanique de certains secteurs des bassins considérés.

Si l'on admet comme vraisemblable la valeur de 3/7 pour le rapport érosion mécanique/érosion chimique, — proportion que J. CORBEL [69] avance pour le Congo, — nos estimations paraissent bien inférieures à la réalité. En effet, selon cet auteur, une érosion mécanique de $6,8 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$ correspondrait à une érosion chimique de $15,2 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$. Dans ce cas, les quelque $37\,000\,000 \text{ m}^3$ de débits solides (suspension et charriage) équivaldraient à une érosion chimique de l'ordre de $86\,000\,000 \text{ m}^3$.

Notre estimation de déperdition annuelle de $7\,280\,000 \text{ m}^3$ ne concerne que les sels de Ca, Mg, Na, K et Cl et néglige notamment la quantité de silice dissoute. Elle n'a donc qu'une valeur indicative d'autant plus qu'elle est basée sur trop peu d'analyses. Quelle que soit sa grandeur en valeur absolue, elle montre que le ruissellement dans le bassin congolais, — dont les sols sont déjà particulièrement pauvres, — draine vers l'Océan Atlantique des quantités impressionnantes de sels dissous (8).

(8) Des valeurs globales élevées sont connues dans certains territoires des U.S.A. particulièrement frappés par l'érosion. Selon M. DERRUAU [93], le pourtour méridional des Appalaches et des Grandes Plaines subissaient annuellement, avant 1938, des pertes en P, K, N, Ca et Mg s'élevant à $92\,000\,000$ tonnes. F. CAMARGO [49] signale que l'Amazone transporterait journellement $3\,000\,000$ de tonnes de sédiments dont $50\,000$ tonnes de chlorure de potassium.

Remarque

Depuis l'envahissement par la Jacinthe d'eau d'un certain nombre de rivières du bassin central congolais, une partie des sels en solution sont mobilisés par cette plante aquatique. Cette immobilisation n'est, remarquons-le, que temporaire puisque, tôt ou tard, cette végétation dérive vers l'Atlantique. Il serait intéressant d'estimer l'exportation annuelle représentée par les masses flottantes qui défilent au Stanley-Pool, mais nous manquons de données pondérales à ce sujet.

C. L'érosion totale

L'imprécision des valeurs de l'érosion chimique particulièrement, rend apparemment fallacieuse toute évaluation de l'érosion totale du bassin congolais.

Tablant sur des données de base non précisées, J. CORBEL [69] l'estime à $22 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$ c'est-à-dire à 22 mm par millénaire: il suffirait donc de 40 à 50 000 ans pour provoquer un abaissement de un mètre (9).

Commentant l'étude en question qui s'étend d'ailleurs aux divers climats de plaine et de montagne, J. TRICART [316] émet quelques réserves sur le mode d'estimation utilisé et les ordres de grandeurs proposés pour les vitesses d'érosion. Selon cet auteur, ...il est fort dangereux de conjecturer l'écoulement à partir de la pluviosité et encore davantage les transports à partir de mesures espacées... (il convient) de rejeter systématiquement toutes les données qui ne sont pas établies à partir de mesures permanentes, les meilleures de ces mesures étant fournies par le colmatage des lacs et des rivières.

J. TRICART considère que certaines valeurs avancées par J. CORBEL sont trop faibles, la raison en est due à l'emploi de données hydrologiques; il écrit notamment:

Cette sous-estimation affecte les cours d'eau de la zone intertropicale humide pour laquelle J. CORBEL fournit très peu de données et

(9) J. CORBEL extrapole cette donnée aux plaines à climat chaud et humide du type équatorial (à noter que le Congo connaît une saison sèche bien marquée et parfois longue (6 mois) sur plus de la moitié de son territoire). Pour cet auteur, l'usure du relief en région planitiaire chaude et humide serait la suivante: sous climat équatorial, 22 mm/millénaire dont 15 par dissolution soit 70 %; sous climat tropical, 32 mm/millénaire dont 11 par dissolution soit 34 %.

a tendance à trop extrapoler en fonction de l'Amazonie qui, par bien des côtés (abandon massif de matériel dans les marais et les lacs en amont du point considéré, large bassin montagneux) est peu typique. La vitesse à laquelle s'altèrent les formations superficielles et disparaissent les témoins du passé géomorphologique en zone chaude et humide nous incite à admettre des valeurs beaucoup plus fortes, surtout pour le matériel dissous.

Faute de mesures permanentes, on doit bien se contenter de valeurs approchées fournissant une estimation des transports solides. A ce propos, F. FOURNIER [139] fait remarquer que les débits solides constituent

...une base de comparaison beaucoup plus sûre que celle fondée sur des mesures se rapportant à des masses de matériaux entraînés à un moment donné et dans un lieu donné et dont le déplacement, plus ou moins réduit, dépend essentiellement du paroxysme des pluies, des caprices de la topographie ou de la répartition des éléments végétaux.

Au total, les estimations de l'importance de l'érosion dans cette zone chaude et humide qu'est le bassin congolais sont donc assez discordantes et comportent encore bien des incertitudes. Il est bon de préciser d'ailleurs que ces évaluations expriment des pertes de matériaux et non l'érosion globale, car une partie des éléments terreux qui ont dévallé les pentes et parcouru les vallées des biefs supérieurs du fleuve et des grandes rivières, a colmaté les zones déprimées de la Cuvette. Comme le fait remarquer L. CAHEN [47]:

Les matières en suspension dans le fleuve Congo à son embouchure sont très peu abondantes: les matières érodées dans son cours amont sont en effet déposées dans son cours moyen en amont du « chenal »; les matières érodées dans ce dernier sont déposées dans le Stanley-Pool et celles provenant de l'érosion des roches entre le Pool et Boma comblent la vaste expansion quasi-lacustre, juste en aval de Fetish Rock, à l'ouest de Boma.

Ainsi on comprend que l'importance annuelle de l'érosion mécanique ne puisse faire l'objet que d'une évaluation très approximative.

Il s'indique ici d'ouvrir une parenthèse en vue de juger de la puissance de l'érosion dans d'autres bassins.

Parmi les grands fleuves d'Afrique tropicale et subtropicale, le Congo est celui qui roule les eaux les moins chargées, comme on le voit ci-après:

Fleuve	Latitudes extrêmes approximatives	Teneur en sédiments (gr/m ³)
Congo	du 7° N au 13° S	28 à 41 en moyenne
Niger	du 17° au 4°30' N	60 à 107 en moyenne
Sénégal	du 16°30' au 10°30' N	100 en moyenne (avec max. de 340)
Nil	du 31° N au 2°30' S	498 au Caire, 520 à Assouan

Si, quittant le continent noir, on considère le taux d'érosion mécanique annuelle en Asie et en Amérique tropicales et subtropicales, il apparaît que les grands bassins subissent une usure d'un autre ordre de grandeur que celle que l'on admet provisoirement pour le bassin congolais. Les chiffres ci-dessous sont empruntés à F. LOCKERMANN [232].

	Érosion mécanique annuelle		Épaisseur érodée (mm/an)
	en tonnes	en m ³ /km ²	
Hoang-Ho	1,89.10 ⁹	590 à 720	0,59 à 0,72
Yang-Tsé-Kiang	967.10 ⁹	580	0,53
Indus	400 à 582.10 ⁹	400 à 600	0,4 à 0,6
Amazone	2,3 à 3,2.10 ⁹	400 à 550	0,4 à 0,55
La Plata	150.10 ⁶	50 à 100	0,05 à 0,1
Nil	94.10 ⁶	30 à 35	0,03 à 0,035
Congo	34 à 50.10 ⁶	6,7 à 10	0,0067 à 0,01

Une constatation subsidiaire ressortant de l'examen du précédent tableau est le parallélisme du taux d'érosion mécanique et des grandes zones climatiques qui déterminent les types de formations végétales et les unités phytogéographiques majeures.

Au total, le Congo se situe en bonne place quant à son taux d'érosion: son bassin se défend relativement bien contre l'ablation mécanique du moins. Le relief assez plat d'une très grande partie de son aire, sa situation géographique dans les deux hémisphères

qui lui vaut des conditions pluviométriques se matérialisant par des averses plutôt modérées, l'importance spatiale du couvert forestier et la faible densité démographique que connaissent de vastes régions, constituent les principaux facteurs qui jugulent les forces d'érosion et auxquels le Congo doit la meilleure sauvegarde de ses sols.

D. Les causes principales de l'érosion au Congo, au Rwanda et au Burundi

Si l'érosion du bassin congolais n'atteint pas des valeurs spectaculaires, il n'en reste pas moins que dans ce territoire comme ailleurs, le problème de l'érosion doit dominer tous les autres problèmes agricoles. Les remèdes préventifs et curatifs sont bien connus mais rarement appliqués à l'échelle du mal lui-même.

G. TONDEUR [313], dans une publication pleine d'intérêt, a traité de cette importante question en Afrique centro-orientale.

Dans les territoires du Rwanda et du Burundi, la pression démographique a contraint certaines populations à déboiser, à des fins culturelles, des terrains très accidentés, comme la Dorsale rwandaise de la crête Congo-Nil notamment, sans toujours prendre les mesures qui s'imposaient. Dans ces régions, écrit A. DU-BOIS [119],

...où l'on parle déjà de surpopulation, le phénomène d'érosion constitue un danger social d'une extrême importance. Dans l'avenir, l'accroissement de la population sera tel que les terres deviendront insuffisantes à la nourrir. Et qu'advient-il alors, si une grande partie des sols sont devenus improductifs? Le problème comme on le voit, conditionne l'existence même du pays.

De son côté J.P. HARROY [163], discutant des mesures prises ou à prendre contre le mésusage des ressources naturelles, rappelle à propos du lourd tribut payé par les sols à l'occupation humaine et au développement de l'économie que ces effets indirects

...sont au Ruanda-Urundi, comme presque partout dans le monde et principalement en pays neuf, ou bien acceptés avec résignation parce que jugés inévitables ou bien délibérément ignorés ou niés parce que la politique de l'heure s'accommode mieux d'une telle ignorance ou dénégaration.

On ne peut s'empêcher de souligner la pertinence de cette remarque qui, en clair, signifie que les sols font trop souvent les frais d'une politique à courte vue qualifiée prétendument de développement économique.

Au Congo, la situation est plus critique que certains ne veulent bien l'admettre. Dans nombre de territoires savanicoles, les Pouvoirs publics soucieux de procurer, coûte que coûte, des revenus aux populations congolaises ont été amenés à propager des cultures industrielles inadaptées et ruineuses; des défrichements inconsidérés alliés à des cycles culturels trop longs et trop fréquemment répétés y produisent une dégradation brutale et irréversible des sols, à l'échelle humaine du moins. De vastes étendues de forêts sur sols pauvres, congénitalement inaptés à des cultures sarclées, ont été ainsi livrées aux feux de brousse avec pour corollaire leur savanisation définitive. C'est dans les zones où la forêt est en équilibre assez précaire que les dégâts sont les plus spectaculaires, aussi « la situation assez confuse de la forêt équatoriale est(-elle) particulièrement alarmante [325] ». De telles pratiques, qui n'ont d'agriculture que le nom, sont manifestement en contradiction avec les principes de l'utilisation et de la conservation des sols. Des méthodes culturelles inadaptées ou inadaptables aux impératifs économiques du XX^e siècle, et l'utilisation de biotopes forestiers très fragiles ont considérablement endommagé les sols de bien des régions de l'Afrique (10). C'est là, comme le reconnaît M. VAN DEN ABEELE [325], un des tributs payés par le continent noir à

...cette colonisation (...) caractérisée par un manque d'harmonie entre les efforts de la société humaine (...) et les forces de la nature. A quelques exceptions près, dans les pays lointains, les profits et la richesse purent être aisément gagnés en exploitant et en épuisant les sols vierges. L'exportation des produits tels que le coton, le maïs, les arachides, etc. s'est trop souvent effectuée au détriment du capital sol.

Pour être complet, nous ajouterons cependant que l'érosion n'est pas toujours un mal en soi mais, au contraire, peut être

(10) Tout récemment, les problèmes agronomiques et écologiques posés à l'Afrique sous-saharienne ont été longuement et pertinemment discutés par J. PHILLIPS [266]; l'accélération des phénomènes d'érosion dus à l'action de l'homme y est soulignée.

bénéfique. Dans certains cas, du reste assez rares, l'ablation des couches supérieures amène en surface des assises à réserve minérale plus élevée. L'exemple classique au Congo est celui des glissements de terrains constatés sur les versants déboisés et cultivés de certaines vallées du Kwango (région des Bayaka-Nord) où l'entraînement des sables gris de l'étage supérieur du Karroo (grès silicifiés), sans valeur agricole, est sans doute favorable dans une certaine mesure: l'affleurement des sables rouges, chimiquement plus riches, est souhaitable pour autant qu'une fois le but atteint, le décapage soit arrêté [149].

Ces considérations fort succinctes sur les séquelles de l'exploitation parfois abusive des sols d'Afrique centrale ne donnent qu'une image fort imparfaite et, au total, assez floue de l'érosion au Congo, au Rwanda et au Burundi. Notre toile réclame des retouches que seules peuvent lui apporter des mesures d'érosion à l'échelle de bassins de petite et moyenne surface.

F. FOURNIER [139] dans une étude très documentée, a montré que l'érosion annuelle enregistrée à la surface des bassins fluviaux est liée aux précipitations et au relief, et s'exprime par une équation dont les termes sont la pluviosité annuelle, le mode de répartition des pluies, la hauteur moyenne du relief et son coefficient de massivité (11).

Si des données provenant de mesures de matériaux arrachés sur des parcelles expérimentales ne peuvent être extrapolées à l'étendue d'un bassin, elles permettent cependant d'apprécier le danger des déboisements et des cultures sarclées dans des sites mal appropriés.

Des dispositifs expérimentaux de cette nature ont fourni des renseignements fort intéressants pour d'autres territoires africains. En Afrique du Sud où, il faut le dire, les phénomènes d'érosion ont atteint des proportions inconnues jusqu'ici dans le Centre africain, l'étude du ruissellement et de l'érosion conséquente s'est traduite par des mesures législatives opérantes et des techniques culturelles adéquates [289 et 167].

(11) La *hauteur moyenne du relief* est égal au quotient du volume total du relief du bassin par la surface projetée de celui-ci. Le *coefficient de massivité d'un relief* est le quotient de la hauteur moyenne de ce relief par sa surface projetée [139].

En Rhodésie du Sud, un dispositif très complet a été mis en place à la Henderson Research Station [176].

Nous ne nous livrerons pas ici à une recension de l'état des recherches sur la conservation des sols en Afrique tropicale: les intéressants comptes rendus des Conférences Interafricaines des Sols de Goma (1949), de Léopoldville (1954) et de Dalaba (1959) y suppléeront (12).

Pour combattre efficacement un mal, il faut en connaître la gravité. A ce titre, des mesures d'érosion mériteraient d'être entreprises au Congo dans des sites physiographiques et climatiques bien représentatifs, en fonction des méthodes culturales pratiquées et de l'assolement habituellement suivi. Le Congo compléterait ainsi, fort utilement, son remarquable réseau de stations de recherches agronomiques et forestières par quelques installations de mesures du ruissellement et de vitesse d'érosion dans de petits bassins. Signalons qu'au Burundi, une mission de recherches aquifères s'est attachée à l'étude de certains de ces problèmes dans le bassin de la Karuzi d'une superficie de 900 km² et s'étageant entre 1 250 et 2 000 m d'altitude; les sols et la végétation de ce territoire ont fait l'objet de deux publications [259 et 260].

En guise de conclusion, disons simplement que la destruction du couvert végétal, forestier ou herbacé, peut modifier considérablement le régime morphologique des rivières; la mise en place de certaines cultures sans appropriation suffisante du terrain peut porter l'érosion à son paroxysme: l'allure des lits fluviaux des parties aval des bassins en traduit les effets.

(12) La 1^{re} Conférence Africaine des Sols (Goma, 1948), par sa résolution n° 7, « constatant que la culture du riz de montagne sur des pentes boisées, telle qu'elle est pratiquée dans certains pays, a souvent pour résultat la destruction définitive de la forêt, qu'elle est ainsi la cause de la disparition de massifs forestiers considérables, remplacés par des savanes nues, et de la dégradation des sols, alors que les vallées où pourraient être cultivées des variétés de riz dit « de marais » ne sont pas cultivées, souhaite: a) que cette culture, non terrassée, du riz sur les pentes de montagnes boisées soit condamnée et que soit entrepris ou accéléré l'aménagement des vallées et des fonds alluviaux en rizières « de marais »; b) que le développement de la culture irriguée du riz par des procédés mécaniques soit activement poussé ».

Les comptes rendus des Conférences de Léopoldville (1954) et de Dalaba (1959) ne mentionnent pas si la résolution prise à Goma a porté des fruits !

Connaissant l'origine et l'importance des matériaux transportés par les eaux courantes, nous examinerons maintenant la manière dont s'exerce et se développe leur action; nous apprécierons ensuite le résultat auquel ce travail aboutit.

§ 2. LE TRAVAIL DES RIVIÈRES ET DES EAUX EN GÉNÉRAL

Le dernier élément du régime auquel nous avons fait allusion dans le chapitre précédent, le débit solide, mérite d'être étudié plus longuement dans ses principales conséquences: d'une part, l'alluvionnement qui est à l'origine des atterrissements, d'autre part, le remaniement des dépôts, responsable de l'instabilité des lits.

A. *Quelques généralités sur les courants fluviaux*

La force développée par l'eau en mouvement est fonction du carré de sa vitesse mais la compétence d'un cours d'eau (possibilité de transport en terme de dimensions de particules) est approximativement proportionnelle à la sixième puissance de sa vitesse tandis que son pouvoir érosif ou d'abrasion est fonction de V^5 .

On sait d'autre part que la vitesse d'un cours d'eau en un lieu donné n'est pas uniforme sur toute sa section mouillée et que sa vitesse maximale ne s'établit pas nécessairement au milieu du lit apparent. En un point donné, la plus grande vitesse s'observe un peu en dessous de la surface, puis diminue plus ou moins en profondeur pour atteindre des valeurs proches de zéro au voisinage du fond: ce sont précisément les vitesses à proximité du fond qui sont les plus agissantes en fait de déplacement des matériaux solides. De plus, comme le souligne M. DERRUAU [93],

...l'écoulement fluvial ne dépend pas seulement de l'inégalité des vitesses dans une section mouillée (mais aussi) du fait que l'écoulement est en partie laminaire et en partie turbulent. Autrement dit, tantôt les filets d'eau coulent parallèlement à la surface et à l'axe du chenal, tantôt ils prennent des directions entrecroisées, obliques par rapport à la surface et à l'axe du chenal; cette obliquité a pour origine des tourbillons, dont le diamètre varie de moins d'un millimètre à des centaines de mètres et dont l'axe peut être vertical, oblique,

horizontal, complexe; la plupart des molécules d'eau des rivières se déplacent en spirales, suivant un pas de vis de grande longueur, en tournant suivant un axe dans l'ensemble parallèle à celui du chenal.

Aucun mouvement de matériaux n'apparaît, dans le cas d'un lit couvert de sédiments fins, pour une vitesse de fond égalant environ 0,0694 m/s, soit 2,5 km/heure [323].

Pour différents calibres de sédiments à transporter, les vitesses requises au fond seraient respectivement les suivantes [93]:

Vitesse au fond	Diamètre des particules
0,08 m/s	quelques microns
0,15 m/s	0,1 mm
0,30 m/s	2,5 mm
0,70 m/s (soit au moins 1 m de vitesse superficielle)	2,5 cm

On notera encore que la vitesse compétente pour véhiculer des matières en suspension est plus grande que pour transporter les mêmes matériaux par traction [323].

Remarquons enfin que le ruissellement sur les terrains déclives ne débute que sur une pente dépassant 2 cm par km.

Ce rappel de quelques notions élémentaires d'hydrologie fluviale suffira à expliquer que si une rivière érode, transporte et alluvionne tour à tour, l'importance relative de ces phénomènes n'est pas uniforme en un point donné de son cours.

Compte tenu des accidents locaux et en simplifiant à l'extrême, on reconnaît généralement tout au long du cours du Congo jusqu'à sa sortie de la Cuvette, trois secteurs assez bien tranchés:

— Un bief supérieur où la pente est la plus forte: l'érosion y est dominante et l'évacuation des éléments arrachés à peu près totale;

— Un bief moyen où la diminution de pente est déjà notable: l'ablation faiblit et l'évacuation domine, mais on y remarque déjà la présence de dépôts d'éléments grossiers qui, à la longue, s'ameublissent et sont repris par un transport ultérieur;

— Un bief inférieur où la pente et la vitesse d'écoulement diminuent considérablement: les dépôts sont abondants mais des modifications du régime (apport des tributaires) les remettent fréquemment en mouvement.

B. Le mécanisme des transports des substances solides et dissoutes

Ce problème, un des plus difficiles de l'hydraulique fluviale, est loin d'être complètement élucidé. La manière dont s'effectuent les transports solides dépend du calibre des matériaux: les sables fins et les limons sont véhiculés à l'état de troubles (transport en suspension) tandis que les éléments plus volumineux sautent ou roulent sur le fond au moment des crues (transport par saltation et traction).

Les présentes considérations, fort sommaires du reste, sont principalement empruntées à H.W. TWENHOFEL [323] et à M. DERRUAU [93].

I. Transport de matériaux par traction

Ce mode de transport intéresse les particules solides qui glissent, roulent ou se déplacent par bonds ou par sauts, sur le lit de la rivière.

La traction peut s'opérer:

— Par charriage ou roulement: c'est la part de transport de matériaux liée directement au fond du lit;

— Par saltation: c'est le matériau transporté en quasi-suspension et qui n'est pas lié au fond de la rivière; il s'agit de particules qui traversent sans sédimentation le tronçon considéré. Les matières organiques de nature végétale surtout, entraînées par ruissellement, empruntent essentiellement ce mode de transport.

Les matériaux de la charge « tractée » varient avec la vitesse du courant et consistent ordinairement en sable et en plus grosses particules.

Fréquemment des quantités considérables de plaquettes de mica sont ainsi véhiculées. Sous de faibles vitesses, beaucoup de fins matériaux sont également transportés.

Rappelons que les sables fluviatiles sont de tous calibres; l'aspect brillant et la forme anguleuse de leurs grains aux pointes émoussées, les opposent aux sables dunaires et aux sables éoliens d'aspect arrondis et dépolis.

II. *Transport des matériaux en suspension*

Les particules sont ici soulevées au dessus du fond et flottent pendant un temps considérable. On comprend que la vitesse du courant conditionne le diamètre (calibre) des particules en suspension à un moment donné: les plus petites particules et notamment les « silts » et les « colloïdes » restent en suspension pendant de longues périodes et le facteur vitesse a peu d'action sur leur déplacement; les plus gros éléments par contre ne tardent pas à se déposer dès que la vitesse faiblit: ils s'intègrent alors dans la charge « tractée ».

Les rivières dont la charge est composée surtout d'éléments de petits calibres roulent, dit-on, des « eaux troubles ». Nous ne saurions mieux faire, pour expliquer ce mode de transport, que de reproduire ici ce qu'en dit M. DERRUAU:

Les troubles sont des particules fines, exceptionnellement supérieures à 0,8 mm, qui, par gravité, tomberaient à des vitesses si faibles que la turbulence suffit à les maintenir presque toujours entre deux eaux (...). Les troubles sont rarement déposés dans le lit même, mais ils cheminent jusqu'aux embouchures et sont seulement déposés sur les fonds de vallée par les crues. Presque tous paraissent provenir de sols mal protégés par la végétation (steppes ou champs cultivés); l'érosion aux dépens des berges ébouleuses peut aussi en livrer; mais, le plus souvent, la quantité totale fournie au cours d'eau est très inférieure à la charge de saturation, sauf dans le cas de torrents.

La quantité de troubles transportés par m³ (turbidité spécifique) varie beaucoup en un même instant sur toute l'étendue de la section mouillée, entre le voisinage du fond où elle est assez élevée malgré la faible vitesse (cela en raison de la tendance à la chute progressive), et le voisinage de la surface, et elle varie d'autre part de la proximité des berges aux endroits de profondeur maximale. Elle varie aussi beaucoup d'un moment à l'autre. La masse totale annuelle de troubles transportés peut être considérable; elle se chiffre couramment en millions de tonnes.

Localement dans certaines rivières, des contre-courants, responsables des mouvements tourbillonnaires de l'eau, sont principalement à l'origine des transports par suspension; en l'absence

de tels mouvements, la plus grande partie des matières non colloïdales en suspension se sédimentent rapidement.

Les matériaux transportés vont des sables fins aux microparticules; les matières végétales constituent également une portion importante de la charge des rivières traversant les régions boisées. Des particules minérales allant jusqu'à 2 mm de diamètre peuvent également flotter sur la surface de l'eau: elles s'y maintiennent par la tension de surface; l'écume elle-même contient couramment des grains de sable. Notons encore que

...les matériaux tenus en suspension ne contribuent pas directement au modelé du lit. Ils accroissent légèrement la densité de l'eau, donc sa force vive et sa capacité de transport, mais augmentent la viscosité, donc réduisent la turbulence qui est un facteur important de l'érosion et du transport. C'est la charge de fond qui détermine essentiellement la forme du lit [262].

III. *Transport par voie chimique.*

Les sels dissous, on l'a vu dans le paragraphe précédent, peuvent constituer une fraction importante de la charge totale d'un cours d'eau.

C. *Quelques particularités du lit des rivières de plaine alluviale*

La morphologie du lit et du flat alluvial est conditionnée par le régime climatique, la nature des sols et la couverture végétale des secteurs du bassin considéré.

Les grandes rivières de la Cuvette partagent les caractères communs à tous les cours d'eau de plaine traversant des terrains très friables (13):

- Par endroits, leur lit décrit des courbes régulières plus ou moins rapprochées;
- Des levées alluviales bordent le lit ordinaire parsemé lui-même de « bancs »;

(13) Comme le fait remarquer J. TRICART [315], en région tropicale, dans les zones planes, l'altération rapide des niveaux entraîne un aplatissement accéléré du profil du cours d'eau comparativement à ce qui se passe dans les plaines sous climat tempéré.

— A leur embouchure et dans les biefs à débit solide élevé (l'Ubangi notamment), leur lit se divise en de nombreux chenaux (défluent).

I. Le façonnement du lit. Les méandres

Pour mieux comprendre l'écologie de certains groupements herbeux récents, leur zonation et surtout leur situation spatiale, considérons les processus responsables soit de la mise en place d'alluvions, soit du sapement des berges; ils déterminent pour une bonne part l'aspect des paysages des grandes vallées du Congo équatorial.

Ici encore, nous empruntons aux classiques de la géomorphologie et de la sédimentologie, l'essentiel de notre description.

Dans son cours inférieur qui serpente nonchalamment dans une large plaine alluviale, la rivière montre des tronçons rectilignes alternant avec des courbes.

Dans les premiers, à profil plus ou moins symétrique, le courant est plus lent aux abords des rives et c'est là que la grosse masse des alluvions se dépose quand les conditions de régime sont favorables à la sédimentation.

Dans les courbes les choses se passent différemment. A ces endroits, naissent des mouvements giratoires dont l'axe de rotation est parallèle à la direction du courant, les eaux de la couche supérieure coulent vers la rive concave tandis que celles de la couche inférieure se dirigent vers la rive convexe. Cette rotation aboutit à une grande diversité dans la direction et la vitesse des courants et, conséquemment, il s'y produit une augmentation du charriage à la fois par traction et par suspension [323]. Ainsi naissent et s'amplifient les méandres qui sont des

...sinuosités essentiellement dues à l'activité de la rivière, (autrement dit) des formes façonnées par le cours d'eau pour autant que le permettent des résistances inégales et inégalement réparties [19].

La texture des berges de nos cours d'eau offre des conditions particulièrement propices au développement des méandres. Si, comme l'écrit H. BAULIG [19], ce problème n'est pas complètement expliqué quant à son mécanisme, il est par contre assez bien connu dans ses modalités et ses conditions générales.

Examinons d'un peu plus près les conditions nécessaires et suffisantes à la formation des méandres de plaine alluviale:

Pour qu'un méandre se forme, il faut qu'un état d'équilibre existe entre la pente, le débit et la résistance des berges (...). Quand il s'agit d'un méandre de plaine alluviale, les berges sont taillées dans les alluvions (...). On a longtemps cru, à tort, que les méandres ne se formaient que si la pente était particulièrement faible et quand le cours d'eau, au terme de son évolution, devenait incapable de creuser et remblayait. Il y a là une double erreur. (La première c'est) qu'en fin d'évolution, une rivière ne tend pas nécessairement vers le remblaiement; la seconde consiste à assimiler méandre et impuissance du cours d'eau, alors que c'est en fait le contraire: l'évolution du méandre suppose une certaine puissance nette; le méandre est une forme de creusement ou d'équilibre, non de remblaiement. Une rivière trop chargée ne méandre pas, mais bifurque là où elle arrive à dominer les régions adjacentes; elle enserre des îles, se divise en chenaux, mais n'a point de courbes régulières [93].

Ainsi s'explique un fait très commun dans l'allure du lit du bief inférieur des grands affluents du Congo dans la Cuvette, surtout aux approches de leur embouchure: l'aspect deltaïque des derniers kilomètres et plus en amont des tronçons rectilignes assez longs, coupés exceptionnellement de zones méandriques toujours peu importantes. On retrouve une telle morphologie sur certains tronçons de la Ruki et de l'Ikelemba et J. YAYER [359] le souligne de son côté, dans l'Ubangi

...dont le cours inférieur (présente) un aspect de delta encombré d'îles (...). Il n'y a pas de méandres mais de grandes étendues rectilignes et on peut voir souvent vers l'amont et vers l'aval, la ligne d'horizon comme sur la mer.

Revenons maintenant à nos sinuosités régulières et voyons comment elles se présentent ainsi que les raisons pour lesquelles le lit montre, dans le cas de vrais méandres,

...un tracé qui s'écarte sans raison apparente de la direction de l'écoulement pour y revenir après avoir décrit une courbe prononcée (...) (Dans une rivière qui décrit des courbes,) le courant principal est déporté du côté extérieur du méandre c'est-à-dire qu'il passe tout près de la rive concave (...).

Dans une série de méandres, le courant vient donc lécher successivement la rive droite et la rive gauche, en décrivant des sinuosités plus grandes que l'axe du lit apparent et en tendant à exagérer ces sinuosités puisque le lieu des plus grandes vitesses est celui de l'éro-

sion maxima; la rive concave se creuse donc de plus en plus, tandis que, sur la rive convexe, le courant, trop lent pour sa charge, abandonne une partie de celle-ci et construit une grève. La courbure s'accroît ainsi [93].

Cet affouillement du pied de la rive concave est dû à des mouvements hélicoïdaux qui prennent naissance dans le méandre, et non à une plus grande vitesse du courant (force centrifuge).

Dans nos cours d'eau méandriques, les dépôts, sableux le plus souvent, de la partie concave montrent des berges verticales bien que peu élevées, incisées par érosion latérale. Aux endroits où la rivière est fortement endiguée, ce sapement provoque l'effondrement de masses de terre et de végétation parfois considérables: des pans entiers, souvent en forme de croissant, glissent dans le lit; ces éboulis sableux sont ultérieurement remis en mouvement. De tels accidents ne sont pas rares le long de la Ruki et de l'Ikelemba où des esôbe rivulaires sableux, anciens bancs de sable rattachés aux rives et situés actuellement dans la partie concave du méandre, montrent des berges abruptes sans cordon forestier en marge du lit apparent.

Par contre, dans la partie convexe, les méandres se terminent du côté du lit apparent par une pente faible. Cette grève présente, après les crues, des redans successifs qui situent les différents niveaux du plan d'eau pendant la décrue.

Comme le fait très justement remarquer M. DERRUAU [93], le décollement de ces pans dans les rives concaves ne se produit pas

...quand les eaux sont au niveau le plus élevé, malgré la violence du courant (et) ne saurait se produire parce que la rive est rendue cohérente par l'imbibition de l'eau; pendant la décrue, en revanche, la baisse de la pression hydrostatique décolle un pan de la berge, d'autant plus que la mouille au pied de la rive a été dangereusement surcreusée par la crue (14).

Cette action de sapement ne se limite pas à la partie concave de la courbe mais se prolonge à sa sortie; ainsi, tout en exagérant

(14) Ce fait et le danger qu'il comportait étaient bien connus de nos payeurs qui n'approchaient pas volontiers des petites falaises sableuses bordant le Congo moyen quand nous les invitons à côtoyer ces endroits en périodes de basses eaux; ils craignaient des éboulements. Sans être spécialisés dans l'hydraulique fluviale, ces Lokele en connaissaient empiriquement quelques principes !

leur courbe, les méandres migrent vers l'aval. Nous ne nous étendrons pas sur les forces qui entrent en jeu pour provoquer cette migration, elles n'intéressent pas directement l'écologiste; nous dirons simplement que lorsque ce phénomène s'amplifie, les courbes se rapprochent au point de supprimer tout tronçon rectiligne intercalaire, la rivière devient méandrique sur un long parcours: certains auteurs parlent alors de « méandres divaguants », appellation parfois contestée.

Un dernier point concernant le problème des méandres est celui de leur recouplement; il peut s'opérer de deux façons différentes:

— par débordement, quand, pendant une crue, toute la plaine est inondée et que le courant garde après la crue le trajet rectiligne plus court plutôt que de décrire le méandre;

— par tangence, quand l'exagération de la courbure réduit à néant le pédoncule [93].

Les nombreux bras morts qui parsèment les forêts marécageuses du centre de la Cuvette résultent en grande partie du recouplement des méandres. Il s'agit vraiment de « relictés », portions que l'on désigne parfois du nom de « méandres abandonnés ». Beaucoup de plages d'eau libre ou envahies par des groupements herbeux n'ont pas d'autre origine; ces tronçons de lit abandonnés par les rivières et comme perdus dans l'écrasante forêt marécageuse affectent différentes formes: « ox-bow », fer à cheval à branches souvent inégales, croissant, etc.

L'examen stéréoscopique des photos aériennes de ces territoires décèle en abondance des « relictés » de méandres dont les plus récentes sont partiellement ou totalement envahies par des prairies aquatiques ou encore, si la nappe d'eau est moins profonde et temporaire, par des prairies marécageuses; par comblement progressif, la végétation de ces cuvettes passe normalement à des groupements forestiers marécageux ou périodiquement inondés pour autant que des influences biotiques n'entravent pas cette évolution.

Notons encore que sur les documents photographiques, on distingue parfois une série d'ondulations allongées dont les dépressions correspondent à une série d'anciens lits du fleuve.

Souvent ces « ows and balls » abritent encore, dans leurs parties basses, des plages d'eau libre.

Nous n'en dirons pas davantage sur ces boucles régulières « pleines de mystère » qui, si elles passionnent à juste titre la sagacité des géomorphologistes, sont, pour les écologistes, d'un intérêt tout aussi palpitant. Dans certaines séries aquatiques de la Cuvette congolaise surtout, la syngénétique des groupements est en rapport étroit avec l'évolution de ces formes façonnées par les cours d'eau. A ce titre, les méandres méritaient de retenir assez longuement notre attention.

II. *Les digues naturelles ou levées alluviales*

Une autre particularité des cours d'eau est la présence, de part et d'autre du lit apparent, de bourrelets légèrement en relief par rapport à l'arrière-berge.

Voyons comment s'opère la mise en place de ces cordons au profil en dos d'âne:

Quand une rivière déborde, envahissant sa plaine alluviale, la vitesse du courant est fortement ralentie dans la mince lame d'inondation, et les fins débris en suspension dans l'eau se déposent normalement en limon de crues, sur la surface inondée. Le dépôt toutefois à tendance à se faire surtout près du lit de la rivière, là où l'eau commençant à déborder subit un freinage brusque (accentué dans nos conditions par la frange de végétation aquatique qui borde fréquemment le lit). Si la charge des eaux est élevée, cette action est suffisante pour amener la formation de digues naturelles (ou levées alluviales) exhaussant les berges. (...) Entre une digue (15) et le versant correspondant, la plaine alluviale par suite de la tendance du dépôt à diminuer vers l'extérieur, montre souvent une pente faible dans le même sens [234].

On notera également que les matériaux (non ou partiellement fixés par une végétation) de ces levées alluviales se prêtent fort bien à l'évolution des méandres:

Ce sont (le plus souvent) des sables fins que le courant de crue, grâce à sa grande vitesse, réussit tout juste à tenir en suspension, mais

(15) On a parfois désigné ces « levées de cours d'eau » du nom de « restingas » [38]. Nous avons souligné ailleurs [151] l'ambiguïté de ce vocable brésilien qui correspond aux « levées de plage » des géomorphologistes de langue française; son usage est contre indiqué quand il s'agit de « levées de fleuve ou de rivière ».

qu'il dépose dès que, débordant, sa vitesse décroît. Ils sont donc aisément affouillés et transportables mais seulement par un courant rapide et sur une courte distance: l'érosion sera donc exactement compensée par l'alluvionnement [19].

Cette description s'applique bien à certaines de nos rivières équatoriales où des dépôts sableux constituant les berges, ou accolés à celles-ci, constituent un substrat particulièrement érodible; ainsi, des plages importantes de sables disparaissent en l'espace de quelques jours, en cas de crues assez violentes.

Les levées alluviales sont donc formées de dépôts plus grossiers, plus perméables et plus précocément émergés que les cuvettes et les parties en dépression colmatées par des éléments fins, compacts et plus longtemps inondées. De telles conditions stationnelles et texturales permettent à ces bourrelets de se coloniser plus tôt et plus rapidement; l'hydrosère y suit son développement normal: bien souvent le stade ligneux est atteint alors que dans les parties en contrebas, le stade de prairie aquatique n'est qu'amorcé. Ainsi s'explique la présence de cordons forestiers plus ou moins larges, séparant le lit apparent des formations herbeuses des rives en contre-pente.

D. *L'écoulement aux embouchures*

L'aspect deltaïque et l'absence de méandres dans le cours inférieur des rivières équatoriales nous amènent à dire un mot du mot du phénomène de diffluence.

Celui-ci s'observe le mieux dans le bas Ubangi mais se retrouve également au débouché d'autres rivières dans le fleuve (surtout entre Bumba et Gombe) et d'une façon générale, dans tout cours d'eau qui,

...à sa jonction avec un autre, entre en crue bien avant celui-ci (et, de ce fait), peut élever le niveau par remous jusqu'à une certaine distance à l'amont. La diffluence s'observe dans les bassins hydrographiques à relief très plat et à substrat peu consistant se prêtant bien au creusement des chenaux [262].

Il consiste dans le fait que, lors du paroxysme des crues, une partie des eaux débordées ne rejoint pas ultérieurement le lit dont elles proviennent mais empruntent des issues secondaires qui les conduisent dans le bassin d'une autre rivière. Certains de ces

chenaux connaissent des écoulements alternés (inversion de courant) en rapport avec les crues des deux bassins.

En dehors des périodes de basses eaux, les rivières inondent la plus grande partie de la plaine alluviale. Celle-ci est d'ailleurs parcourue en tous sens par un lacs de bras secondaires ou de chenaux (16) s'enfonçant dans le flat alluvionnaire et rejoignant le lit de la rivière parfois après plusieurs kilomètres. La plupart de ces défluent restant en eau toute l'année, d'autres ne sont fonctionnels qu'aux hautes eaux. Au moment de l'étalement, à quelques îlots près, toute la vallée est inondée sur plusieurs kilomètres de largeur et le talweg se retrouve difficilement. Lors du retrait des eaux de débordement, les terres émergent progressivement; les plus élevées, qui s'assèchent temporairement, portent des forêts « périodiquement inondées », les plus basses restent gorgées d'eau en permanence et sont couvertes des forêts « marécageuses » (17). Des bourrelets ou cordons alluvionnaires, de largeur variable, se retrouvent en périphérie des îles et le long des berges.

Ces nombreux bras s'entrecroisent et isolent des îles boisées ou encore se rejoignent et créent des plages d'eau libre voire de petits lacs envahis partiellement par une végétation aquatique.

Les photos aériennes donnent une image très suggestive de ces labyrinthes des embouchures et des biefs à pente quasi nulle; les plus développés se situent dans la Giri (dans l'Entre Congo-Ubangi), sur le tronçon du fleuve entre Nouvelle-Anvers et Gombe (soit 330 km) et dans les bassins de la Ruki, de la Busira et de la Tshuapa (18).

(16) Ces chenaux défluent abondamment dans la plaine alluviale du Bas-Amazone où ils portent le nom de « furos ».

(17) L'étendue des forêts marécageuses et périodiquement inondées est difficile à évaluer. On a avancé [329] pour l'Entre-Congo-Ubangi (Giri, bas Ubangi et Congo équatorial) le chiffre de 180 000 km²; il s'agit là d'une estimation très grossière. Dans l'Entre Ikelemba-Ruki, les marécages couvriraient 60 à 70 % de la surface [191].

(18) Ce dédale de chenaux a tenu en échec le Service des Travaux Publics de la Province de l'Équateur qui avait tenté d'établir une liaison routière directe entre Coquilhatville et Ingende. L'embarras de trouver des matériaux « solides » pour l'établissement de digues et surtout la difficulté de fixer ces remblais, par suite des écoulements alternés dans les chenaux, ont eu raison de l'opiniâtreté des Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

§ 3. L'ALLUVIONNEMENT EN FONCTION DES SITES

Les phénomènes de sédimentation qui se déroulent dans la Cuvette congolaise concernent principalement le transport et le dépôt de matériaux de petits calibres. On a vu précédemment que les composants de la charge sont véhiculés principalement à l'état de troubles, c'est-à-dire en suspension; néanmoins, le transport par traction sur le fond peut être appréciable dans certains biefs.

D'une façon générale, les transports s'opèrent durant les crues bien que les fines particules cheminent en tout temps. C'est à la pointe des crues (eau quasi immobile) et durant la décrue (courant très lent) que les sédiments précipitent: les plus grossiers restent dans le lit apparent ou le bordent (cordons alluvionnaires), les plus fins se décantent dans le lit d'inondation. Des quantités importantes de matériaux (19) sont ainsi déposées en relation avec le rythme annuel de la submersion.

Dans une section mouillée, la charge, on le sait, est inégalement distribuée. De ce fait, il se produit, dans le flux en mouvement, un triage vertical qui entraîne les éléments les plus grossiers vers le fond du lit tandis que dans le sens latéral, la teneur de l'eau en substances solides augmente des berges vers le milieu du lit.

Par contre, suivant le profil en long, un classement plutôt qu'un triage des matériaux se dessine. D'amont en aval, les sédiments transportés par les crues deviennent de plus en plus fins; aux abords des embouchures, les dépôts sont principalement constitués de vases. Une telle répartition s'observe sur le trajet du fleuve entre Stanleyville et Lukolela; les dépôts sableux dominent dans la zone d'amont tandis que les placages limoneux sont plus fréquents dans la zone d'aval. Cette règle (20) connaît des

(19) Comme pour l'érosion, l'estimation de l'importance annuelle de l'alluvionnement est un calcul à ne pas tenter en l'absence d'observations à long terme. Tout ce que l'on peut dire c'est que d'abondants dépôts émergent continuellement et que les terres les plus basses de la plaine alluviale subissent périodiquement un véritable limonage et se remblaient.

(20) Dans un récent travail, M. ICHIKAWA [182 bis] recherche une relation quantitative entre le modelé et la charge alluviale des cours d'eau. D'un résumé analytique de cette étude fait par J. TRICART (in *Rev. géom. dyn.*, IX, 1958) nous

exceptions dans la boucle du Congo où l'érosion du bassin direct superpose ses effets aux apports des tributaires et modifie, par endroits, la ségrégation des matériaux. Aussi, il n'est pas rare d'observer des sables grossiers au voisinage de dépôts argileux, même aux abords des confluent.

Pour une bonne description et une compréhension satisfaisante des biotopes alluvionnaires des grandes vallées de la Cuvette, il est donc nécessaire de schématiser le mécanisme des dépôts en fonction des sites. La genèse de ces atterrissements nous amène à traiter successivement des formes d'accumulation sur les rives et le flat alluvial, des dépôts du lit et enfin de l'alluvionnement aux zones de confluence.

A. Les dépôts des rives et du flat alluvial

Tout le long des biefs régularisés d'aval, à pente généralement très faible et à courant lent, le cours d'eau alluvionne sur tout son trajet; mais, si l'érosion verticale est pratiquement négligeable, l'érosion latérale par contre, peut être localement très active.

En fait, l'érosion latérale, le transport et le dépôt des sédiments s'opèrent conjointement et simultanément dans la plupart des rivières équatoriales qui, dans leur traversée de la Cuvette, montrent un profil en long d'une grande régularité: on dit qu'elles ont atteint leur profil d'équilibre (21). A ce stade, l'équilibre entre la charge et la capacité de transport est pratiquement atteint et l'érosion verticale effective devient quasiment nulle. Mais, la chose se conçoit aisément,

extrayons ce qui suit: « La fourniture de débris de composition granulométrique déterminée par les versants, commande les modalités de transport et d'accumulation par les rivières. Dans les bassins dénudés... il n'y a pas diminution granulométrique ni amélioration du triage de l'amont vers l'aval, les apports importants se produisant sur versants raides tout le long du cours. Ces alluvions ont des courbes généralement parentes de celles de coulées boueuses. La comparaison d'un bassin dénudé et d'un bassin boisé montre, dans ce dernier, des alluvions moins grossières malgré un talweg en pente plus forte. Ce serait la conséquence d'une altération plus poussée sous forêt fournissant aux cours d'eau des débris plus fins ».

(21) Profil dont la pente est tout à fait suffisante pour assurer en chaque point le transport des matériaux.

...un équilibre parfait et définitif n'est en fait réalisé que dans le cas d'une rivière idéale c'est-à-dire dans une rivière dont le débit, vitesse et charge seraient invariables en chaque point de son cours [234].

Dans la réalité, il en va tout autrement puisque le régime fluctue au cours de l'année; en effet, au début des crues l'augmentation du débit et de la vitesse permet une capacité de transport plus élevée, et de ce fait, la rivière peut éroder ses berges et remanier partiellement son lit; en fin de crue, la diminution de ces deux éléments du régime amène la capacité de transport à saturation et la rivière dépose des alluvions.

Détaillons quelque peu le processus d'alluvionnement sur les rives des cours d'eau de la Cuvette congolaise, plus particulièrement dans la zone de grand alluvionnement sise immédiatement en amont des embouchures.

Nous avons souligné précédemment l'abondance des remaniements que subissent les rivières à méandres: leurs berges s'affouillent par endroits (faciès d'érosion) tandis que sur la rive opposée s'observent des placages d'alluvions et des levées (faciès de sédimentation). A l'arrière de ces bourrelets de berges (22), situés à la limite du lit apparent et du lit d'inondation, se crée ainsi une zone calme à plan d'eau encore profond. Lors des débordements, la ségrégation des dépôts en fonction de leur calibre provoque la formation d'une pente faible en direction des bords de la plaine alluviale.

L'exhaussement plus rapide des parties proches du talweg que celui des zones plus éloignées s'explique, comme on le sait, par une sédimentation plus active en limite du lit apparent (gros éléments) que dans les criques en retrait (éléments fins) où naturellement les matériaux sont de plus en plus ténus à mesure que s'opère le remplissage. Ces sols de bassin fermé montrent donc en général des profils de plus en plus argileux vers la sur-

(22) Dans la région de Coquilhatville, les parties les plus hautes de ces levées sont parfois occupées par des palafites. Ce sont les « nganda », campements utilisés par les pêcheurs et les récolteurs de copal. En lomongo [179], « nganda » désigne à la fois la période des eaux basses allant de janvier à mars et les campements du bord des rivières; le terme « nganda » a pour correspondant français: se dilater, distendre, ballonner et pourrait traduire l'idée de « plage en relief ». Ces sites sont comparables aux « toguéré » du Niger, îlots d'origine alluviale, émergeant aux hautes eaux et aux « tesos » brésiliens du Bas-Amazone.

face, mais des modifications temporaires peuvent cependant perturber cette succession normale des horizons.

La topographie en pente douce n'est cependant pas générale, et bien souvent on observe une forme en dos d'âne déjà signalée par W. ROBYNS [278]. Ce microrelief en ados s'explique par un phénomène bien connu. Lorsque, à la faveur d'une dénivellation importante (brèche) dans la digue naturelle, ou pour une autre cause, l'eau déborde suivant deux directions, la rencontre de ces deux ondes de crues amène un ralentissement considérable de la vitesse d'écoulement pouvant aller jusqu'à un arrêt complet: c'est sur ce front que l'épaisseur des dépôts sera maximale. Il s'agit là d'un phénomène d'alluvionnement très général qui se retrouve sur toutes les voies d'eau où deux ondes de sens inverse se heurtent; il explique la configuration assez particulière de certaines savanes périodiquement inondées (anciennes prairies aquatiques) qui présentent une sorte de crête plus ou moins médiane nettement surélevée par rapport au reste de la cuvette de sédimentation (cas de l'esôbé rivulaire de Bokanga, p. 247).

On rencontre parfois des plages purement sableuses ne comportant pas de levées alluviales. C'est le cas notamment lorsque la rivière attaque par sapement des dépôts sableux: dans la partie concave des méandres, la levée alluviale manque, la paroi est abrupte (cf *fig. 6*) et si un esôbé s'est établi à cet endroit, le cordon boisé manque et le groupement herbeux confine directement à la rive.

Plus rarement, on trouve en arrière d'une digue naturelle argilo-sablonneuse, des plages de sables: ces sédiments s'y sont infiltrés à la faveur d'une brèche dans la digue et se sont déposés à l'arrière du bourrelet alluvial qui s'est boisé dans l'entretemps. Ce sont là deux exceptions assez fréquentes aux règles habituelles qui régissent les dépôts dans la plaine alluviale; il en existe d'autres plus rares, — comme la soudure d'un banc de sable à la rive par obturation du chenal latéral qui le séparait de la berge boisée, — que nous n'envisagerons pas ici.

Que se passe-t-il à la pointe des crues, dans les cuvettes des arrière-berges en voie de sédimentation?

Au moment de l'étalement, il se produit une stagnation plus ou moins longue des eaux, période durant laquelle une sédimen-

tation active (limons de décantation) s'établit, après quoi le courant reprend en sens inverse et la plus grande partie de l'eau reflue vers la rivière. Les limons de décantation sont suffisamment résistants à l'érosion pour ne pas être remis en mouvement par les courants de décrue. Une mince nappe persiste quelque temps en surface des alluvions, elle gagne par de petites rigoles les parties les plus déclives généralement ceinturées d'un chenal collecteur: cette fausse rivière n'est jamais bordée de levées alluviales. Dans d'autres cas, le ruissellement s'opère en direction de cuvettes fermées ou de marigots rarement asséchés.

B. *Les dépôts du lit*

A l'instar de tous les cours d'eau de plaine, le Congo et ses tributaires majeurs, dans la Cuvette centrale, montrent une grande instabilité du lit: ils coulent sur un « fond mobile ».

Les pentes médiocres, les faibles vitesses du courant et le fond constitué d'éléments de petit calibre se prêtent bien aux dépôts qui se produisent surtout durant les surcharges des périodes de crue.

La vitesse et l'importance du débit déterminent le profil en long du lit. La surface du fond présente différents modelés en rapport avec ces deux facteurs; la brève description ci-après est empruntée à H. TWENHOFEL [323] (23).

Lorsque le débit solide est faible et par conséquent la vitesse réduite, les sables s'étalent en petites dunes de profil asymétrique qui migrent vers l'aval: c'est la phase « dunaire » du charriage, l'érosion creuse l'amont de la dune tandis que les dépôts s'effectuent à l'aval. Une augmentation quelque peu importante de la vitesse entraîne la disparition des dunes de la surface du fond: c'est la phase « d'aplanissement » du charriage au cours de laquelle le sable glisse vers l'avant sur le lit entier. Durant cette phase, un accroissement de vitesse donne naissance à une forme

(23) Les rivières charriant non seulement les matières en suspension mais possédant aussi une charge de fond capable de creuser sont évidemment plus fréquentes en périphérie de la Cuvette. Les cours d'eau ne transportant que des troubles (principalement des colloïdes) sont peu capables de creuser leur lit: « les eaux lie de vin des grands fleuves équatoriaux sont un médiocre outil de creusement [93]. ».

de charriage qui se caractérise par une érosion du côté aval et des dépôts du côté amont: c'est la phase « antidunaire » au cours de laquelle les dunes migrent vers l'amont. Les « antidunes » se déplacent plus rapidement en amont que les « dunes » ne le font vers l'aval, et leurs pentes sont plus symétriques.

Ces trois phases de charriage sont en relation avec la profondeur d'eau et la vitesse du courant. La phase d'aplanissement s'établit lorsque la vitesse du courant, la profondeur et la sinuosité du lit sont faibles; si seule la profondeur augmente, on passe à la phase dunaire; si, par contre, la vitesse du courant grandit sans une augmentation concomitante de la profondeur d'eau, la phase antidunaire prend place. L'apparition, le maintien ou la disparition des seuils (bancs de sable) s'expliquent par la succession de ces différentes phases.

Le fond de nos rivières présente ainsi l'aspect

...d'une sinusoïde grossière (ou, si l'on veut, un développement en montagnes russes) et comporte des alternances de creux ou mouilles dans les courbes au pied des berges concaves, et de seuils (24) à faible profondeur dans les alignements entre les sinuosités. En règle générale, lors des croissances, les seuils se remblaient et les mouilles se creusent, fait en apparence paradoxal; par contre, lors des décrues ou des basses eaux, les mouilles tendent à se combler et les seuils à s'écarter. En dehors de ces deux types, les faits semblent souvent incohérents c'est-à-dire qu'ils n'ont aucune liaison visible, concordante ou contradictoire, avec les hausses ou les baisses du plan d'eau [262].

La sédimentation ne se produit donc pas uniformément sur toute la largeur du lit (apparent) mais s'opère par endroits, sous forme de « bancs » isolés ou groupés, parfois très nombreux. Le socle de ces bancs comporte des sables grossiers en profondeur et généralement des sables plus fins en surface.

Un banc de sable se place naturellement dans l'axe du chenal. Aux hautes eaux, les sables grossiers en suspension le franchissent mais se déposent en partie à son extrémité aval par suite des

(24) Les seuils et les mouilles s'observent le mieux en remontant le lit des petites rivières équatoriales dont le bief inférieur est en pente très faible; cette progression « par monts et par vaux » permet d'acquérir de façon pragmatique une connaissance de la topographie des lits !

contre-courants qui naissent à cet endroit. Ainsi on peut dire que le banc s'accroît de l'amont vers l'aval.

Mais cette croissance longitudinale s'accompagne d'un développement du banc en largeur d'où résulte une entrave partielle à l'écoulement. Pour pallier cela, les chenaux qui les bordent s'incisent progressivement et les rives du banc sont parfois très abruptes et peu fermes; le socle sableux, à ce stade, s'exhausse très rapidement.

Un autre facteur, la végétation, que nous étudierons par la suite, entre alors en action. Freinant davantage l'écoulement, elle accélère la sédimentation et finit par provoquer l'émersion de ces anciens seuils, sortes de « hauts fonds » aux basses eaux. A partir de ce moment, les dépôts franchement sableux cèdent la place aux alluvionnements à dominance de vase (sable fin et limon). La lame d'eau qui les recouvre durant les crues est plus ou moins ténue; elle est surtout chargée de fines particules qui se décantent au moment de l'étalement.

Si la végétation conquiert rapidement la surface du banc, ce dernier se maintient et s'exhausse par reconduction des atterrissements à chaque crue; des plantes pionnières, adaptées à ce milieu instable, s'y accrochent et l'envahissent progressivement; la couverture végétale assure un filtrage de l'eau et accélère ainsi la sédimentation. Ce stade une fois atteint, et sauf coup d'eau exceptionnellement violent, la stabilité du banc est assurée. La végétation herbacée cède ensuite la place à des groupements forestiers: les nombreuses îles boisées qui parsèment les lits de nos rivières équatoriales n'ont pas d'autre origine.

Si au contraire une reprise d'érosion se manifeste, le banc peut être partiellement emporté ou même disparaître complètement.

Les bancs de sable affectent généralement une forme allongée lenticulaire ou grossièrement elliptique; leur surface présente une pente douce et ascendante de l'amont vers l'aval où ils se terminent en talus. On connaît cependant de nombreuses exceptions à ce modelé classique. En effet, des dépôts ultérieurs viennent bien souvent obscurcir la forme primitive soit que des accolements latéraux les rendent asymétriques, soit qu'une érosion les cisaille et finisse même par y creuser un chenal de recouplement.

La soudure de deux bancs contigus n'est pas rare. Elle se produit quand, dans le chenal qui les sépare, un « bouchon » d'atterrissement établit une sorte d'isthme qui peut d'ailleurs disparaître à la première crue.

Un banc de sable peut également coiffer la pointe d'amont d'une île. Dans ce cas, comme le décrit J. YAYER [359], le banc ...se déforme en demi-lune et laisse entre l'île et lui un canal profond, au début, de plusieurs mètres.

Enfin, la plupart des îles montrent un profil « ensellé ». A l'égal de ce qui se passe sur les berges du lit apparent, les rives d'une île en formation connaissent une sédimentation plus active que sa partie centrale. Sur les bords, des éléments s'accumulent en bourrelets tandis que son hinterland, ne recevant que des troubles, s'exhausse beaucoup plus lentement. Ainsi s'explique le profil en selle que montrent les îles d'un certain âge (stade boisé): une dépression allongée dans le sens de l'axe se retrouve dans leur partie médiane.

Une analyse plus détaillée encore de la topographie des bancs et des jeunes îles révèle une foule d'autres intrications que l'on ne peut songer à traiter ici.

Si la génèse des bancs s'observe le mieux dans le lit apparent des rivières, — c'est si l'on peut dire leur site habituel, — il n'est cependant pas exceptionnel de trouver des dépôts sableux sur les rives: souvent, il s'agit de « levées sableuses », en forme de barre ou de lentille, déposées lors de coups d'eau violents. Des superpositions de bancs sableux à des alluvions plus fines ne sont pas rares dans les grandes nappes au voisinage des embouchures; nous reviendrons ultérieurement sur ce type de disposition lenticulaire du substrat.

De l'amont vers l'aval, la composition granulométrique des sédiments obéit à la règle déjà rappelée du triage des matériaux selon leur calibre. Conséquemment les bancs d'amont montrent un profil essentiellement sableux (cours supérieur du fleuve) tandis que dans ceux de l'aval, la proportion d'argile et de limon est plus élevée (cours moyen du fleuve). Mais la fantaisie habituelle des rivières, jointe aux effets des accidents locaux (tourbillons, éboulement des berges sableuses), et d'autres perturba-

tions (ruissellements d'érosion consécutifs aux défrichements culturaux) font que cette règle souffre, elle aussi, de nombreuses exceptions.

Signalons enfin que, dans les petites rivières à charge faible, le gonflement dû aux fortes pluies augmente brusquement la capacité de transport; les alluvions du lit sont ainsi régulièrement enlevées et l'érosion verticale reprend sur le talweg.

C. Les dépôts aux zones de confluence et dans les « basses terres »

Les placages alluvionnaires aux embouchures proviennent des apports des affluents, du lit lui-même et du remaniement d'alluvions anciennes; ces sédiments se déposent généralement en couches subhorizontales.

La topographie de ces zones de confluence détermine des conditions d'alluvionnement particulières à ces sites. C'est notamment le cas dans toute la zone voisine du confluent de l'Ubangi.

Rappelons le processus générateur des dépôts à ces endroits.

Au débouché d'un affluent,

...dans une rivière importante qui a déjà, ou presque, réalisé son profil d'équilibre à l'endroit du confluent, le niveau de la rivière alors à peu près fixe joue le rôle de niveau de base pour l'affluent qui développe son profil d'équilibre à partir de ce point (...) (si) la différence des pentes est suffisante, la brusque diminution de vitesse des eaux de l'affluent au passage de l'une à l'autre provoque la formation d'un cône de déjection qui empiète sur la plaine alluviale du fleuve principal [234].

Voyons maintenant le déroulement de ce phénomène dans la vaste zone d'épandage que constitue le fond de la Cuvette, et tout particulièrement entre Coquilhatville et Irebu, où prospèrent d'imposantes prairies aquatiques que nous avons plus spécialement étudiées.

Les conditions requises pour qu'un cône alluvial s'ébauche et se développe sont ici à leur optimum. D'une part, les débits solides y sont élevés et la capacité de transport des eaux arrive à sa valeur limite, les rivières ont atteint leur profil d'équilibre sur une distance importante en amont de leur confluent; d'autre part,

toute brusque diminution de pente y ralentit la vitesse du courant et s'oppose à l'évacuation de cette charge devenue trop encombrante et ne comportant plus guère que des sables fins et des limons; enfin, la rencontre des eaux de la rivière avec celles du fleuve provoque un freinage très favorable à la sédimentation.

Un phénomène particulier à l'embouchure de l'Ubangi fait bénéficier sa basse vallée d'un apport d'alluvions en provenance du Congo. Nous avons déjà signalé l'importance des eaux de débordement dans le cours inférieur de l'Ubangi et la précocité de sa crue par rapport à celle du fleuve, cette dernière se produisant quand son affluent est en pleine décrue. Ce « déphasage » des crues permet aux eaux du Congo de refouler dans le lit de son affluent, sur 200 à 300 km. Cette rencontre des deux ondes ralentit considérablement la vitesse du courant et provoque dans toute la vallée un comblement intense des dépressions et un limonage périodique des groupements herbeux particulièrement aptes à retenir les sédiments qui transitent.

La genèse d'un cône alluvial s'explique donc par une réduction de la pente aux voisinages des embouchures et, simultanément, par des contre-courants et des remontées des eaux dans la vallée de l'affluent; dans ces élargissements, des tourbillons naissent fréquemment et déblayent les alluvions non fixées. Le profil irrégulier du cône alluvial résulte des déplacements continuels des bras sur cette surface fort instable; en période de crue, la rivière recouvre ses alluvions en même temps qu'elle y creuse de nombreux bras (autodragage local); par endroits, des « bouchons » de limon ou de sable obstruent ces chenaux qui ne fonctionnent plus qu'en période de crue; à l'étiage, des plages exonchées alternent avec des marigots temporaires ou permanents selon la nature du fond. La sédimentation y revêt donc un caractère « épisodique » et « erratique »: les différents bras alluvionnent tantôt plus, tantôt moins, d'où une grande variabilité dans l'épaisseur des apports; la texture des sédiments va du sable fin au limon, mais en superficie, les plages de vase dominent nettement par rapport aux lentilles sableuses.

Inlassablement, de nouveaux sédiments se superposent ou s'adossent aux anciens. Parfois, les plages s'effilochent et disparaissent: les alluvions déposées sont reprises par l'eau; remises

en mouvement, elles vont engraisser des bancs de sable ou des prairies aquatiques situées en aval; le cycle peut se continuer jusqu'à ce que les sédiments atteignent une zone de calme à turbulence nulle ou à tranche d'eau faible, ou encore qu'une végétation parvienne à les fixer. Il s'établit ainsi, aux zones de confluence, une succession ou une alternance d'un important transport en long et de puissants apports latéraux encombrant les lits. Un véritable archipel s'y constitue où les îles herbeuses et boisées s'entremêlent et voisinent aux basses eaux avec des plages ternes (vase) ou brillantes (sable) non encore colonisées mais sur lesquelles quelques plantes pionnières ne tardent pas à s'installer. On peut dire qu'à hauteur des embouchures, les eaux divaguent entre les bancs d'alluvions (dépôts actuels) et les îles herbeuses et boisées (dépôts subactuels).

Les conditions d'écoulement et, partant, d'alluvionnement dans les « basses terres » de la Cuvette et notamment aux embouchures de l'Ubangi, de l'Irebu (émissaire du lac Tumba), de la Ruki et de l'Ikelemba, s'apparentent assez étroitement à celles d'un delta. Les bras des cours d'eau se déplacent fréquemment, des lacs superficiels naissent périodiquement dans les zones périphériques en contrebas des parties centrales; ces lacs peu profonds redeviennent de simples marécages en dehors des périodes de hautes eaux.

Signalons encore que, dans tout ce bief qui correspond à la partie la plus déprimée de la Cuvette, l'élévation des berges (digues naturelles) s'accompagne d'un surélévement du fond du lit. Il en résulte un exhaussement de toute la plaine alluviale qui affecte ainsi une forme bombée propice aux débordements saisonniers.

Cet exposé, forcément très schématique, des conditions hydrographiques régnant aux zones de confluence et dans le fond de la Cuvette suffira, pensons-nous, à expliquer la naissance des placages d'alluvions dont les plus imposants s'observent au débouché de l'Ubangi dans le Congo, à proximité d'Irebu.

Pour clore ce paragraphe consacré aux processus de morphogénèse des alluvions, nous ne saurions mieux faire que de citer un passage de l'étude que H. BAULIG [19] consacre à l'évolution du lit du cours d'eau des régions très aplanies. Il s'applique avec

pertinence aux formes alluvionnaires que l'on rencontre en Cuvette congolaise:

Une rivière de plaine alluviale est dans un état d'équilibre dynamique (...) (lequel) est compatible aussi bien avec un creusement lent — n'allant pas cependant jusqu'à l'encaissement — qu'avec un remblaiement lent — n'allant pas jusqu'à l'anastomose du courant — ou une stabilité presque complète (...). Un tel équilibre ne se maintient que par un rajustement continu qui, en chaque point et à chaque instant, par érosion ou par dépôt, annule les perturbations telles que l'éboulement d'une berge à l'amont entraînant une surcharge à l'aval, ou que le recoupement d'un méandre à l'aval amenant une augmentation de pente à l'amont. Tous les points d'un cours d'eau sont solidaires, la rivière à méandres libres est la forme la plus complexe d'équilibre mobile.

Un tel état d'équilibre, rompu à chaque instant mais se rétablissant automatiquement, se retrouve dans les rivières du bassin central du Congo. Dans la partie la plus déprimée de cette vaste « auge », un travail inlassable de comblement et de remaniement se poursuit avec une grande régularité. Cette région d'accumulation principale, parsemée d'immenses champs d'épandage, représente incontestablement les « pays-bas » congolais.

§ 4. L'INFLUENCE DE LA VÉGÉTATION SUR LA SÉDIMENTATION

L'action de la végétation sur la sédimentation en eau courante est un fait d'observation, et nous y avons fait allusion précédemment.

La végétation herbacée ou ligneuse fixée sur les substrats inondés ralentit considérablement l'écoulement de l'eau. Elle provoque non seulement des atterrissements mais modifie la granulométrie des dépôts ultérieurs. Ce phénomène s'observe bien sur les bancs de sable: tant que le socle reste sous eau et demeure par conséquent dénudé, la fraction fine en suspension (argile et limon) transite en grande partie sans se déposer, mais, dès qu'une exondation temporaire permet l'installation de quelques touffes, il s'opère aux abords de celles-ci un triage de matériaux.

C'est naturellement à la période des maigres lorsque la diminution du débit se traduit par un ralentissement marqué du cou-

rant en surface des prairies aquatiques, que la sédimentation atteint sa valeur maximale.

L'influence de la végétation sur le processus de dépôt est triple: d'une part, elle consolide le matériau déposé en empêchant sa reprise par l'érosion et sa remise en mouvement; d'autre part, elle constitue une véritable entrave mécanique au passage de l'eau et ce freinage favorise la décantation en même temps qu'il opère un tamisage des particules en fonction de leur grosseur; enfin, comme productrice de matières vertes, elle enrichit continuellement le substrat par incorporation de déchets organiques.

Le triage des matériaux transportés s'observe le mieux sur les levées alluviales et les arrière-berges enherbées; le sable fin qui est emporté par saltation se dépose sur la digue tandis que les troubles gagnent les cuvettes qui se comblent beaucoup plus lentement. Cette zonalité des dépôts apparaît nettement dans la texture des profils creusés dans les groupements herbeux des berges.

Pour les régions équatoriales, on manque de données précises quant à l'importance de la « phytosédimentation » en rapport avec la nature et la densité du couvert végétal; la littérature ne mentionne pas, à notre connaissance du moins, d'étude systématique à ce sujet (25).

En régions tempérées et dans des pièces d'eau fermées, l'atterrissement provoqué par les hydrophytes peut être excessivement rapide. En Hollande, on signale des colmatages spectaculaires de dépressions (anciens lits du Waal), en l'espace de vingt ans [334].

Aux principaux faciès granulométriques correspondent des stades de colonisation bien tranchés. En bref, le déroulement de l'hydrosère s'opère comme suit:

1. Sur les bancs de sable, au voisinage des psammophytes pionniers implantés à l'état dispersé, on voit s'amorcer des premiers dépôts de sables plus fins. Des cypéracées cespiteuses pouvant résister à un certain ensablement (*Cyperus imbricatus*, *C.*

(25) Dans certains cas, nous avons observé une sédimentation de l'ordre de 5 à 10 cm en quelques mois; c'est, à n'en pas douter, un cas assez exceptionnel.

Nous avons tenté de juger approximativement de l'épaisseur des dépôts annuels en recourant à différents procédés (semis de sable, mise en place de repères); mais la continuité des observations n'a pu être réalisée.

maculatus, *Fimbristylis cioniana*, etc.) sont les premiers occupants de cette « phase sableuse ».

2. Un abaissement temporaire du plan d'eau fait échouer sur le banc de sable un fragment de tige de graminée arraché aux prairies aquatiques de l'amont. Cette bouture s'enracine rapidement. Il naît ainsi, de çà de là, de petites colonies. Les gramens les plus aptes à s'accommoder de ces situations sont évidemment des géophytes rhizomateux à longues tiges radicales aux nœuds: ils allient en effet un enracinement traçant, — favorable à la fois à l'ancrage de l'individu et à la fixation des dépôts, — à un système aérien grand producteur de matières organiques, jouissant d'un pouvoir de sédimentation élevé et capable de supporter d'importantes fluctuations du plan d'eau. A ce stade de l'atterrissement, « l'horizon » de surface comprend de gros éléments (sables), de fines particules (argile et limon) et des matières organiques: c'est la « phase sablo-limoneuse ». Les colonies de *Vossia cuspidata*, d'*Echinochloa* spp., de *Brachiaria mutica*, etc. ne tardent pas à confluer en de vastes plages pour constituer finalement de véritables prairies aquatiques: c'est le « stade de grand alluvionnement » [233] au cours duquel l'enrichissement en matières organiques s'amplifie, en même temps que s'établit un début d'homogénéisation des couches de surface.

3. L'implantation de pionniers arbustifs parmi les graminées achemine progressivement la prairie vers une fruticée à *Alchornea cordifolia* qui correspond à un degré d'exondaison plus avancé que le stade prairial. La vitesse et l'épaisseur de la nappe diminuant, la compétence du courant est plus faible et de ce fait les eaux véhiculent principalement des troubles. Ceux-ci qui comprennent essentiellement des limons, des argiles et des plaquettes

(26) L'exemple suivant illustre bien la puissance de freinage et de tamisage d'un cordon rivulaire de cette nature. En amont d'Isangi, des essais culturaux sur alluvions juvéniles avaient amené les agronomes à abattre rez-terre la ceinture d'*Alchornea* d'une petite île. Après la crue qui suivit immédiatement cette coupe à blanc, on pouvait observer en divers points de l'île défrichée des levées sableuses atteignant jusqu'à 90 cm de hauteur ! Ce cordon arbustif, véritable brise-lame pour les hautes eaux, est donc à respecter; si des raisons phytosanitaires s'opposent à son maintien, il faut lui substituer une frange graminéenne.

On soulignera ici la similitude des dispositifs adaptatifs présentés par cette euphorbiacée des cordons rivulaires et les essences de la mangrove (*Rhizophora*, *Avicennia*) qui fixent énergiquement les vases des estuaires et empêchent le matériel sableux de dépasser le cordon littoral.

de mica, précipitent sous l'effet de freinage qu'exerce le laci de marcottes naturelles développé par les *Alchornea* (26). Cette « phase limoneuse » de l'alluvionnement se prolonge jusqu'à l'exondaison complète et définitive; à ce stade, les processus pédogénétiques s'intensifient.

Le pouvoir filtrant des groupements herbeux varient en fonction des types biologiques de leurs constituants. Les géophytes rhizomateux du type prostré-radicant (*Vossia*, *Echinochloa*) qui réalisent un « couvert gazonnant », jouissent d'une capacité de sédimentation plus grande et fournissent davantage de matières organiques que les hémicryptophytes cespiteux (*Jardinea*, *Ystia*); ces dernières espèces, également sociales, présentent néanmoins un taux d'occupation du sol moins élevé (nombreux vides entre les individus) et leur système racinaire fasciculé est moins bon pourvoyeur en détrit. Dans nos conditions, les feux sont également plus destructeurs dans les peuplements cespiteux.

Ainsi, la capacité de sédimentation (facteur d'alluvionnement) est donc proportionnelle au degré de recouvrement de la végétation pionnière; la production de dépôts organiques (facteur d'atterrissement) est également fonction des types biologiques (27). Ces deux facteurs agissent en élevant le niveau du sol.

*
* *

Cet exposé des processus de mise en place des alluvions, en relation avec les profils en long et en travers des grandes voies d'eau de la Cuvette, permettra de mieux comprendre la localisation de nos groupements (sélectivité des sites), de pénétrer plus facilement leur écologie et leur dynamisme (synécologie et syngénétique) et d'interpréter la nature et la diversité des sols rencontrés (édaphologie). Ce n'est néanmoins qu'une vue assez grossière des phénomènes; des observations détaillées y apporteraient bien des correctifs.

(27) Dans des travaux d'aménagement en terres basses qui viseraient soit le comblement accéléré des dépressions, soit la fixation de digues et d'autres ouvrages hydrauliques, on devrait évidemment prendre en considération la capacité de sédimentation différentielle de ces gramens sociaux, sortes de « plantes-pièges » pour alluvions.

CHAPITRE IV

LA NATURE DES EAUX

L'hydro-botaniste qui traite des groupements herbeux des rivières et des marécages de la Cuvette est intéressé, au premier chef, par la composition et les propriétés des eaux courantes et stagnantes. On sait en effet que la répartition spatiale et l'écologie de ces groupements sont conditionnées avant tout par la nature de l'eau, son degré d'aération, l'épaisseur de la nappe, son caractère temporaire ou permanent, etc.

La nature physico-chimique des eaux des rivières congolaises n'a pas encore fait l'objet d'études fort étendues qui permettraient de les caractériser sous l'angle hydrobiologique. Cette particularité n'est d'ailleurs pas limitée aux eaux congolaises, les eaux tropicales en général n'échappent pas non plus à cette remarque.

Le milieu aquatique de la Cuvette, bien qu'encore peu exploré dans son ensemble, n'est cependant plus un « aqua incognita ». De récentes études ont apporté leur tribut à une première reconnaissance des eaux du Congo central. Le présent chapitre résumera l'essentiel des propriétés physico-chimiques de ces eaux équatoriales et se terminera par une brève incursion dans les milieux aquatiques du Congo oriental et méridional.

Nous abordons ici, avec une certaine appréhension, une discipline qui nous est fort étrangère. Notre analyse sera donc forcément imparfaite et surtout tronquée puisqu'elle ne retiendra que les indications capables d'éclaircir avant tout l'écologie de nos peuplements herbeux et, le cas échéant, d'expliquer leur répartition ou leur extension géographique.

§ 1. LES EAUX DU CONGO CENTRAL

Les problèmes de ravitaillement en eau potable des agglomérations urbaines et, plus près de nous, celui de la destruction de *Eichhornia crassipes*, sont principalement à l'origine d'une meilleure connaissance des eaux de la Cuvette congolaise.

A. Influence des facteurs géologiques et climatiques

L'effet de la physiographie et de la lithologie du bassin congolais dans le processus de la génèse des eaux superficielles et profondes a été souligné par A. CLERFAYT [64]:

Les manteaux limoneux arénacés et gréseux dont est recouverte la plus grande partie du territoire congolais se caractérisent par une extrême pauvreté en carbonates de chaux et en magnésie, et localement par la présence, à faible profondeur, d'une cuirasse latéritique. C'est pourquoi les pouvoirs de minéralisation et aussi d'élaboration nitrifiante de ces sols sont restreintes et, par voie de conséquence, la dureté et l'alcalinité des eaux superficielles et souterraines le sont aussi (...). C'est dans une catégorie distincte qu'il y a lieu de ranger les eaux du fleuve Congo, surtout dans ses biefs d'aval, en raison du caractère de pluralité et d'extension géographique de ses affluents.

L'influence des précipitations sur le régime des rivières en région de climat équatorial a été précédemment examinée du point de vue hydrographique. L'action de la pluviosité n'est pas moins prépondérante en ce qui concerne la composition physico-chimique des eaux.

A ce propos, A. CLERFAYT écrit:

Dans les eaux stagnantes, (une) fermentation putride, sous forme charbonneuse, donne naissance à des résidus organiques soulevés et emportés par le courant. Leur solubilisation communique aux eaux une coloration caractéristique, variant du jaune au brun noirâtre. Cette teinte, résultant des effets de macération végétale, est comme l'estampille d'origine des eaux courantes dans le bassin congolais (...). (Dans les régions tropicales) de grands écarts affectent la composition des eaux brutes suivant les saisons (...). Dans la région équatoriale, par contre, le régime des précipitations ne présente aucune périodicité cyclique: la Cuvette centrale y est gratifiée de copieuses averses, jour par jour (1).

(1) On verra plus loin que des variations saisonnières non négligeables se marquent également dans les eaux équatoriales congolaises.

Il convient de préciser quelque peu la nature et la provenance des matières en suspension ou en solution présentes dans les rivières du centre de la Cuvette.

Les eaux de surface véhiculent ou contiennent en sus de leur charge solide, — dans le cas de rivières descendant de plateaux périphériques, — des quantités importantes de matières organiques de nature végétale. Il peut s'agir soit de « macro-particules » représentées par des débris végétaux grossiers charriés par le courant après une averse copieuse, soit de « micro-particules » constituées de matières organiques (humiques) en solution colloïdale, entraînées surtout à partir des zones marécageuses et spécialement pendant la période de hautes eaux. C'est à ces micro-particules résultant d'une fermentation putride qu'il a été fait allusion précédemment. A ce sujet, A. CLERFAYT rappelle:

...qu'en périodes de fortes précipitations, les phénomènes de dissociation et d'infusion organique (engendrent la formation des matières organiques en solution) (...) et que de véritables vagues d'eaux troubles (provenant de l'entraînement et du charriage de particules terreuses mélangées à des débris végétaux) peuvent se succéder à une cadence très suivie: durée des pointes, 5 à 12 h, exceptionnellement 4 à 24 h. (On observe d'autre part une) remarquable concordance (...) entre les cycles saisonniers et les différentes courbes figuratives de coloration, de turbidité, de teneur en matières organiques et de richesses en bactéries.

B. *La composition physico-chimique des eaux de la Cuvette*

Si l'extension « explosive » de la Jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) constitue une véritable catastrophe pour la navigation fluviale, du point de vue scientifique par contre, elle a eu des effets plus heureux.

Deux publications de A. BERG [25 et 26] apportent une contribution remarquable à ce problème et à la nature des eaux des régions envahies ou menacées de l'être, par cette plante introduite. Elles mettent bien en évidence les facteurs qui sont à l'origine de la répartition actuelle de l'*Eichhornia* dans le bassin congolais tout comme ceux qui expliquent sa rareté ou son absence dans certaines rivières. Du point de vue phytogéographique, elles éclairent divers faits chorologiques difficilement inter-

prétables jusqu'ici. Ces études arrivant à point nommé pour la rédaction de ce chapitre, nous leur ferons de larges emprunts.

I. Les critères généraux de classification des eaux équatoriales congolaises

La présence générale de matériel humique de coloration brune dans les eaux équatoriales congolaises constitue une base importante pour leur classification.

Les matières humiques de ces eaux sont définies comme les ...substances acides de coloration brune issues de la décomposition anaérobie des matières végétales et conférant à l'eau une coloration caractéristique et un certain degré d'acidité non carbonique.

Dans la classification des eaux (équatoriales) congolaises, ...le degré de neutralisation de cette acidité humique permet la distinction des catégories d'eaux suivantes:

— *Les eaux humiques acides*, à neutralisation négligeable de l'acidité humique: il s'agit des eaux limitées à la Cuvette proprement dite;

— *Les eaux humiques partiellement neutralisées*, dont la teneur minérale n'est pas suffisante pour neutraliser complètement l'acidité humique: il s'agit principalement des eaux de rivières situées dans la Cuvette et originaires des plateaux;

— *Les eaux humiques complètement neutralisées*, dont la teneur minérale moyenne est suffisante pour neutraliser complètement l'acidité humique: il s'agit principalement des eaux de rivières situées dans les régions de plateaux ou au début de leur pénétration dans la Cuvette;

— *Les eaux dépourvues de matières humiques en solution* qui caractérisent certains cours d'eau de plateaux à certaines périodes de l'année; elles se rangent dans les eaux classiquement décrites en chimie des eaux.

II. Les caractéristiques des différentes classes d'eaux

Bornons-nous à donner un bref aperçu des caractéristiques essentielles reconnues, par A. BERG, à ces classes d'eaux naturelles.

1. Les eaux humiques acides

La nature de ces eaux est conditionnée essentiellement par une teneur variable en matières humiques acides. Cette teneur est

responsable des fluctuations de plusieurs facteurs physico-chimiques et, au premier chef, du pH qui peut osciller entre 5,2 et 3,5.

En relation nette avec le pH des eaux humiques acides, il convient de citer spécialement la conductivité électrique et la coloration brune dont les valeurs sont d'autant plus élevées ou plus intenses que le pH est plus bas. La relation conductivité/pH résume le mieux les propriétés essentielles des eaux humiques acides dont elle permet de dégager la grande pauvreté minérale (conductivité due aux sels en solution voisine de 10 micro-mho/cm) et la part primordiale que prend l'ion H^+ dans la conductivité aux pH bas. L'oxydabilité (teneur en matières organiques) est elle-même en corrélation étroite avec la coloration.

Enfin, la relation entre l'acidité non carbonique et le pH indique clairement qu'il s'agit d'une acidité faible (acidité humique variant de 0,030 m.équ/l, pH 5,2 à 0,800 m.équ/l, pH 3,6), quoique des traces d'acides forts semblent être présentes en dessous de pH 4.

Quant à la teneur minérale, elle se marque par une alcalinité nulle (absence de bicarbonates) et des teneurs ioniques faibles (inférieures à 1 mg/l pour les ions Ca, Mg, Na, K et Cl).

Du point de vue thermique, ces eaux accusent des températures relativement faibles (20 à 25°) sauf pour les grands cours d'eau soumis à une insolation élevée. La teneur en oxygène est proportionnelle au pH, fait attribuable aux conditions anaérobies de formation des matières humiques acides. Enfin, la turbidité nulle ou faible de ces eaux les rend généralement limpides malgré leur coloration brune.

C'est notamment à cette catégorie qu'appartiennent les eaux du lac Tumba étudiées par J. Th. DUBOIS [122]. Cet auteur constate, en surface, des extrêmes de température très élevés (jusqu'à 33°) mais de courte durée (quelques heures); la faible profondeur de cette expansion lacustre favorise l'échauffement de ses eaux mais le brassage violent (vent) qu'elles subissent, uniformise rapidement leur température qui est de l'ordre de 27 à 30°. Les autres valeurs physico-chimiques en font manifestement des eaux noires humiques acides, très pauvres en sels minéraux: les teneurs en Ca et en Mg n'atteignent pas 1 ppm.

2. Les eaux humiques partiellement neutralisées

L'acidité originelle, très peu ou pas neutralisée dans les eaux humiques acides, est ici neutralisée en partie par les cations minéraux. Ces eaux voient leur pH influencé par trois facteurs: l'acidité humique neutralisée, l'acidité humique résiduelle (non neutralisée) et l'anhydride carbonique dissous qui conjuguent différemment leurs effets et fournissent ainsi des pH très variables généralement compris entre 5 et 7.

La conductivité électrique (10 à 30 micromho/cm) traduit déjà une composition minérale plus riche. La coloration brune de ces eaux peut être variable tout en étant inférieure à celle des eaux les plus brunes (de pH faible) de la catégorie précédente.

La teneur minérale est caractérisée par une alcalinité nulle (absence de bicarbonates) et des teneurs ioniques supérieures à celles des eaux humiques acides surtout en Ca + Mg ainsi qu'il ressort de l'examen du *tableau VI*.

TABLEAU VI. — Composition physico-chimique moyenne d'eaux humiques partiellement neutralisées (d'après A. BERG).

Rivières	pH	micromho/cm	Teneurs ioniques en mg/l			
			Ca + Mg	Na	K	Cl
LUBILU (affluent du Congo en amont de Yangambi)	6,15	12,2	1,5	0,4	0,6	0,7
LOMAMI à Isangi	6,65	23,1	4,1	0,9	0,9	0,4
LOMAMI à Opala	6,63	22,6	3,9	0,9	0,9	0,4
TSHUAPA (amont)	4,78	15,6	1,8	0,7	0,9	0,5

3. Les eaux humiques complètement neutralisées

L'acidité originelle des matières humiques en solution est ici complètement neutralisée par les cations minéraux. L'équilibre acide carbonique-bicarbonates et, secondairement, les humates déterminent le pH qui est souvent voisin de 7.

La conductivité électrique de ces eaux est généralement plus élevée que celle des eaux humiques acides partiellement neutralisées et reflète donc des teneurs minérales appréciables comme l'indique les données du *tableau VII*.

TABLEAU VII. — Composition physico-chimique moyenne d'eaux humiques complètement neutralisées (d'après A. BERG).

Cours d'eau	pH	micromho/cm	Teneurs ioniques en mg/l			
			Ca + Mg	Na	K	Cl
ARUWIMI (à Basoko et Banalia)	7,07	49,5	7,3	2,8	2,2	1,1
ITIMBIRI (à Aketi)	6,79	30,7	4,4	1,3	1,9	0,8
MONGALA (aval)	6,45	27,9	4,9	0,6	1,2	0,8
MONGALA (amont)	6,74	34,8	6,6	0,6	1,1	0,8
UELE (à Yakoma)	6,74	30,1	4,2	2,1	1,7	0,4
U'BANGI (moyen et inférieur)	6,89	38,5	6,6	1,5	1,4	0,7
Fl. CONGO (Yangambi) rive	7,30	47,0	7,0	2,6	1,7	1,3
Fl. CONGO (Yangambi) centre	7,36	56,1	8,1	3,4	1,9	1,9

La coloration brune de ces eaux est faible ou moyenne mais les matériaux grossiers en suspension leur confèrent une turbidité généralement assez élevée.

4. Les eaux temporairement dépourvues de matières humiques

Pendant les périodes sèches de l'année, certains cours d'eau de plateaux peuvent être dépourvus de matières humiques en solution et se ranger dans les eaux classiquement décrites en chimie des eaux.

III. Les variations de la composition physico-chimique des eaux de la Cuvette

Le régime des rivières (crue-étiage) et l'endroit du bief (amont-aval) influencent notablement la teneur de leurs eaux et la valeur de leur pH; autrement dit, la composition des eaux varie dans le temps et dans l'espace.

1. Eaux humiques acides

C'est le mode d'alimentation de la rivière (ruissellement-source-drainage de forêts marécageuses) qui détermine les variations saisonnières dont la plus importante est subie par le pH et les facteurs qui s'y relient.

a) *Rivières du Congo supérieur* (environs de Yangambi)

Les eaux des rivières soit marécageuses, soit bordées d'anses calmes où s'accumulent des matières organiques que le gonflement du lit (précipitations) met en circulation, accusent en période de crue une diminution de pH, des variations correspondantes de la conductivité, de la couleur réelle, de l'oxydabilité et de l'acidité; les modifications ioniques sont plus difficiles à interpréter: elles se produisent dans les deux sens, probablement en fonction de la période d'étale (début ou fin).

En période d'étiage par contre, le pH subit un relèvement d'autant plus considérable que l'alimentation se fait essentiellement à partir de forêts marécageuses (eaux fortement acides).

Les eaux de rivières nourries principalement par des sources maintiennent un pH de 5,0 à 5,2 durant les périodes de moindre pluviosité et leurs concentrations ioniques n'accusent pas de modifications appréciables. Durant les fortes pluies, par contre, le pH s'abaisse et l'on note une augmentation des valeurs ioniques.

Voici les fluctuations de pH enregistrées dans quelques petites rivières de la région avoisinant Yangambi.

Rivière	Alimentation	pH Limites normales	Max. de pH (fin saison sèche)
Isalowe	source et ruissellement	4,60 à 5,10	5,10
Lilanda	source-ruissel.-drainage forêts marécageuses	4,20 à 5,20	5,20
Lac Yandja	drainage forêts marécageuses	4,30 à 4,50	4,50
Lola	drainage forêts marécageuses	3,50 à 4,30	4,50
Lokai	drainage forêts marécageuses	3,70 à 4,25	4,45
Bohamba	drainage forêts marécageuses	3,70 à 4,05	4,80

Les limites de variation de concentrations ioniques constatées dans huit petites rivières humiques acides furent les suivantes:

Ions	Limites ordinaires (mg/l)	Limites extrêmes supérieures aux très basses eaux (6 à 8 semaines) (mg/l)
Na	0,2 à 0,6	0,7 à 0,8
K	0,2 à 1,0	1,2 à 1,9
Ca + Mg (en Ca)	0,3 à 0,9	1,1 à 1,5 (reprise des pluies)
N -NH ₄ ⁺	varie en f(pH)	0,27 à 0,35
N -NO ₃	id.	0,30 à 0,44 (en crue seulement)
Cl	0,4 à 0,9	—
P	varie en f(pH)	0,50 à 0,100

Il est à noter que les limites extrêmes peuvent être également atteintes au moment de l'étiage, par des rivières nourries surtout par ruissellement. C'est le cas notamment pour l'Isalowe, petite rivière de 7 km de long, alimentée par des sources et des eaux de ruissellement; son bassin quasi complètement sous forêt possède des sols peu argileux.

b) *Rivières du centre de la Cuvette*

Les fluctuations saisonnières ont été moins étudiées dans ces cours d'eau que dans les rivières du bief supérieur.

On observe cependant que

...les variations sont également en relation inverse très nette avec les lectures d'étiage, les périodes de crues coïncidant avec les pH les plus bas, les périodes d'étiage avec les pH les plus élevés rencontrés au cours de l'année. Une exception importante concerne le lac Tumba où la relation pH-étiage est directe au lieu d'être inversée. Les concentrations en éléments minéraux, tout en présentant des variations saisonnières faibles, n'atteignent pas les valeurs extrêmes trouvées pour les petites rivières des environs de Yangambi. L'explication de ce fait est assez simple à formuler. Les variations ioniques dans les petites rivières à crues et décrues subites, doivent nécessairement s'atténuer dans une rivière plus importante, représentant un bassin étendu. Seules subsistent dès lors les variations ioniques en relation avec le régime général des précipitations. Dans ces conditions, il est probable que les limites extrêmes d'éventuelles variations de concentrations ioniques se situeraient aux périodes de crues et d'étiage [26].

Les variations dans la composition physico-chimique des eaux, de l'amont vers l'aval, ont pu être étudiées pour les grandes rivières du centre de la Cuvette grâce à des prélèvements effectués dans plusieurs stations réparties le long de ces rivières.

Une acidification progressive se marque en direction de l'embouchure en fonction des apports de matières humiques de plus en plus importants que déversent les affluents. A. BERG signale cependant que cette règle n'est pas générale et que notamment ...la Ngiri semble faire exception à cette loi d'abaissement du pH de l'amont vers l'aval (tronçon Bongenie-Bomongo), fait qui s'expliquerait par la végétation, surtout de terre ferme, occupant les bords du cours moyen et inférieur de cette rivière (renseignements fournis par C. EVRARD, Mission pédo-botanique de la Tshuapa 1957-1958).

D'une façon générale, poursuit-il,

...le pH des eaux du cours inférieur des grandes rivières de la Cuvette dépendra de la part respective des eaux peu acides, originaires de l'amont, et des eaux très acides, provenant des affluents de l'aval. Une rivière de longueur moyenne, au cours limité au centre même de la Cuvette, telle que l'Ikelemba, présentera en aval les eaux les plus acides (pH 3,8-3,9) rencontrées dans les grandes rivières du Congo. Au contraire, la Ruki, dont les tributaires principaux (Tshuapa-Lomela) prennent leurs sources aux confins de la Cuvette, possède en aval un pH plus élevé (4,3 à 4,5). La Lulonga représente un cas intermédiaire entre l'Ikelemba et la Ruki, avec un pH en aval de 4,0 à 4,4.

Contrairement à ce qu'on observe pour le pH et les facteurs qui lui sont directement liés, les concentrations ioniques ne présentent pas de fluctuations appréciables de l'amont vers l'aval, du moins pour les cours d'eau limités au fond de la dépression congolaise. Il n'en sera pas de même pour une rivière qui, comme la Tshuapa (tributaire important de la Ruki)

...a ses sources situées aux confins de la Cuvette et dont le cours supérieur déborde des limites de la dépression pour traverser des régions occupées par des forêts denses humides où peuvent affleurer par endroits des terrains du Karroo, parfois calcaireux.

Des analyses de la dureté totale $[Ca + Mg]$ en mg/l (2) montrent effectivement pour la Tshuapa des valeurs décroissantes (dureté 2,1 à 0,6) de l'amont vers l'aval. La haute Tshuapa (bief Elingampangu-Ikela) doit être rangée parmi les rivières à eaux

(2) Le Mg est estimé entrer pour un quart au moins.

humiques partiellement neutralisées (dureté 2,1) tandis que la basse Tshuapa (Bokungu-Boende) représente un type intermédiaire entre les rivières à eaux humiques partiellement neutralisées et les rivières à eaux humiques acides (dureté de 1,6 à Bokungu). Tout en étant des cours d'eau à eaux humiques acides, la Busira et la Ruki accusent des teneurs minérales légèrement supérieures aux autres rivières de cette catégorie (à Ingende: dureté 0,9; à Eala: dureté 0,8).

2. *Eaux humiques partiellement et complètement neutralisées*

a) *Variations dues aux fluctuations du régime*

Elles se traduisent généralement, aux hautes eaux, par une diminution de la conductivité électrique et des concentrations ioniques ainsi que par une augmentation de la couleur (teneurs en matières humiques plus élevées); aux basses eaux, la relation s'inverse. Au débouché de ces rivières dans la Cuvette ou à leur embouchure, l'amplitude des fluctuations est de l'ordre de 25 à 50 %; dans les biefs amont, cet écart est vraisemblablement plus élevé: les eaux pauvres de la Cuvette n'y jouant pas le rôle de stabilisateur.

b) *Variations suivant le profil en long*

Elles sont fonction des proportions respectives en eaux provenant des plateaux et en eaux originaires de la Cuvette.

L'apport d'eaux pauvres entraîne évidemment une diminution de la conductivité et des concentrations ioniques. (...) Parallèlement s'observe une augmentation de la couleur et donc des matières humiques. (...) Une rivière comme l'Aruwimi, qui pénètre dans la dépression à une faible distance de son embouchure, présentera une variation de l'amont vers l'aval nettement plus faible (10 % de la conductivité des eaux d'amont) que la Mongala (50 %) ou la Tshuapa (35 %) dont le parcours dans la Cuvette est plus important. Le degré de variation sera par ailleurs d'autant plus élevé que la composition minérale des eaux de plateaux est plus riche, et donc plus différente des eaux de la Cuvette, ce qui explique la variation plus forte dans la Mongala que dans la Tshuapa [26].

Ainsi qu'il ressort des données ci-après, c'est principalement par la teneur en K que ces eaux se différencient de la composition standard. A ce point de vue, il est à remarquer que les eaux humiques acides sont les mieux fournies en potasse (teneur rela-

tive: 25%). Pour A. BERG, cet enrichissement en K est dû au matériel d'origine végétale qui entre pour une part importante dans la composition des eaux humiques en général.

Cations	Composition cationique relative en %		
	Moyenne	Limites	Standard (1)
Ca + Mg	72	61 à 86	81
Na	18	14 à 27 (Mongala: 8)	16
K	10	8 à 17	3

(1) D'après RHODE in F. GESSNER [153].

C. Le classement des rivières par catégories d'eau

Se basant sur les résultats analytiques obtenus, A. BERG établit un classement des rivières qui se présente comme suit, pour la zone nord englobant les bassins de l'Uele, de l'Ubangi et de la Cuvette centrale proprement dite.

Catégories	pH (1)		Rivières des bassins
	min.	max.	
Eaux humiques acides	3,80	5,20 (5,35)	Lulonga-Ikelemba-Ngiri- lac Tumba-Ruki (sauf Tshuapa amont)
Eaux humiques partiellement neutralisées (2)	5,00	6,85	Lomani en périodes de hautes eaux - Ruki (Tshuapa-amont uniquement)
Eaux humiques complètement neutralisées (2)	6,20	7,40	Lomami en périodes de basses eaux - Aruwimi Itimbiri-Mongala-Uele-Ubangi

(1) On trouvera dans l'étude de A. BERG la liste des principales rivières de ces différents bassins et le détail des valeurs de pH de leurs eaux.

(2) Sous réserve de modifications du pH au cours de la conservation des échantillons.

D. Le profil des eaux du Congo dans sa traversée de la Cuvette

A son entrée dans la Cuvette, le fleuve qui charrie des eaux humiques complètement neutralisées ne tarde pas à recevoir,

tout au long de sa boucle nord, des eaux humiques acides en provenance des bassins couverts de forêts marécageuses et périodiquement inondées.

Nonobstant des apports importants d'eaux humiques acides, un couloir d'eaux humiques complètement neutralisées se maintient dans l'axe du fleuve et au cœur même de la dépression congolaise; cette ségrégation des eaux est particulièrement marquée en aval de Coquilhatville où débouchent les « eaux noires » de la Ruki (3). En aval de son confluent, les eaux de cette rivière restent longtemps sombres avant de se mélanger à celles plus claires du Congo.

§ 2. BREF APERÇU SUR LES EAUX DES TERRITOIRES DU CONGO ORIENTAL ET MÉRIDIONAL

Pour être complète une étude écologique des groupements herbeux semi-aquatiques à large distribution — les prairies à *Vossia* et la Papyraie notamment — réclamerait un long périple dans le monde des eaux douces tropicales et subtropicales. Nous ne pouvons songer à nous engager dans un domaine aussi vaste et, du reste, encore peu connu.

Quelques indications concernant la bibliographie des eaux du Congo oriental et méridional sont données ci-après; le *tableau VIII* résume les principales caractéristiques physico-chimiques des eaux des grands lacs centro-africains.

Pour les groupements herbeux débordant largement le bassin du Congo, il sera fait allusion à la nature des eaux qui les baignent, dans nos commentaires sur l'écologie différentielle de ces associations (Chapitre VII).

A. Les eaux des rivières

Les hydrobiologistes et les pisciculteurs intéressés dans la concentration en sels minéraux, — facteur qui conditionne le développement de la faune aquatique, et partant, la productivité piscicole, — se sont surtout livrés à des mesures de conductivité électrique.

(3) La Ruki fut baptisée « Fleuve noir » par H. STANLEY.

L'influence du substratum géologique, du climat et du régime des rivières est ici autrement opérant sur la qualité des eaux que dans le cas de la Cuvette.

Des données sur la conductivité électrique et les valeurs cationiques et anioniques sont connues pour les eaux de certaines rivières du Congo oriental, du Rwanda et du Burundi [235 et 121] ainsi que pour les eaux de quelques cours d'eau katangais [87]. D'une façon générale, on note une valeur maximale de la conductivité en période de basses eaux bien que des exceptions à cette règle soient connues au Katanga. Les teneurs en Ca et Mg (dureté) sont en moyenne bien supérieures à celles que l'on enregistre dans les eaux de la Cuvette, ce qui s'explique évidemment par la nature géologique des terrains traversés.

Le développement des groupements herbeux aquatiques est toujours modeste dans les rivières de moyenne altitude et les associations végétales des cours d'eau de basse altitude ne s'y retrouvent, le plus souvent, qu'à l'état fragmentaire.

B. *Les eaux des lacs*

Dans les lacs du Graben, les groupements herbeux couvrent des surfaces considérables; la nature et l'écologie des associations des rives ont été particulièrement bien étudiées par D. VAN DER BEN [328].

L'exploration hydrobiologique des Grands Lacs a fait l'objet de nombreuses publications. Différentes études traitent de la nature des eaux des lacs Kivu, Édouard et Albert (H. DAMAS [78]; A. CAPART [52 et 53]; J. KUFFERATH [197]; J. KUFFERATH et I. ELSKENS in [328]), du Tanganyika (J. KUFFERATH [197]) et de l'Upemba (L. VAN MEEL [336]); de son côté, H. DUMAS [79, 80 et 81] a fait l'étude de quelques lacs rwandais.

Nous condons dans le *tableau VIII* diverses données extraites de certains de ces travaux; les chiffres repris n'ont d'autre but que de faire mieux ressortir la richesse relative des eaux des lacs comparativement à celles des cours d'eau de la Cuvette.

TABLEAU VIII. — Composition physico-chimique des eaux de quelques grands lacs centro-africains.

Teneurs (mg/l)	Kivu (1)	Edouard (1)	Albert (1)	Tanganyika (2)	Upemba (3)	Mohasi (5)
Salinité totale	1 000	720	580	(602) (4)	—	703
Alcalinité	—	5,5 à 10	—	6,81	(1,8 à 3,36 m. éq.)	3,31
Teneurs cationiques						
Ca	5 à 15	6 à 10	9,3	13	20,6 à 42,2	27,8
Mg	± 100	44,5	31,5	42,6	2,9 à 17,3	25
Na	± 130	112	97	24 à 28	—	87,2
K	± 100	79	66	17 à 19	—	9,2
Teneurs anioniques						
Cl	± 35	27	32	27	—	144
SO ₄	± 30	30 à 35	25	3	—	1,7
NO ₄	0 à 0,3	0,1	0,04	nulle	—	1,2
PO ₄	»	0,09	0,4	0,02	0,09 à 0,2	—
Oxygène dissous	6 à 7,5	—	7,7	7,3	9,5 à 25,7	5,5
pH	9,1 à 9,3	8,23 à 9,83	9,12	(8,85) (4)	6,4 à 7,8	7,65

(1) D'après J. KUFFERATH et I. ELSKENS in [328].

(2) D'après J. KUFFERATH [197].

(3) D'après L. VAN MEEL [336].

(4) D'après une analyse faite par le Service géologique du Kivu.

(5) D'après H. DAMAS [79].

§ 3. COMPARAISON SOMMAIRE DES EAUX AMAZONIENNES ET CONGOLAISES

Rappelons tout d'abord que ces deux bassins, par leur situation géographique, jouissent d'un climat analogue et connaissent de ce fait des conditions pédogénétiques assez comparables. Ils diffèrent cependant dans leur morphologie générale: le bassin de l'Amazonie s'étend sur de grands espaces à des niveaux très bas tandis que l'altitude du fond de la dépression congolaise est voisine de 300 m [274]; de plus, les sédiments montrent de fortes dissemblances [114].

Le réseau fluvial de l'Amazonie brésilienne compte principalement deux sortes de cours d'eau: les « rios negros » à eaux peu chargées mais colorées par des matières végétales et les « rios brancos » à eaux plus ou moins troubles descendant des plateaux périphériques.

Les rios brancos se divisent à leur tour en rivières à « eaux claires », renfermant peu de matières en suspension et en rivières

à « eaux blanches », plus riches en particules limoneuses. A l'égal de certains cours d'eau de la dépression congolaise, diverses rivières amazoniennes roulent des eaux claires dans leur partie amont et des eaux noires dans leur partie aval marécageuse. Le phénomène de « ségrégation » des eaux noires et des eaux blanches, sur un parcours assez long en aval des confluent, se retrouve également dans la Cuvette amazonienne [153].

La composition des eaux amazoniennes et congolaises présente une assez grande similitude ainsi qu'il ressort des données du *tableau IX*.

TABLEAU IX. — Quelques données analytiques relatives aux eaux amazoniennes et congolaises.

Cours d'eau	Acidité pH	Cond. élect. K (micromho/cm)	Teneurs ioniques (mg/l)			
			Ca + Mg	Na	K	Cl
<i>Cuvette amazonienne (1)</i>						
Amazone (eaux blanches)	—	—	7,88	2 60	0,90	2,80
Solimoes (eaux blanches)	6,1-7,5	11,6 à 170	9,20	3,35	1,10	3,40
Tapajóz (eaux claires)	6,6-7,2	14,5 à 21,5	1,60	1,26	0,50	1,60
Rio Negro (eaux noires)	3,9-4,5	8,2 à 11,9	1,88	0,75	0,35	1,20
<i>Cuvette congolaise (2)</i>						
Congo (à Yangambi)	7,36	56,1	8,1	3,4	1,9	1,9
Aruwimi	7,07	49,5	7,3	4,8	2,2	1,1
Tshuapa (amont)	4,78	15,6	1,8	0,7	0,9	0,5
Eaux humiques acides	3,80	± 10	— de 1	— de 1	— de 1	— de 1

(1) Les valeurs de pH et de K sont tirées de F. GESSNER [153] tandis que les teneurs ioniques sont dues à K. QUENTIN (in [153]).

(2) D'après A. BERG [26].

L'examen des chiffres de ce tableau autorise les rapprochements suivants:

— Les eaux blanches (limoneuses) de l'Amazone et du Solimoes sont de la même nature que les eaux humiques complètement neutralisées du fleuve (bief supérieur) et de l'Aruwimi;

— Les teneurs ioniques des eaux claires (Tapajóz) sont du même ordre de grandeur que celles qui caractérisent les eaux humiques partiellement neutralisées (Tshuapa amont);

— Les eaux noires amazoniennes sont analogues, à quelques différences près, aux eaux humiques acides de la dépression congolaise.

CHAPITRE V

LA NATURE DES TERRAINS

L'épais manteau de terrains pliocènes et quaternaires de la Cuvette — sauf quelques sites particuliers — n'a guère fait l'objet de recherches stratigraphiques rendues d'ailleurs difficiles en l'absence de fossiles. Déshéritée du point de vue minier, la Cuvette doit principalement à cette tare d'avoir été délaissée par les géologues. Toutefois, elle a suscité, ces dernières années, un regain d'intérêt, en raison des recherches pétrolifères.

Si l'exploration géologique du Congo équatorial de basse altitude n'a guère avancé, par contre, les prospections pédologiques ont mieux progressé: elles permettent d'avoir une première vue d'ensemble des sols de la Cuvette et de leur potentiel agricole.

§ 1. LE CADRE PÉDOLOGIQUE DU SECTEUR FORESTIER CENTRAL

Les terrains des trois zones englobant les savanes intercalaires ont été prospectés [341, 192 et 193] au même titre que les alluvions récentes portant des groupements forestiers ou herbeux. Ces derniers substrats furent respectivement étudiés dans la région de Yangambi [154] et de la Tshuapa [191].

Jointes à d'autres travaux, ces diverses études (1) ont permis, à C. Sys [306], l'élaboration d'une classification provisoire (2)

(1) On trouvera une liste complète de ces différentes sources dans la publication de C. Sys [306].

(2) Notons en passant que les critères choisis ne rallient pas l'accord de tous les pédologues qui ont œuvré en Afrique équatoriale et tropicale; d'autres appellations et modes de classification ont été proposés (voir notamment C. KELLOG et F. DAVOL [195]; G. AUBERT et P. DUCHAUFFOUR [9]).

et l'établissement d'une première carte des grands types de sols se partageant les territoires du Congo, du Rwanda et du Burundi.

Les terrains de la Cuvette congolaise se rangent dans deux grands ordres: les sols tropicaux récents et les kaolisols.

A. Les sols tropicaux récents

Il s'agit de sols hydromorphes constitués de matériaux fraîchement déposés et de produits d'altération récente; on y reconnaît essentiellement des substrats de deux sortes:

1. Les dépôts sableux à teneur en argile très faible (moins de 10 %), sans horizons différenciés si ce n'est en surface (infiltration de matières organiques); ils se rencontrent principalement dans le lit ordinaire et secondairement sur les rives des cours d'eau.

2. Les sols sablo-argileux ou argileux à horizons généralement mieux différenciés, avec engorgement temporaire du profil et présentant un horizon gley à plus ou moins grande profondeur (hydro-kaolisols); ils dominent dans le flat alluvial (lit d'inondation).

B. Les kaolisols

Cette unité pédologique réunit la majeure partie des sols congolais arrivés à maturité, complètement altérés ou presque.

Cette appellation indique que la kaolinite prévaut généralement dans le minéral argileux en mélange avec des grandes quantités d'oxydes libres.

Dans les territoires considérés, les kaolisols sont représentés par deux grands groupes de terrains.

1. Les ferralsols

Ces sols sont caractérisés par un pourcentage en argile supérieur à 20 %, un horizon A toujours mince, une teneur en carbone inférieure à 2 %, l'absence d'un horizon B structural, une réserve en matériaux altérables minime ou nulle, un pH de

4,5 à 5, un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ égal ou inférieur à 2, une capacité d'échange faible et un degré de saturation du complexe absorbant n'atteignant pas 50 % dans les horizons B et C. Ces substrats représentent des sols à pédogénèse actuelle fortement réduite ou terminée.

1. Dans le centre de la Cuvette, ces sols auraient subi un processus de formation organo-éluvial venu se surimposer au matériau ferrallitique. D'après P. JONGEN et M. JAMAGNE [192], la surface pénéplanée recouverte par un manteau d'éléments meubles (2 à 10 m d'épaisseur), d'origine incertaine, daterait du Pléistocène supérieur.

Ces terrains occupent surtout les bas plateaux ceinturant la portion la plus déprimée de la Cuvette mais se retrouvent également à des niveaux plus bas, sous forme de lentilles émergeant hors des forêts marécageuses ou des formations forestières périodiquement inondées.

Ces « *ferralsols de bas plateaux (DF)* » caractérisent notamment les croupes des interfluves au nord-est de Bikoro et sur lesquelles s'étendent localement d'assez grandes savanes (esôbé intercalaires).

2. Sur le pourtour nord-est de la Cuvette principalement, les terrains se relèvent et appartiennent à un autre type pédologique: les « *ferralsols des plateaux du type Yangambi (YF)* » où l'on note un recouvrement d'origine éolienne beaucoup plus important (40 à 50 m) et une richesse en argile (20 à 40 %) qui décroît des crêtes vers le fond des vallées.

Ces sols, — très apparentés aux précédents, — se retrouvent également dans le centre de la Cuvette et notamment au sud-est de Bikoro. Certaines savanes intercalaires de la zone Bikoro-Bokatola reposent sur ce type de substrat.

Au nord du fleuve, dans le bassin de la Loeka (est de Bumba) des ferralsols caractérisent les replats morphologiques reconnus par P. JONGEN et M. JAMAGNE [192] et portent localement des savanes intercalaires. D'après ces auteurs, les replats en question se situent à un niveau intermédiaire entre celui des plateaux et les alluvions des cours d'eau; leur teneur en éléments fins dépasse

rarement 25 %. Ces dépôts qui dateraient du Pléistocène moyen-Kamasien *sensu lato* [88], peuvent atteindre jusqu'à 10 m d'épaisseur; par leur granulométrie, ils rappellent les sables argileux ocres des plateaux et présentent les caractères d'une colluvion de ces sables. Certains sédiments des replats, à taux d'argile inférieur à 20 %, sont à rattacher aux aréno-ferrals (cf ci-après). Ailleurs, des profils montrent un horizon A2 blanchi, appauvri en argile et de couleur plus claire: on les considère comme des aréno-ferrals intergrades vers les sols podzoliques.

Les ferralsols DF et YF appartiennent à la catégorie des « *hygro-kaolisols* » à pédoclimat chaud, à horizon A1 faible et à profil ne subissant pas un dessèchement prononcé.

II. Les aréno-ferrals

Ils se distinguent des ferralsols par différents caractères et notamment par une teneur en argile inférieure à 20 % sur plus de 1 m de profondeur, une réserve en matériaux altérables nulle ou minime, une migration ascendante des oxydes de fer sur une épaisseur atteignant parfois 10 m.

C. Sys [306] reconnaît au sein de ce grand groupe des sols de différents types et notamment les « *aréno-ferrals des plateaux du type Salonga (SZ)* » largement représentés sur le pourtour méridional de la Cuvette.

Ces terrains profondément lessivés montrent, à l'analyse, des propriétés physico-chimiques moins favorables encore que les ferralsols de type DF et YF; ils sont peu fournis en matière organique, leur pH est de l'ordre de 4 à 4,5, leur capacité d'échange et le degré de saturation du complexe accusent des valeurs très faibles.

Un tel substrat couvre notamment les territoires de Lomela, Lodja et Katakokombe où des savanes intercalaires plus ou moins étendues alternent avec des formations forestières.

Tout comme les ferralsols DF et YF, les aréno-ferrals SZ développés sous un climat équatorial humide (zone forestière) appartiennent au sous-ordre des hygro-kaolisols à pédoclimat chaud, à horizon A1 faible et de couleur brunâtre, à profil ne subissant pas de dessèchement prononcé. Sous couvert forestier,

on note la présence d'une certaine épaisseur de litière qui se décompose rapidement par voie biologique, un horizon A1 de couleur brunâtre, une érosion réduite mais un lessivage intense et continu. Sous couvert herbacé (savanes intercalaires et cultures vivrières), le profil connaît d'autres conditions: des dessèchements saisonniers, l'effet du feu de brousse qui se traduit par l'absence de litière, la minéralisation partielle de la matière organique et un horizon A1 de couleur noire, une érosion par ruissellement plus intense et, par conséquent, une infiltration moins marquée.

La chorologie et les caractéristiques majeures des sols de la Cuvette ainsi campées, voyons quelques détails de leur pédogénèse.

§ 2. LES SOLS DES BIOTOPES ALLUVIONNAIRES RÉCENTS

Les alluvions fluviales présentent, on le conçoit, des aspects très divers suivant la nature des terrains traversés par les rivières qui ont provoqué l'alluvionnement.

Dans la vallée propre du Congo, les dépôts les plus riches et possédant des propriétés physiques satisfaisantes se rencontrent surtout à la limite N.E. de la grande dépression congolaise; ces sédiments arrachés aux terrains du Congo oriental et méridional dérivent en effet de roches minéralement beaucoup plus riches (roches éruptives notamment) que les terrains continentaux Karroo et post-Karroo que drainent la plupart des affluents de la rive gauche du Congo. Les tributaires de la rive droite de la boucle sont mieux favorisés à ce point de vue: l'Itimbiri, la Mongala (partiellement) et surtout l'Ubangi charrient des sédiments enlevés aux terrains du haut Uele et du haut Ubangi qui proviennent des roches pré-Karroo (complexe indifférencié — groupe du Kibali — groupe de la Like Bembe — système inférieur de la Lindi).

Le bassin de l'Ubangi, nous l'avons déjà dit, est fortement déboisé et l'érosion y est particulièrement active.

Dans leur ensemble, les formations de la Cuvette sont peu connues. On comprend facilement que devant l'ampleur de la

tâche, les pédologues aient porté en premier lieu leurs efforts sur les terrains des plateaux livrés aux cultures vivrières et industrielles.

Nous traiterons d'abord des classifications topographiques et texturales de sols étudiés et rappellerons ensuite les conditions particulières que connaît leur pédogénèse.

A. Généralités sur les sols alluviaux. Modes de classement

Les dépôts alluvionnaires actuels (sols azonaux) et récents (sols intrazonaux) occupent le lit et le flat alluvial des grandes vallées équatoriales.

Ces atterrissements présentent, comme on le sait, des variations parfois considérables de leur structure et de leurs propriétés en fonction de leur origine lithologique, de la nature et de l'importance du drainage. Ils appartiennent à la catégorie des illuvions qui se distinguent des éluvions et des colluvions par le fait qu'ils reçoivent des quantités d'eau bien supérieures à la lame de précipitations annuelles dans la région considérée, qu'ils sont constamment ou par intermittence enrichis par des matières en suspension et des substances dissoutes et que l'excès d'eau qui les baigne s'évacue par ruissellement ou par évaporation. Selon que l'un ou l'autre de ces facteurs prédomine, on a affaire à différents faciès « d'hygrosols » qui avoisinent parfois dans des sites très rapprochés.

D'une façon générale, la composition granulométrique est liée à la topographie des dépôts: les sols les plus légers se rencontrent au sommet des bourrelets des berges; les sols les plus lourds, évoluant vers l'hydromorphie, tapissent les cuvettes des arrière-berges.

Des critères d'ordre chronologique et topographique permettent de les différencier comme suit:

1. Les *alluvions actuelles* appartiennent à la catégorie des « sols non évolués » et montrent généralement une grande hétérogénéité du profil (3), caractère qui traduit les variations des

(3) Il s'agit en fait d'un « pseudo-profil ».

dépôts dues au hasard et à l'importance des crues. Les moindres accidents topographiques secondaires déterminent des modifications dans la proportion des éléments sableux et argileux. Ces différences texturales se reflètent dans la composition du couvert végétal et parfois dans sa densité.

On les trouve le plus fréquemment dans les zones fluviales soumises à des fluctuations marquées de la vitesse du courant et, par suite, de la nature des matériaux sédimentés. C'est en effet dans le lit apparent et plus rarement dans le lit d'inondation qu'on les rencontre.

Dans la plus grande partie du flat alluvial, des dépôts actuels s'opèrent également mais à une allure beaucoup plus lente que dans le talweg, en raison de la moindre charge des eaux de débordement et de la petitesse des matières en suspension: il s'agit surtout de limons qui viennent se superposer à des dépôts plus anciens (alluvions récentes) où s'amorce déjà un début de pédogénèse. Ce rajeunissement du profil se produit également dans les biotopes alluvionnaires du lit à une allure plus rapide jusqu'au moment où le socle du banc affleure en période de moyennes eaux: ce niveau atteint, l'atterrissement ralentit.

2. Les *alluvions récentes* se rattachent plutôt à la catégorie des sols anormalement évolués (sols hydromorphes) c'est-à-dire qui sont soumis à des conditions d'évolution pédologique anormale par rapport à l'ensemble des terrains de la zone climatique considérée.

On les trouve surtout dans le flat alluvial qui borde le lit apparent des grandes artères fluviales de la Cuvette. Les sols des îles anciennes (boisées) situées dans le lit ordinaire et qui montrent un certain vieillissement pédologique se rattachent aux alluvions récentes après avoir appartenu aux alluvions actuelles; des conditions de drainage plus satisfaisantes en général les font évoluer différemment.

Ces terrains récents sont soumis à un limonage épisodique, comme on l'a déjà rappelé ci-dessus, sous forme d'une couche mince d'éléments fins (sols rajeunis par des dépôts organo-minéraux). Les conditions de drainage (hauteur de la nappe phréatique et importance de sa fluctuation) déterminent essentiellement

leur pédogénèse. Tous ces processus qui alternent et se relaient, interfèrent dans l'évolution du profil.

Ce classement dans le temps et dans l'espace des types principaux d'alluvions est évidemment très relatif dans un milieu aussi fluctuant que le lit d'un cours d'eau qui alluvionne. Il permet toutefois de départager grossièrement les dépôts en fonction de leur âge et de l'allure de leur profil.

Une autre classification tout aussi simpliste peut être fondée sur la texture des alluvions. Les groupements végétaux traduisent bien par leur composition floristique et leur syngénétique, ces différences texturales, même dans les cas où elles sont peu nuancées, comme nous le verrons ultérieurement.

Pour les besoins de notre étude nous n'hésiterons pas à recourir à cette classification agrologique fort ancienne en sols argileux, argilo-sableux, sablo-argileux, sols organiques, etc.

En simplifiant à l'extrême, quitte à revenir ultérieurement sur les nuances et les variantes qui se retrouvent dans certains des principaux types, nous reconnaitrons parmi les alluvions actuelles et récentes de la Cuvette congolaise, cinq catégories principales de « sols texturaux »:

1. Les *sols organiques* sont des sols marécageux constamment engorgés et dont le matériel parental est constitué essentiellement de débris végétaux; ils sont en général très acides mais les fractions minérales qui s'y mélangent occasionnellement, peuvent faire remonter partiellement leur basse acidité congénitale.

De tels substrats, toujours très limités en surface, se rencontrent dans certaines anses colmatées où s'accumulent des débris végétaux. Ces plages, le plus souvent en languettes, sont fréquemment colonisées par des formations forestières à *Raphia sese*. Ces raphiales ne sont d'ailleurs pas propres à la Cuvette mais se retrouvent dans le haut Congo, dans des vallées particulièrement plates, à mauvais drainage.

Des sols organiques s'observent aussi au sein des formations herbeuses rivulaires tout comme dans les savanes sèches (esôbé intercalaires) sur alluvions anciennes; elles y déterminent la présence de microtourbières. Les associations végétales de ces plages sans écoulement, sont communes aux esôbé rivulaires et aux

dépressions des esôbé intercalaires, comme nous le verrons dans la suite.

2. *Les vases* correspondent à des substrats plus minéraux qu'organiques et font en quelque sorte la transition entre ces deux types de sol.

J. BOURCART [35 et 36] a particulièrement étudié les vases d'eau douce. Il a montré que ce sédiment, souvent confondu avec de l'argile, est en fait

...un mixte formé d'une phase sableuse (grains plus grand que 20 microns), d'une phase pulvérulente (grains plus petits que 20 microns) et d'un liant. Celui-ci est constitué de produits organiques provenant de la décomposition des algues et de fer, à l'état de FeS surtout.

Les vases d'eaux douces sont d'une composition presque identique aux vases des estuaires, dépôts beaucoup mieux connus; contrairement à ces dernières, elles ne dégagent pas d'odeur sulfureuse. Selon la prédominance de limon ou de sable (presque uniquement de quartz), on parlera de vase argileuse ou de vase sableuse.

Ce spécialiste a également précisé les conditions de sédimentation et certaines propriétés de la vase qu'il convient de relater succinctement ici.

Les atterrissements vaseux ne se produisent que

...lorsque le mouvement des eaux est nul ou laminaire: élargissement brusque, angles morts, faibles profondeurs. Dans les réservoirs où l'eau est en repos, (la vase) peut être stratifiée. Sédimentée, elle prend très rapidement, comme les vases d'estuaires, une grande rigidité.

Les vases possèdent par ailleurs des propriétés analogues à celles que manifestent certaines suspensions d'argile (bentonite) ou même de gels: il s'agit du phénomène de thixotropie. On désigne par là l'aptitude d'un colloïde à passer de l'état de collogel à celui de collosol par agitation et de revenir à l'état de collogel par repos. Ce phénomène explique l'extraordinaire résistance à l'érosion des bancs de vase abandonnés au repos.

Les dépôts de vase se produisent en de multiples endroits du fond du lit mais c'est surtout aux embouchures deltaïques des grands affluents que s'observent, aux basses eaux, les plages les

plus importantes. Ces « placages de vase » ne sont pas à confondre avec les limons et les sables argileux de débordement déposés dans le flat alluvial; leur épaisseur est toujours plus faible que celle des alluvions. La ségrégation des vases et des limons ou des sables argileux n'est pas toujours très nette (4).

3. *Les sols argileux* lourds caractérisent les zones en dépression (basses terrasses) du flat alluvial des grandes rivières de quelque importance: l'argile et le limon dominent nettement dans ces substrats. Leur situation topographique leur vaut, dans la plupart des cas, des conditions permanentes d'engorgement du profil. Ces « marsh soils » présentent bien des faciès en relation avec leur granulométrie et la possibilité ou non d'un ressulement temporaire des horizons de surface. Les sols hydromorphes plus fréquemment rencontrés dans les biotopes herbeux rivulaires du centre de la Cuvette (savanes amphibies à *Jardinea* et savanes périodiquement inondées à *Hyparrhenia-Setaria*), présentent les caractéristiques générales suivantes:

— Un horizon de surface généralement noir ou grisâtre, riche en argile et en limon;

— Des horizons inférieurs plus clairs montrent des stries ou des macules (mottling) jaunes, rougeâtres ou brunâtres et, dans d'autres cas, un gley en formation (phénomène de réduction);

— Un pH nettement acide (4 à 5);

— Des propriétés chimiques variables suivant l'origine du matériau parental.

On trouve de tels substrats le long de tous les biefs d'alluvionnement des rivières de la Cuvette; c'est toutefois dans sa partie centrale qu'ils sont spatialement les plus importants (plusieurs centaines d'ha d'un seul tenant).

4. Toute une gamme de *sols argileux* contenant des proportions plus faibles d'éléments fins (argile et limon) se retrouvent éparpillés parmi les alluvions lourdes mais dominant nettement dans

(4) C'est en parcourant ces dépôts alluvionnaires que l'on reconnaît aisément la différence entre une vase et un limon ou sable argileux: les bancs vaseux aspirent l'imprudent qui s'aventure dans leur domaine; les alluvions limoneuses, beaucoup plus résistantes à la pression, permettent une progression aisée; à l'état humide, elles ne sont que « glissantes ».

les dépôts du lit apparent du haut Congo (avant son entrée dans la dépression proprement dite) et dans le bief supérieur et moyen de certains de ses affluents. Les dépôts insulaires de la région de Yangambi sont les mieux connus.

5. On range habituellement dans *les sols sableux* tous les substrats contenant moins de 10 % d'éléments fins. Dans certains cas, même le limon (voire l'argile) est quasiment absent de ces sols qui contiennent jusqu'à 99 % d'éléments sableux (sable fin principalement avec mica). Ces dépôts peuvent présenter un début de podzolisation (horizon brunâtre en profondeur) tandis que d'autres (alluvions très jeunes des bancs de sable) ne montrent aucune ébauche macroscopique d'horizon si ce n'est un peu de matières organiques (débris végétaux) dans la couche la plus superficielle.

Une autre classification, plus dynamique et surtout plus conforme à la pédogénèse des alluvions (caractères d'hydromorphie) peut s'inspirer de celle proposée par J. DUBOIS [120] pour les sols du delta du bas Sénégal.

Cette dernière classification qui, au départ des caractères d'hydromorphie, reconnaît deux influences: celle de la nappe phréatique et celle de l'inondation, peut également s'appliquer aux alluvions de la Cuvette. En voici l'essentiel:

1. *Sols soumis à l'influence prédominante de la nappe phréatique*

Les levées anciennes ou subactuelles généralement assez sableuses, topographiquement plus hautes, ou tout au moins sans eaux stagnantes après la crue, ont donné des sols principalement caractérisés par la présence de taches ou concrétions ferrugineuses dues à l'action d'un engorgement temporaire en profondeur; ils sont très pauvres en matières organiques.

2. *Sols soumis à l'influence prédominante de l'inondation*

Les cuvettes au contraire des levées, sont le siège d'un dépôt qui se poursuit à chaque inondation et se prolonge en milieu calme généralement bien après que le fleuve a regagné le lit apparent. L'eau (...) s'élimine lentement surtout par évaporation, une très petite quantité par infiltration (...). Ces sols sont gris ou noirs, relativement riches en matières organiques et en fer réduit diffus (...) ils contiennent peu de taches ferrugineuses.

3. *Sols soumis à la double influence de la nappe phréatique et de l'inondation*

Il s'agit des zones particulièrement déprimées, inondées pendant plusieurs mois et subissant le reste de l'année une fluctuation assez marquée de la nappe phréatique. Ces sols doublement influencés montrent des taches et des concrétions ferrugineuses dispersées dans le profil.

4. *Sols à profil complexe*

J. DUBOIS range dans ce groupe des substrats qui

...correspondent à des phases alluviales successives et locales avec, pour chacune, développement d'un sol différent. Cela les distingue des ensembles de couches sur lesquelles ne s'est individualisé que le sol correspondant à la partie supérieure.

Dans les alluvions récentes de la Cuvette, comme on l'a vu, les trois premières catégories de sols se rencontrent communément; les sols à profil complexe ont été observés ça et là sur des surfaces toujours réduites.

En résumé, la presque totalité des sols récents de la Cuvette connaissent un régime hydrique défavorable; sur les bords de la dépression, des alluvions plus riches (Yangambi) soumises à de meilleures conditions de drainage jouissent d'un régime plus satisfaisant.

B. *Quelques particularités des « profils » des sols alluvionnaires récents*

Dans le chapitre consacré aux groupements végétaux, nous donnerons, parallèlement à l'étude de la nature des associations et à leur écologie, la description des profils *in situ* et les valeurs fournies par l'analyse de leurs échantillons.

Rappelons brièvement les grandes lignes des phénomènes pédogénétiques prévalant dans ces sols influencés par un engorgement continu ou temporaire du profil.

Nous laisserons de côté les alluvions sableuses *sensu stricto* qui, au total, sont peu importantes dans la Cuvette, d'autant plus qu'à la longue elles disparaissent parfois sous les dépôts argileux.

Les conséquences d'un engorgement en eau de ces alluvions argileuses diffèrent selon qu'il s'agit d'un plan d'eau permanent ou temporaire.

I. Sous une nappe phréatique permanente

L'inondation permanente:

— Crée des conditions anaérobiques qui amènent une accumulation en surface de matières organiques à décomposition lente;

— Ne permet qu'une faible activité de la macrofaune et de la microfaune qui se traduit par une mauvaise structure et une porosité déficiente;

— Provoque l'apparition de phénomènes de réduction des sels de fer dus principalement aux fortes teneurs en acides humiques des eaux dont l'action est particulièrement marquée aux températures élevées.

Un sol de cette nature répond à la définition du « pélosol » de E. MÜCKENHAUSEN [247] c'est-à-dire un

...substratum argileux dont l'engorgement par l'eau est diffus dans tout le profil.

II. Sous une nappe phréatique temporaire

Dans le cas de fluctuation saisonnière de la nappe phréatique, la gleyification se produit.

Un plan d'eau non renouvelé ou insuffisamment aéré subsistant pendant plusieurs mois est responsable de l'apparition de ce phénomène.

Un tel milieu est particulièrement réducteur: le fer à l'état ferreux subsiste sous cette forme dans les horizons profonds et leur imprime une couleur grisâtre caractéristique; remontant (par évaporation) dans les horizons supérieurs plus riches en oxygène, les oxydes ferreux précipitent sous forme d'oxydes ferriques (taches de rouille).

Dans le cas des microtourbières de la Cuvette, reposant sur un sol quasiment toujours saturé d'eau jusqu'aux abords de la surface et d'autre part très riche en acides humides réducteurs, le gley affleure; en d'autres cas, une mince couche de sables colluvionnaires (cuvettes des esôbé intercalaires) s'interpose entre

le tapis herbeux et le gley. D'une façon générale, dans les savanes amphibies à *Jardinea* le gley est toujours très proche de la surface. Le gley de nos alluvions équatoriales est évidemment provoqué par un défaut de drainage (5).

Les conditions d'oxydation-réduction exercent donc une profonde influence dans la pédogénèse de ces sols alluvionnaires récents et partant sur leur valeur agricole. Peu d'études ont été faites sur les sols organiques, les vases et les alluvions argileuses, limoneuses ou sableuses des grandes vallées du Congo équatorial (6). Bien des points restent à élucider sur les propriétés physico-chimiques du système « eau + dépôts », la nature et l'importance des échanges de substances dissoutes entre l'eau (courante ou stagnante) et le sol, en fonction de la composition de l'eau et de la fluctuation du plan d'eau (alternance d'immersion et d'assèchement), le régime chimique des sols inondés et des sols noyés, etc.

Les « paluds » de la Cuvette constituent un champ d'étude quasi entièrement inexploré qui, nous n'en doutons pas, serait d'un intérêt passionnant des points de vue hydrobiologique et pédologique. Dans ce grand « delta intérieur » la géomorphologie commande l'édaphologie.

§ 3. LES SOLS DES SAVANES INTERCALAIRES

Les substrats qui portent actuellement des savanes herbeuses sèches (esôbé intercalaires) appartiennent, comme on l'a vu précédemment, à la catégorie des ferralsols de bas plateaux et à celle des aréno-ferrals.

Ces sols ont été beaucoup plus étudiés sous l'angle pédologique et sont également mieux connus quant à leur valeur agronomique.

Il s'agit, dans le cas des savanes sèches de la région de Coquilhatville-Bikoro tout au moins, d'alluvions très anciennes, exondées

(5) On a envisagé l'application du redox pour saisir l'intensité du gley dans ces sols récents [114].

(6) Les pédologues de l'Inéac se sont livrés à divers travaux cartographiques et à des recherches physico-chimiques sur les alluvions récentes et anciennes qu'on rencontre aux environs de Yangambi (zone équatoriale) et dans les grandes dépressions du Congo oriental et méridional (zone tropicale).

depuis longtemps; l'action des facteurs climatiques a déterminé la formation, à une profondeur plus ou moins grande, d'une zone d'accumulation du fer: on observe un concrétionnement passant à une cuirasse latéritique.

Ce processus de concentration des sesquioxides (Fe_2O_3 principalement et Al_2O_3) s'opère au dessus de la nappe phréatique grâce à l'ascension capillaire qui se produit lorsque le sous-sol reste saturé d'eau même en saison non pluvieuse; ce transport d'oxydes de fer qui précipitent à la limite supérieure de la nappe phréatique détermine, par cimentation ultérieure, la formation des cuirasses de nappe (ground water laterite).

Dans certains cas, la redissection par le réseau hydrographique récent de ces nappes d'alluvions anciennes a produit un développement caténaire de ces formations. Un certain alluvionnement a pris naissance dans les surfaces ainsi rajeunies et a provoqué des remaniements et des recimentations de produits de démantèlement des horizons concrétionnés primitifs.

Les terrains des croupes des interfluves du centre de la Cuvette congolaise présentent ainsi, à plus ou moins grande profondeur, des cailloutis ou des bancs latéritiques qui peuvent d'ailleurs affleurer au bas des versants en bordure des forêts marécageuses (cas de certains esôbé de la route Bikoro-Coquilhatville); localement, des cuirasses ont été mises à nu par érosion (cas de l'esôbé des Lusankani d'Irebu).

Ce bref rappel de données bien connues sur les phénomènes de ferrallitisation intrazonale n'a d'autre but que d'expliquer, fort sommairement du reste, certains détails édaphiques auxquels des travaux récents font allusion.

Au cours de l'étude des associations végétales, nous reviendrons sur d'autres constatations pédologiques observées sur les profils en place ou résultant d'analyses en laboratoire. Il convient en effet de prêter une attention particulière au « fait édaphique » si souvent invoqué comme cause première de l'existence de ces savanes équatoriales et qui, par un paradoxe méthodologique plutôt étonnant, n'est guère traité dans les études sur les esôbé de la Cuvette.

CHAPITRE VI

REVUE DE LA LITTÉRATURE CONSACRÉE AUX BIOTOPES HERBEUX ÉTUDIÉS

Une documentation extrêmement abondante et diversifiée concerne les formations herbeuses aquatiques et palustres de l'Afrique tropicale. En fonction du cadre fixé à cette partie de notre étude, le dépouillement bibliographique n'a porté que sur les principaux groupements représentés dans la Cuvette congolaise *sensu stricto*, mais qui peuvent la déborder largement et s'étendre même en région subtropicale.

La littérature relative aux savanes équatoriales est, par contre, plus limitée: son analyse, mieux maîtrisable, pourra être plus complète.

On ne retiendra pas ici les données à caractère floristico-écologique qui trouveront mieux leur place dans les parties consacrées à l'étude phytosociologique des groupements.

§ 1. LES FORMATIONS HERBEUSES DES EAUX DOUCES DE L'AFRIQUE TROPICALE

Les groupements herbeux des eaux douces sont vraisemblablement les formations végétales les plus anciennement connues de l'Afrique tropicale.

D'après A. WAUTERS [352], SÉNÈQUE parle déjà des immenses « marais fangeux embarrassés de plantes » qui arrêtaient l'ex-

(1) Ces « marais fangeux » du Soudan se sont acquis une réputation tristement célèbre: ils furent, en 1880, le théâtre d'un événement tragique qui rappelle le désastre de la Méduse. Une flotille commandée par GESSI PACHA, et partie de Meshra-el-Req (bassin du Bahr-el-Ghazal) en direction de Malakal et de Khartoum, se vit bloquée durant 3 1/2 mois dans ces barrières végétales. L'expédition, forte de 500 à 600 personnes, manqua rapidement de vivres, et plus de la moitié de son effectif succomba; la faim poussa les survivants à dévorer les cadavres de leurs compagnons d'infortune [352].

pédition envoyée, par NÉRON, à la recherche des sources du Nil (1).

A. Leur extension dans la bande tropicale africaine

On trouve dans une étude de O. DEUERLING [96], une relation fort complète de la localisation et des principaux caractères phytionomiques des grandes « barrières végétales » encombrant les eaux tropicales.

Contentons-nous de situer grossièrement, dans les grandes aires africaines, les « major african swamps systems » où ces peuplements herbeux ont été signalés ou décrits.

Au nord de l'équateur, on en connaît dans l'Uganda mais c'est principalement au Sudan que s'étendent les « kolossalén Sumpfe » dont G. SCHWEINFURTH [300] a donné, à l'époque, un aperçu floristique. Une première région marécageuse se situe dans le bassin du Sobat (frontière soudano-éthiopienne) et remonte sur la rive droite du Nil Bleu. Toutefois, la véritable zone du « Sudd » (2) se développe principalement sur la rive gauche du Nil Blanc. Cet enfer palustre commence un peu en aval de Juba pour s'étaler ensuite entre le Bahr-el-Djebel et le Ghazal, le confluent des rivières Jur et Tol en constitue la limite occidentale [182]. *Cyperus papyrus* est le principal constituant des marécages permanents tandis que les plages riveraines connaissant des assecs plus ou moins longs comprennent *Vossia cuspidata*, *Echinochloa pyramidalis*, *E. stagnina*, *Oryza perennis* et, en moindre abondance, *Phragmites communis* [194].

Plus à l'ouest encore, s'étendent les zones d'inondation des deux grands systèmes hydrographiques du Tchad et du Niger. La Cuvette tchadienne aux eaux peu profondes, constitue un substrat d'élection pour les herbages hygrophiles où dominent, selon les endroits, *Echinochloa stagnina*, *Vossia cuspidata* et *Veriveria nigrifolia* [184]. Le Niger et, à un degré moindre, les fleuves du golfe de Guinée hébergent également d'importantes formations aquatiques et palustres qui se rattachent aux for-

(2) D'après C. HOPE [174], il s'agirait d'une déformation de « Sadd » qui en arabe, signifie bloc, obstacle; dans d'autres ouvrages le mot « Sett » est généralement employé. Selon J. BESANCON [30], ce vocable signifierait digue et, par extension, barrage.

mations similaires du bassin du Sénégal [317]. Au Cameroun, les « Waldwiesen » de J. MILDBRAED [244] appartiennent au complexe des savanes marécageuses disséminées dans toute la forêt guinéenne; elles sont toujours modestes en nombre et en surface et certaines d'entre elles, situées le long des rivières, sont d'origine récente.

Dans la zone tropicale de l'hémisphère sud, sur les rives et les hauts fonds des lacs du Graben, tout comme le long des cours d'eau importants des bassins du Zambèze et du Cuanza, on retrouve des groupements d'hydrophytes et d'hélophytes analogues à ceux de l'hémisphère nord.

Certains de ces peuplements herbeux constituent d'importants foyers grégarigènes d'Acridiens; l'écologie de ces prédateurs est maintenant bien connue.

B. *Leur chorologie au Congo*

Les premiers explorateurs du centre africain n'ont pas manqué, dans leurs récits, de signaler l'existence de vastes marais herbeux en divers points de leur itinéraire.

V. CAMEROON [50], en route vers le Maniema, souligne les difficultés qu'il éprouva à traverser les « Tinghi-Tinghi » des sources de la Luembe et de la Lomami. H. STANLEY [305] dut plus d'une fois son salut aux rideaux formés par les « îlots boisés alternant avec les îlots herbeux » qui dissimulaient sa flotille aux vues de certains riverains peu hospitaliers. Il relate fréquemment que les prairies aquatiques du fleuve « avaient pour habitants des sauniers qui extraient le sel (par combustion des chaumes) des graminées et lessivage des cendres ».

C. COQUILHAT [67] remontant le fleuve, décrit l'aspect des rives à partir de Bolobo et entre autres, les

...clairières (prairies aquatiques) constituées d'herbes qui s'élèvent à 2 ou 3 m de haut et (dont) les tiges sont grosses comme des cannes.

Ailleurs, écrit-il,

...là où la rive est particulièrement plate... de larges bosquets de roseaux, de papyrus (mêlés) de *Pistia stratiotes* forment une zone de transition entre l'eau libre et la forêt riveraine.

C'est toutefois dans le Congo méridional que la végétation aquatique et semi-aquatique règne sur de vastes périmètres.

Le « Graben de l'Upemba » dont le grand axe mesure environ 150 km de long (de Bukama à Mulongo) constitue une terre d'élection pour les groupements herbeux, aquatiques et palustres. On admet que cette longue dépression correspond à l'emplacement d'un ancien lac, le Kamolondo; les grandes nappes d'eau actuelles, dont le Kabele, l'Upemba, le Kabamba et le Kisale — pour ne citer que les plus étendues — représentent les derniers vestiges de ce grand lac primitif qui s'est progressivement envasé par les alluvions du Lualaba et de ses tributaires [71].

L'aspect grandiose de ces paysages botaniques, principalement à dominance de *Cyperus papyrus* et secondairement à *Typha angustifolia* et à *Aeschynomene elaphroxylon*, a été souligné à différentes reprises [71, 24, 39].

Parmi ces lacs relictés, l'Upemba est actuellement le mieux connu du point de vue écologique; la zonation qui s'observe dans la végétation des rives et des berges, en relation avec la profondeur du plan d'eau, a été succinctement décrite [336, 345]. Les aspects de la végétation de la plaine de Kamolondo rappellent ceux du « Sudd » du Nil supérieur et du Bahr-el-Ghazal.

Les « embacles » du lac Kisale, de leur côté, sont bien connus par les soucis qu'ils causent à la navigation (3).

Des formations moins importantes ont été cartographiées ou décrites dans la plupart des territoires phytogéographiques du Congo, du Rwanda et du Burundi.

On en signale dans l'Uele [253], dans le Bas-Congo et le Kwango [129, 99, 100], dans le Haut-Lomami [248] et le Kasai [229]. Les grandes vallées du Katanga comptent localement des marécages très étendus [342]; aux environs d'Elisabethville, diverses associations aquatiques et paludicoles ont été reconnues et cartographiées [296]. Dans le Congo oriental, nombre de

(3) L'encombrement des passes et l'obstruction des chenaux par les papyrus ainsi que les amoncellements de ces masses flottantes autour des ouvrages (installations portuaires et piles de pont), préoccupent depuis longtemps les ingénieurs des services hydrographiques; une solution à ces problèmes est loin d'être entrevue [51].

groupements ont été décrits dans le Secteur du lac Albert [310] et dans celui des lacs Édouard et Kivu [208, 150, 328].

Dans le Rwanda et le Burundi, différents lacs, ainsi que les vallées de l'Akanyaru, de la Malagarasi et de la Kagera hébergent principalement des peuplements à *Cyperus papyrus* [209, 241, 228].

Dans le Secteur Forestier Central, les premières missions d'exploration botanique ont relaté, voici bien longtemps déjà, l'existence de vastes formations herbeuses, dans le lit et les plaines de débordement du Congo équatorial [311]. Ce sont ces mêmes groupements que MILBRAED [244] qualifie de « weite alluviale Hochgrassteppen ».

C'est plus récemment que J. LEBRUN [206, 207] et W. ROBYNS [278] ont donné une première description de ces groupements. Ultérieurement, J. LEBRUN [208] est revenu sur le sujet en traitant des conditions mésologiques et de la hiérarchie phytosociologique des associations aquatiques et semi-aquatiques de l'Afrique tropicale.

J. LOUIS [233] a présenté un schéma des successions végétales qui s'établissent dans les plages d'eau libre et sur les bancs de sable. J. LÉONARD [223] a étendu cette étude aux groupements aquatiques et semi-aquatiques de la région de Yangambi. R. BOUILLENNE et al. [38] ainsi que P. DEUSE [98] ont analysé les formations herbeuses des rives du lac Tumba.

En dehors des grandes vallées, il existe également, dans la forêt équatoriale congolaise, des petites clairières marécageuses à dominance de Cypéracées et notamment les « bains d'éléphants » étudiés par W. ROBYNS [282] et J. LÉONARD [222].

Les différents problèmes posés par ces groupements sont longuement débattus dans certains des travaux précités; nous les discuterons ultérieurement.

§ 2. LES SAVANES DE BASSE ALTITUDE DE LA CEINTURE ÉQUATORIALE

Des formations herbeuses de diverses natures, apparentées aux groupements des biotopes alluvionnaires récents mais de surface

plus réduite, sont présentes dans tous les territoires équatoriaux de basse altitude.

Selon le degré d'hydromorphie de leur substrat, on les désigne du nom de savane sèche, humide, périodiquement inondée, marécageuse, palustre, etc., mais ces appellations restent néanmoins imprécises: le vocable « savane » lui-même a connu et connaît encore diverses significations qui ajoutent à la confusion (4).

Aussi il a paru opportun de retracer le cheminement sémantique de ce terme et de rappeler les définitions successivement proposées, comme les opinions exprimées sur la nature de cette formation.

Après cette recension très cursive de la littérature géobotanique d'ancienne date, on s'étendra davantage — cela se conçoit — sur les écrits relatifs aux savanes (esôbé) du Secteur Forestier Central Congolais et particulièrement sur certaines thèses formulées pour expliquer « l'extrazonalité » de ces groupements herbeux. On réservera cependant aux chapitres ultérieurs la discussion de leurs conclusions.

A. HISTORIQUE ET DÉFINITION DU TERME SAVANE NATURE DE CETTE FORMATION

Entré, voici plus d'un demi-millénaire, dans le vocabulaire géobotanique, le mot « savane », appelé à une grande fortune, devait connaître des acceptions fort diverses.

Ce terme dont l'origine demeure assez obscure, aurait été emprunté au dialecte arouak parlé à Haïti et à Cuba; les natifs de ces régions l'utilisaient pour désigner des « plaines sans arbres ».

Dès 1535, OVIEDO devait transposer ce vocable dans la langue espagnole et l'appliquer, dans ses écrits, aux formations herbeuses du Venezuela. Pour cet auteur, « Savana » ou « Sabana » désigne des « paysages sans arbres mais avec beaucoup d'herbes, grandes et petites » [199].

(4) Les deux graphies « savane » et « savanne » sont admises; nous accepterons toutefois la première, plus courante et mieux en accord avec le mot originel (savana ou sabana); la graphie « savanne » est une transcription du mot anglais « savannah ».

Ce mot devait bientôt transgresser dans d'autres langues: dès 1529 [267], on le trouve sous la plume de naturalistes francophones (5).

Sa première définition purement physionomique allait rapidement s'adultérer de considérations découlant principalement de la théorie des climats. Aux zones climatiques reconnues de longue date correspondent, on le sait, des formations végétales majeures. Poussant ce parallélisme à l'extrême, on en vint à définir des « climats d'herbes, hostiles aux arbres » et des « climats d'arbres, défavorables aux herbes ». L'interdépendance des formations et des climats ainsi admise, on transposa dans la définition originelle de la savane diverses considérations d'ordre climatique, puis d'ordre édaphique; elles sont à l'origine des nombreuses discussions qui se sont élevées sur la nature de ces formations herbeuses. Rappelons toutefois que les premiers phytogéographes usèrent d'abord des noms vernaculaires de « campos » puis de « llanos » (6) pour décrire les paysages herbeux, plus ou moins boisés, des régions tropicales et subtropicales. Un fait de priorité doit être rappelé ici.

C'est A. de SAINT HILAIRE [94] qui parmi les naturalistes du XIX^e siècle, définit le premier la nature de ces

...immenses pâturages (brésiliens) que l'on appelle « campos » (7). Ils se composent de graminées entremêlées d'herbes, de sous-arbrisseaux et quelquefois d'arbrisseaux peu élevés; on y trouve en abondance des Composées et surtout des Vernonia; les Myrthées, les Mélastomatacées à fruits capsulaires y sont fort communes; mais on n'y revoit plus d'Acanthées, famille si nombreuse dans les bois vierges.

C'est aussi la première fois qu'apparaît, clairement explicité, le processus de la savanisation des forêts tropicales et subtropicales. Cette observation historique du grand voyageur français mérite aussi d'être relatée *verbatim et litteratim*:

Le pays qui s'étend de Villa-Rica à Villa-do-Principe offrait naguère des bois immenses, dont une portion considérable a été remplacée par

(5) Nous ignorons l'ouvrage français qui fait allusion à ce terme.

(6) D'autres noms vernaculaires et des toponymes sont parfois admis comme synonymes de savane ou de prairie, notamment: pampa, monte, puna, etc.

(7) Le terme de « quemadas » s'applique aux campos « où le feu a été mis récemment ».

des pâturages. Lorsque, dans cette contrée, on coupe une forêt vierge, et qu'on y met le feu, il succède aux végétaux gigantesques qui la composaient, un bois formé d'espèces tout à fait différentes et beaucoup moins vigoureuses; si on brûle plusieurs fois ce bois nouveau (8) pour faire quelques plantations au milieu de leurs cendres, comme on a fait d'abord dans celles des bois vierges (9), bientôt on y voit naître une grande fougère qui ressemble singulièrement au *Pteris aquilina*; au bout de très peu de temps enfin, les arbres et les arbrisseaux ont disparu, et le terrain se trouve entièrement occupé par une graminée grisâtre, velue et uniflore, qui souffre à peine quelques plantes communes au milieu de ses tiges serrées, et qu'on appelle *capim melado* ou *capim gordura* (10), parce qu'elle transsude un suc abondant et visqueux. Plusieurs habitants désignent avec raison, sous le nom de *campos artificiaes*, les pâturages dont je viens d'indiquer l'origine, et ils les distinguent ainsi de ceux du Rio-das-Mortes, qu'ils appellent par opposition *campos natureas*.

Pour achever ici l'histoire des alternements réguliers auxquels donnent lieu la coupe et l'incendie des forêts vierges, je dois dire que si on passe dix-huit à vingt ans environ sans couper les bois qui leur succèdent, et qu'en même temps les bestiaux ne s'y introduisent point, on voit disparaître peu à peu les végétaux qui composaient ces derniers, les espèces primitives se montrent de nouveau (11) et il finit par se former un bois que l'on a peine à distinguer des véritables forêts vierges. (Dans les environs de Villa-Rica), les Mineurs, en bouleversant de vastes terrains les avaient enlevés à l'agriculture, et, ne voulant faire usage ni de la charrue ni des engrais, ils ne peuvent tirer parti de leurs champs de *capim gordura* (12); ils sont donc obligés de s'éloigner de leurs premières demeures; ils se répandent sur les frontières de leur vaste pays, y détruisent d'autres forêts, et envient aux tribus errantes des Botocudos les retraites qui leur restent encore.

Cette claire vision des « faits du terrain » justifiait un petit détour dans le Brésil tropical et subtropical.

(8) « Ce sont eux qu'on appelle „capueiras” ».

(9) « Tel est le système détestable d'agriculture adopté par les Brésiliens des provinces de Rio de Janeiro, Minas-Gerais, Goyaz, etc... où l'on ne fait usage ni de charrue ni de fumier. »

(10) « Souvent le „capim gordura” remplace immédiatement les capueiras, ou même se montre au milieu d'elles après que les bois vierges ont été coupés. C'est cette graminée qui a été décrite par M. NEES sous le nom de *Tristegis glutinosa* (*Melinis minutiflora* P. BEAUV, introduite au Brésil). »

(11) « Les bois portent dans cet état le nom de *capueiras*. »

(12) « Le *capim gordura* engraisse les chevaux et les bestiaux, mais leur donne peu de vigueur. »

Dans une publication ultérieure, A. de SAINT HILAIRE [95] précise certains points relatifs à l'origine et à la physionomie des « campos »; il écrit:

Le campos indique un terrain couvert d'herbes; (...) il est naturel (campos natural) quand il n'a jamais offert de forêts; il est au contraire artificiel (artificial), lorsque des herbes ont succédé aux bois détruits par les hommes. Souvent on voit, dans les campos naturels, des arbres tortueux rabougris, épars ça et là; mais cette modification n'empêche pas les terrains qui la présentent de porter le nom de campos. On sent, au reste, que toutes ces expressions ne sauraient être parfaitement rigoureuses, puisque les différences qu'elles indiquent se nuancent entre elles par des dégradations insensibles.

Cet illustre explorateur souligne pertinemment, à propos de certains types forestiers climatiques et édaphiques, les relations sol-climat-végétation, et insiste sur l'importance des facteurs biotiques (feux de brousse) dans la dégradation du tapis végétal. Il reconnaît les successions régressives, — après défrichement suivi de culture et d'incendies, — qui prennent naissance dans certains secteurs du S-E du Brésil; les dominantes sont l'*Imperata* dans les terres non encore épuisées, le *Rhynchelytrum roseum* ou le *Melinis minutiflora* (13).

D'autres phytogéographes étendirent rapidement l'usage du terme « campos » aux paysages herbeux plus ou moins boisés des régions tropicales et subtropicales mais ne s'accordèrent pas sur les facteurs responsables de cette formation.

En 1835, LUND [in 350] visite, à son tour, les campos du Brésil et les considère comme étant d'origine biotique. Selon cet auteur, ces terrains étaient primitivement couverts d'une « forêt particulière de plateaux, la catandiva » plus basse que la forêt vierge et moins riche en lianes et en épiphytes; il voit également dans les incendies de la forêt, la cause de cette transformation.

A. von HUMBOLDT [181] donna, le premier, une description fort détaillée des formations herbeuses (llanos) du Venezuela. Toutefois, il faut attendre A. GRISEBACH [16] pour voir l'emploi du mot savane définitivement consacré. C'est d'ailleurs à tort

(13) A. CHEVALIER [59] a rappelé, bien avant nous, que son illustre compatriote fut le premier à reconnaître l'influence des feux de brousse et des facteurs biotiques en général, sur l'aspect du paysage végétal des tropiques brésiliens.

que l'on considère souvent cet auteur comme le promoteur de la théorie climatique des formations herbeuses tropicales. En effet, si A. GRISEBACH regarde les savanes américaines (Guyane et Venezuela) et africaines (Soudan) comme étant dues à l'alternance des saisons sèches et humides, il en reconnaît d'autres, d'origine biotique, qui, dit-il, peuvent se reboiser dès que l'agent causal (hache et feu) est écarté. Il s'exprime comme suit:

En Afrique et en Amérique, la formation de savane ne se produit que sous climat tropical (...) (par contre), dans le Domaine des Moussons (la forêt) n'atteint tout son développement que là où l'humidité et la température ont acquis un degré élevé et sont réparties avec une certaine uniformité entre toutes les saisons de l'année (...). Dès lors la destruction des jungles, soit par la culture, soit par l'épuisement des substances nutritives minérales du sol, explique l'origine des savanes, et celles-ci peuvent, à leur tour, être refoulées par la végétation arborescente aussitôt que les essences forestières commencent, pendant la saison chaude, à concentrer et à condenser à un degré voulu les vapeurs d'eau. En effet, dans l'Inde, la disposition géographique des savanes se rattache fréquemment aux mêmes conditions physiques de position que les jungles; mais, dans les régions forestières, leur extension et leur étendue sont peu considérables parce que sous les climats plus humides l'énergie de la croissance des arbres est trop forte. M. JUNGHUN a fait voir qu'à Java et à Sumatra ce n'est que la destruction des forêts qui donne naissance aux savanes désignées sous le nom de champs d'Alang (*Imperata*).

E. WARMING [350] parcourut à son tour les campos du Brésil précédemment visités par LUND. A l'encontre de ce dernier, il considère:

..l'entière végétation de campos (comme étant) en première ligne une résultante des conditions du sol et de la sécheresse du climat.

Il poursuit:

Si les incendies ont de façons multiples modifié cette végétation, leur action n'a certainement pas été suffisamment uniforme ni persistante pour apporter des modifications communes au caractère total de la végétation, sur une superficie de milliers de km².

Il ajoute:

Les conditions physiques qui déterminent la séparation nette des forêts et des campos, relèvent de différences d'humidité du sol.

Pour O. DRUDE [118], les formations herbeuses sont liées au climat. Sous les tropiques, dit-il, les formations ont certains traits communs caractéristiques parmi lesquels l'existence d'une période

de repos végétatif non déterminé par le froid est une des plus remarquable. Sa définition des savanes (14) souligne cet aspect climatique important:

Ce sont des formations dont la période de repos correspond à la saison sèche, après laquelle les touffes de graminées s'élèvent rapidement.

Au point de vue floristico-écologique, il ajoute :

Les savanes ne sont pas seulement caractérisées par des hautes graminées, elles le sont également par la présence de plantes ligneuses tropicales (dont la feuillaison correspond à la saison pluvieuse ou qui du moins peuvent résister à la sécheresse par des moyens protecteurs) avec leur cortège d'épiphytes ou de plantes ligneuses grimpantes ou herbacées.

A. SCHIMPER [293] considère également le climat comme étant le principal facteur déterminant la distribution des végétaux. Il écrit:

Un climat sec à hiver froid ou à très longue saison sèche est défavorable à la forêt (...). Ainsi les llanos du Venezuela ont un climat (tropical avec 5 mois de saison sèche) hostile à la forêt.

E. WARMING [351], revenant sur sa définition, la modifie quelque peu. Les savanes sont

...des herbages tropicaux soumis aux pluies d'été et à la sécheresse hivernale; ils sont couverts de petits arbres. Les raisons de l'absence ou de la rareté des arbres sont partiellement géologiques, partiellement climatiques.

A. HAYEK [165] est également partisan de la théorie climatique, il écrit en effet:

Die typische Form, in der Tropen die Grasflur auftritt, ist die Baumsteppe oder Buchsteppe, die Savanne. Sie ist in allen Trockengebieten der Tropen verbreitet, wo die jährliche Niederschlagsmenge etwa 90-150 cm beträgt und die Niederschläge, messt als Gewitterregen, der Hauptmasse nach in die Vegetation zeit der Graser fallen.

J. BEWS [32] a, le premier, clairement défini les deux grands types de savanes qui se partagent les tropiques et les subtropiques africains; il les caractérise comme suit:

The high grass tropical savannas is dominated by very tall, coarse grasses which grow very rank, from 5-15 feet high, and are either annual or perennial.

(14) D'après H. SCAETTA (1941) O. DRUDE emprunte cette définition à l'ouvrage de A. KERNER VON MARILAU: Pflanzenleben (Leipzig, 1887-1891).

Ce type savanicole se rencontre notamment en forêt, dans les aires les plus humides; toutefois, il est surtout développé de part et d'autre de l'aire de la forêt équatoriale où il forme une bande plus ou moins large selon les régions, là où règne une saison sèche et où le feu nuit à la croissance des arbres. Les graminées appartiennent presque entièrement à la tribu des Panicées (*Pennisetum*, *Imperata*, *Panicum*, *Setaria*) et à celle des Andropogonées (*Roetiboellia*, *Urelytrum*, *Jardinea*, *Cymbopogon*, *Andropogon* et de nombreuses espèces d'*Hyparrhenia* J. BEWS). considère que ce type s'est établi par destruction de forêts et que l'action des facteurs biotiques lui assure un caractère permanent.

The tropical and subtropical bunch grass savannas differ from the high grass type in its degree of stability, in its composition, and its general appearance and ecological behaviour.

Les feux, continue-t-il, exercent une action importante mais le maintien de ces savanes n'est pas nécessairement lié aux incendies; dans le territoire portant ce type de savanes, les facteurs climatiques ne conviennent pas au développement de forêts denses. Il n'empêche, ajoute-t-il, que de nombreux faciès (savane boisée notamment) représentent des stades successionnels conduisant à la forêt.

Quant à la présence d'arbres dans ces savanes, J. BEWS fait remarquer que:

As far as the grasses are concerned, it is unnecessary to separate savanna from pure grassland since the presence of trees does not alter the composition of the latter, and any differences in the grass flora that may exist between pure grassland and tree savanna depend on climatic and soil differences (...). Ecological differences depend chiefly on the amount and distribution of the rainfall, and over the vast area covered by this varies considerably in differences.

Floristiquement, les « bunch grass savannas » diffèrent des « high grass savannas » en ce que les premiers stades de la succession comprennent surtout des Pooidées tandis que dans les stades climax les Andropogonées cespitueuses dominent, les Panicées par contre n'y occupent qu'une place accessoire.

Au sein des « bunch grass savannas », J. BEWS distingue deux sous-types:

— La « tall bunch grass savanna » couvrant les régions à pluviosité annuelle comprise entre 35 et 60 inches (875 et 1 500 mm);

— La « low bunch grass savanna » s'étendant dans les terri- toires où la lame d'eau varie entre 20 et 35 inches (500 et 875 mm).

Il termine son chapitre sur l'écologie des formations grami- néennes par cette conclusion:

The great grassland areas of the world are none of them primitive.

Passons maintenant à l'examen des dernières définitions en date.

J. LANJOUW [199], se basant sur l'origine avant tout géogra- phique du terme, suggère d'en restreindre l'usage aux formations des Indes occidentales et des régions septentrionales de l'Amérique du Sud. Sa définition, à la fois vernaculaire et physionomique, est la suivante:

Savannahs are plains in the West Indian Islands and Northern South-America covered with more or less xeromorph herbs and with few trees or shrubs.

Ces savanes dériveraient de la forêt dense humide à la suite d'altération des conditions édaphiques principalement, et secon- dairement climatiques.

W. ROBYNS [278] analysant le travail de J. LANJOUW ne sous- crit pas à cette définition trop limitative et incomplète d'après lui. S'inspirant de celle donnée par O. DRUDE [118], il propose de la compléter comme ci-après:

Les savanes sont des groupements herbeux ouverts, à base de gra- minées, entremêlées ou non d'arbustes et d'arbres tropophiles, loca- lisés dans les régions tropicales à saison sèche bien marquée, pendant laquelle elles se dessèchent généralement, et différant des steppes tant au point de vue écologique que floristique.

Dans une note ultérieure, W. ROBYNS [279] range parmi le climax édaphiques (subclimax), les « esôbé » (15) de la forêt

(15) La graphie, l'étymologie et la signification exacte de ce mot ont été précisées ailleurs [151]. On notera que les « larges plaques latéritiques », que l'on rencontre sur la rive gauche de l'Uele et qui remontent fort loin vers le nord, sont improprement qualifiées d'esôbé par L. LAVAUDEN [204]. Il s'agit de « boval » connus sous le nom de « pengbele » (dial. babua) ou de « mongwa » (dial. zande) dans le Secteur phytogéographique de l'Uele-Ubangi.

équatoriale qu'il rattache aux savanes ou « *duriherbosa* » de RUBEL.

Ce même auteur [280], traitant des problèmes des feux de brousse, revient sur la nature de ces « formations végétales xérophiles » qu'il divise en « naturelles » et en « biotiques ou secondaires ».

I. *Les savanes naturelles*

a) Les savanes *climatiques* sont considérées comme primitives et constituent

...dans les conditions actuelles du climat, des climax c'est-à-dire des groupements plus ou moins durables adaptés au milieu... (elles sont fréquentes) dans les régions à climat tropical, avec saison sèche prolongée, qui entourent la Cuvette centrale congolaise et qui sont impropres à la croissance d'essences forestières.

Dans ces savanes climatiques, sur la base de leur composition floristique, W. ROBYNS distingue:

— Les savanes guinéennes des marges septentrionales et méridionales de la Cuvette;

— Les savanes orientales des hauts reliefs de l'Ituri, du Kivu et du Haut-Katanga.

Les composants floristiques tant ligneux qu'herbacés de ces savanes climatiques guinéennes et orientales sont « des plantes xérophytes adaptées à la longue saison sèche ».

L'origine de ces formations herbeuses climatiques pourrait s'appliquer par

...la théorie de l'évolution écologique des formations de J. BEWS, (à savoir que) les savanes sont des formations dérivées, occupant des régions qui étaient autrefois couvertes de forêts équatoriales, semblables à celles qui se rencontrent encore maintenant dans le District (Secteur) Forestier Central.

Leur ancienneté remonterait au Tertiaire (d'après J. BEWS), sans prétendre pour autant que

...les savanes climatiques actuelles sont entièrement primitives et vierges de toute influence humaine.

b) Les savanes *édaphiques*, et notamment les esôbé,

ont une flore très uniforme mais dont les espèces sont les mêmes que celles des savanes climatiques. Toutefois, contrairement (à ces

dernières), elles ne constituent qu'un subclimax et sont appelées à être colonisées graduellement par la puissante forêt, dès que la nature du sol le permettra.

2. *Les savanes secondaires*

Elles comprennent selon la nature du substrat:

a) Les savanes sur *sols forestiers* qui sont

provoquées par les actions biotiques (...) (et) se rencontrent dans les régions climatiques forestières, un peu partout en Afrique, aussi bien à l'intérieur de la forêt équatoriale que dans les régions de savanes climatiques. Dans ces dernières, elles occupent le plus souvent des terrains de forêts édaphiques (galeries forestières).

Leur composition floristique diffère généralement de celles des savanes édaphiques (spécifiquement plus pauvres ou même monophytiques) et leur développement est aussi « plus considérable et plus vigoureux »; elles correspondent aux « high tropical savannas » de J. BEWS [32].

Sous l'angle écologique,

...ces formations diffèrent aussi (...) des savanes édaphiques. Tout en étant composées, à peu de choses près, des mêmes types biologiques, elles sont beaucoup moins xérophytes, voire même hygrophytes et leur végétation est souvent continue.

Leur instabilité est grande:

...laissées à elles-mêmes, elles disparaissent rapidement (par reboisement spontané, mais) ce processus naturel de la reformation de la forêt (...) ne se produit cependant que si l'homme n'intervient pas et si les conditions de milieu et certaines conditions du sol le permettent.

W. ROBYNS reconnaît en effet que:

Par des cultures successives et l'action répétée de l'homme (feu?), le sol peut (...) s'épuiser à tel point qu'il n'est plus capable de permettre la reformation naturelle de la végétation climatique primitive.

Et il ajoute:

Par évolution régressive, on peut arriver alors à un stade final de dégradation de la végétation et du sol, qui s'observe dans diverses régions de l'Afrique intertropicale et qui a été stigmatisé par maints auteurs (16).

(16) Souligné par nous.

b) Les savanes sur *sols savanicoles* sont

...des formations agrostologiques secondaires sur sols de savanes des régions à climat tropical, dues aux travaux de culture, de défrichement, etc. Laissés en friche, ces terrains de culture retournent à la savane climatique (après un temps plus ou moins long).

Si nous avons tenu à préciser assez longuement les vues de W. ROBYNS sur les caractéristiques climatiques, édaphiques, floristiques et syngénétiques des peuplements herbeux de l'Afrique tropicale, c'est que, dans une étude que nous analyserons ultérieurement (cf p. 199), cet auteur distingue parmi les formations herbeuses du Secteur Forestier Central — caractérisé, comme on le sait, par un climat humide et chaud — des savanes d'origine édaphique (région de Coquilhatville-Bikoro), d'origine climatique (certaines clairières des bassins de la Tshuapa et de la Lomela) et d'origine secondaire (dans tout le Secteur Forestier Central).

Ouvrons également une petite parenthèse sur l'effet des feux de brousse sans nous engager pour autant dans cette question tant débattue.

H. HUMBERT [180] traitant du dynamisme de la végétation dans les pays tropicaux et subtropicaux, analyse les effets de l'homme et des incendies sur l'équilibre naturel des groupements et reconnaît aux savanes une origine secondaire. Il s'exprime comme suit:

Du jour où, par le fer ou par le feu, des peuplades ont ouvert dans la végétation primaire des brèches, que la répétition des incendies agrandissait toujours en contrariant l'évolution normale des stades de reconstitution, cet équilibre normal s'est trouvé bouleversé.

L'incidence de ces facteurs biotiques est fonction du climat et c'est évidemment

...sur les territoires (soumis) à une alternance de pluies saisonnières abondantes et de sécheresse accusée que les effets de *ce régime nouveau imposé artificiellement à la végétation native* (17) se sont le plus rapidement fait sentir. En ce qui concerne la résistance aux feux des forêts sempervirentes, elle est fonction de leur « texture » et de leur composition floristique liée elle-même au climat; d'une façon générale, *leur destruction exige l'abattage préalable* (17) pratiqué en vue de cultures extensives par l'indigène depuis des millénaires.

(17) En italique dans le texte original.

Dans les conditions les plus favorables (climats pluvieux), la reforestation naturelle s'établit à l'abandon de la sole mais

...ailleurs, la sylvie autochtone est remplacée par des formations d'un tout autre caractère, savane ou prairie, dont les éléments constitutifs sont généralement venus de l'extérieur; il en est ainsi partout où les circonstances locales contrarient la régénération de cette sylvie et favorisent au contraire le développement des graminées et autres plantes héliophiles sur les aires abandonnées par la forêt dense.

H. HUMBERT souligne également la nuisance des incendies sur le sol lui-même et conclut que

...l'instauration du régime des feux de brousse a eu pour conséquence (...) une extension continue des herbages, soit en formations à peu près pures à aspect steppique, (...) soit en formations mixtes comportant une strate graminéenne et des arbres isolés, ou en bouquets, ou même en peuplements relativement denses (...) et une régression corrélative des formations purement sylvestres.

W. ROBYNS [280] s'insurge contre cette théorie défendue par et déclare H. HUMBERT,

...ne pas pouvoir souscrire à cette thèse en ce qui concerne le Congo Belge, car ce serait, d'une part, méconnaître le rôle primordial et essentiel du climat dans la formation et le maintien des savanes naturelles et d'autre part, attribuer aux feux de brousse des conséquences qu'ils ne peuvent avoir. On devrait alors admettre que le climat tropical, qui est indiscutablement impropre au développement de la vraie forêt, serait, non pas l'origine mais la conséquence de l'extension des savanes et par là des feux de brousse.

Aucun biologiste, poursuit-il, ne pourrait souscrire à l'hypothèse de H. HUMBERT, à savoir que

...l'instauration du régime des feux de brousse, en rompant l'équilibre naturel de la végétation vis-à-vis des facteurs climatiques, a entraîné l'extension continue des savanes herbeuses ou arborescentes, qui seraient ainsi toutes d'origine secondaire et constitueraient un paraclimax.

Quant à l'action des feux sur la flore des savanes, W. ROBYNS [280] ne souscrit pas non plus, en ce qui concerne les savanes climatiques du moins, à l'opinion de nombreux auteurs et partage par V. VAN STRAELEN [340] qui écrit:

On peut tenir pour certain que la succession régulière des feux amène la dégradation parallèle des biotopes végétaux et, dans les conditions les plus favorables, la formation de savanes occupées par les graminées cosmopolites intertropicales.

D'après W. ROBYNS:

Cette affirmation ne peut s'appliquer aux savanes climatiques dont la flore est généralement très variée.

Il ajoute que:

...sans pouvoir le prouver, il est à présumer que dans les savanes naturelles arrivées à leur climax, c'est-à-dire au bout de leur évolution normale dans les conditions actuelles, le feu périodique ne modifie pas sensiblement la composition floristique. Laissées à elles-mêmes, ces savanes, en tout cas, ne deviendront pas forestières. Le feu de brousse ne peut donc être ici un obstacle à la formation d'un couvert ligneux.

Revenons-en aux définitions de la savane.

Pour J. TROCHAIN [318], la savane est formée d'un tapis graminéen ouvert tout au moins au niveau du sol, de hauteur variable, obligatoirement parsemé d'arbustes clairsemés et parfois d'arbres isolés. Ultérieurement, cet auteur propose une définition plus large:

C'est un peuplement aux basses altitudes, d'espèces graminéennes et herbacées, mésomorphiques avec occasionnellement sous-arbrisseaux, arbrisseaux et même petits arbres isolés, épars.

Il distingue, sans les définir, des savanes marécageuses et des savanes inondables.

J. BEARD [21] dans une importante monographie sur les savanes néotropicales, étude sur laquelle nous reviendrons, discute la définition proposée par W. ROBYNS. Il fait notamment remarquer que:

If the savanna is to be a physionomic unit, we must not admit habitat factors to the definition and the localisation of savannas in well marked dry seasons is not correct.

Autrement dit, la définition de W. ROBYNS est trop restrictive et ne s'applique pas aux peuplements d'herbes équatoriaux situés précisément dans des régions où la saison sèche n'est pas marquée (climat équatorial), le terme savane serait donc impropre à désigner les esôbé rivulaires ou intercalaires du centre de la Cuvette congolaise. J. BEARD, en conséquence, fait abstraction du facteur climat et propose la définition suivante:

Savannas are communities in tropical America comprising a virtually continuous, ecologically dominant stratum of more or less xeromorphic herbaceous plants of which grasses and sedges are the

principal composants and with scattered shrubs, trees or palms sometimes present.

Le fait essentiel, ajoute-t-il, est que « la strate des herbes est écologiquement dominante ».

Il conclut qu'il est logique d'étendre cette définition aux groupements herbeux paléotropicaux si ceux-ci sont reconnus physionomiquement et écologiquement affins des « grasslands » de l'Amérique tropicale.

Pour P. DUVIGNEAUD [129, 130], la savane, celle du Bas-Congo notamment, est une formation herbeuse sur sol assez riche, floristiquement pauvre et à alternance saisonnière peu nette, composée de graminées de haute taille; elle est pourvue d'une strate arbustive ou arborescente de pyrophytes spécialisés, trop peu dense toutefois pour exercer une action appréciable sur les strates inférieures; les deux strates principales, herbacée et arborescente, sont comme surajoutées, indépendantes l'une de l'autre.

W. MULLENDERS [249] donne le nom de savanes

...aux formations herbeuses de terre ferme, qui comporte une strate herbacée plus ou moins élevée, dominée par les graminées, et des strates physionomiquement secondaires, soit suffrutescentes, soit arbustives ou arborescentes. Les strates secondaires peuvent manquer et ne modifient pas ou guère la strate principale graminéenne.

J. LEBRUN [209], étudiant les savanes africaines (Kagera), expose longuement les relations phytosociologiques et syngénétiques existant entre la savane arbustive, la savane herbeuse et les savanes boisées.

Dans la savane arbustive, à ce tapis herbeux se superpose

...une strate ligneuse (...) à couvert léger dont le recouvrement, de l'ordre de 10 % de la surface totale, est insuffisant pour modifier uniformément les conditions de milieu (...) et entraver le développement des herbes.

Dans la savane boisée, la densité de la strate arbustive augmente jusqu'à atteindre 25 % et plus, taux de recouvrement qui cause une modification très nette du milieu et notamment la régression partielle des constituants xéro-héliophiles de la strate herbeuse; cet accroissement de densité détruisant partiellement au moins la savane herbeuse, lui est par conséquent étran-

gère; ces strates savaniques ne font donc pas partie intégrante des associations herbeuses qu'ils surplombent.

Cet auteur résume son opinion quant aux rapports entre les strates herbeuses et arbustives des savanes, en écrivant:

Il est vraisemblablement inexact d'associer au sein de mêmes entités phytosociologiques les composantes herbeuses et arbustives de beaucoup de savanes plus ou moins boisées.

A la réunion de phytogéographie organisée par le Conseil Scientifique Africain de la C.C.T.A. et tenue à Yangambi (1956), un accord interafricain est intervenu en matière de nomenclature des types de végétation de l'Afrique tropicale. Parmi les définitions proposées, la suivante fut retenue:

La savane est une formation herbeuse comportant une strate herbacée supérieure continue, d'au moins 80 cm de hauteur, qu'influence une strate inférieure; graminées à feuilles planes, basilaires et caulinaires, ordinairement brûlées annuellement; plantes ligneuses ordinairement présentes.

Quatre sous-types sont reconnus: la savane arbustive (arbustes disséminés), la savane arborée (arbres et arbustes disséminés) et la savane boisée (arbres et arbustes formant un couvert généralement clair).

Cette définition, la dernière en date pour l'Afrique tropicale, rejoint celle proposée par J. BEARD [21]. Elle met plus particulièrement en relief, l'aspect physionomique de la formation ainsi que la structure écologique et la nature des constituants floristiques majeurs. L'incidence du facteur climat n'est pas retenue, pas plus que celle des facteurs édaphiques; l'action du feu et la présence de plantes ligneuses ne sont pas exclues.

Pour être complet signalons encore que certains auteurs admettent l'existence de savanes « tempérées » [254, 255, 132], et même de savane « subarctique » [82]; la pertinence de ces appellations ne sera pas discutée ici.

Vieille de plus de cinq siècles, la notion de savane a prêté et prête encore à bien des discussions: elle est tantôt acceptée dans son sens primitif, tantôt reprise avec des modifications plus ou moins profondes, voire des erreurs caractérisées. L'accord n'est pas définitivement acquis sur la part que doivent prendre dans

la description de cette formation, d'un côté les facteurs de l'environnement, de l'autre, la végétation elle-même. Si une définition qui rallierait tous les suffrages reste encore à trouver, par contre, les conditions dans lesquelles la savane s'établit et la manière dont elle se transforme, disparaît ou se reconstitue, prêtent, d'une façon générale, à moins de controverses.

En guise de recommandation et pour clore ce long procès du terme « savane », on rappellera, du moins en ce qui concerne l'Afrique du sud du Sahara,

...qu'au stade actuel atteint par les investigations phytogéographiques (...), et dans l'intérêt d'une coordination éminemment désirable, il y a lieu de s'en tenir à des définitions essentiellement physionomiques des différents types de végétation (dont la savane) sans exclure pour autant l'analyse écologique qui doit être encouragée et généralisée, mais ne pourrait, au stade présent, donner lieu à une synthèse pratiquement utilisable [320].

B. LES VUES EXPRIMÉES SUR L'ORIGINE DES SAVANES ÉQUATORIALES DE BASSE ALTITUDE

L'existence de ces plaines herbeuses « enchâssées » dans les massifs forestiers équatoriaux, a intrigué de nombreux chercheurs appartenant à toutes les disciplines du terrain: géologues, pédologues, climatologues, géographes, zoologistes, botanistes et forestiers ont rivalisé d'ardeur dans leur souci d'expliquer l'origine de ces « vides forestiers ». Le climat (et les paléoclimats), le sol et l'homme y sont, tour à tour, mis en cause.

Les données de base justifiant les positions adoptées ou les thèses défendues n'apparaissent pas toujours clairement dans les écrits. Bon nombre de travaux relatifs à la nature primitive ou dérivée de ces savanes se caractérisent, assez paradoxalement du reste, par l'absence de relevés floristiques de leur couvert herbeux et par l'indigence, chez les tenants d'une origine édaphique, de données pédologiques convaincantes. Quelques auteurs encore, au départ d'observations très localisées ou sporadiques ou portant sur des biotopes mal définis, ont généralisé leurs constatations à l'ensemble d'une région, poussant même leur hardiesse jusqu'à extrapoler leurs conclusions à de vastes territoires qu'ils n'avaient pas visités. Ainsi, certaines opinions

paraissent s'étayer davantage sur des impressions ressenties que sur des faits probants, constatables sur le terrain. Mais empressons-nous de le dire, on retrouve aussi dans d'autres relations des argumentations solides, fondées sur des observations *in situ*. De ces différentes vues nous nous efforcerons de présenter un aperçu aussi bref et aussi clair que possible.

I. *Les savanes des régions équatoriales extra-africaines*

On doit à J. BEARD [21] un remarquable essai de synthèse sur les savanes septentrionales de l'Amérique tropicale, continentale et insulaire.

Devant les thèses nombreuses et contradictoires avancées à propos de leur origine, cet auteur a entrepris une analyse exhaustive de l'abondante littérature parue sur le sujet; il ramène aux suivantes les différentes causes auxquelles on impute l'existence de ces savanes.

a) *Causes d'ordre climatique, édaphique et biotique*

Les déficiences des conditions d'humidité peuvent être dues à:

1. L'alternance des saisons sèche et humide;
2. L'alternance des saisons sèche et humide, et à des conditions édaphiques particulières;
3. L'alternance de saisons sèche et humide, et à l'action des feux de brousse.

b) *Causes d'ordre anthropique:*

Par destruction et incinération des peuplements forestiers.

c) *Causes d'ordre édaphique:*

1. Dues à une pauvreté chimique du substrat:
 - Acquis, par lessivage du profil et évolution de la forêt vers un peuplement moins stable et plus attaquant par les feux;
 - Congénitale, résultant de formations géologiques donnant par altération des sols aptes à ne porter qu'une végétation de savane.
2. Dues à des conditions de drainage défavorables.

Poursuivant son étude par l'exposé de faits écologiques, J. BEARD confronte ses observations et les données de la littérature. Ses principales conclusions sont reprises ci-après:

1) Dans la savane telle qu'il la définit (p. 103), il reconnaît 3 sous-types:

- a) La « tall bunch grass savanna », composée de graminées pérennes xérophytiques atteignant jusqu'à 1 m de haut, cespiteuses et associées à beaucoup de cypéracées et à d'autres herbes;
- b) La « short bunch grass savanna », à graminées xéromorphes cespiteuses, ne dépassant pas 35 cm de haut;
- c) La « sedge savanna », à cypéracées relativement xéromorphiques atteignant 45 cm de haut, non cespiteuses, associées à diverses espèces d'hygrophytes (hépatiques, mousses et fougères).

2) Les savanes se rencontrent sur des territoires dont la pluviosité annuelle varie de 500 à 2 500 mm; la « short bunch grass savanna » prédomine dans les régions les moins bien arrosées (moins de 875 mm) tandis que la « sedge savanna » est surtout fréquente dans les régions plus humides (plus de 2 000 mm).

3) Tous les types de climat des régions basses de l'Amérique tropicale situées dans des conditions de site favorable, permettent le développement d'une végétation forestière: un « tropical grassland climate » n'existe pas.

4) Tous les types savaniques peuvent être régulièrement parcourus par les incendies, et leur flore est, de ce fait, adaptée au feu.

5) Le maintien de la végétation herbacée n'est pas dû aux incendies; la savane est un climax édaphique c'est-à-dire déterminé par des conditions de sol et de site, notamment par des conditions de drainage défavorables.

Cette dernière conclusion restreint considérablement la définition de la savane proposée par cet auteur; on peut difficilement y souscrire au vu d'observations faites dans les savanes africaines.

Enfin, parmi les sous-types de groupements herbeux reconnus et définis par J. BEARD, on notera également que certains d'entre eux appartiennent plutôt à la prairie qu'à la savane *sensu stricto*.

Dans une esquisse géo-botanique de la partie méridionale de la Guyane française, E. AUBERT DE LA RUE [10] relate que

A de très rares exceptions près, la grande forêt équatoriale recouvre toute la région envisagée. Il n'existe, en effet, dans le sud de la Guyane, aucune savane herbeuse véritable, comme on en connaît plus au nord tout le long de la zone littorale (...). Pourtant ce terme de savane est parfois employé pour désigner certaines formations végétales qui s'étendent le long des cours d'eau et sont partiellement submergées lors des crues. L'expression de savane-roche (18) est également en usage chez les Guyanais, s'appliquant à des surfaces rocheuses plus ou moins dénudées dont l'origine est obscure.

Touchant l'origine de ces clairières il ajoute:

Il ne semble pas que l'intervention de l'homme, même aux temps lointains où les Indiens étaient les seuls occupants du pays, soit responsable de ces clairières existant en pleine forêt, où la roche granitique affleure en s'écaillant, sans le moindre phénomène de latérisation.

Cet auteur [11] est revenu sur la question de l'origine des savanes de la Guyane française (19) et de l'Amazonie. Les clairières d'Amapá (Guyane), qui bénéficient d'un climat extrêmement pluvieux (2 500 à 3 500 mm) ne peuvent avoir selon lui une origine climatique; il estime que des observations géologiques confirmeraient leur caractère édaphique déjà reconnu précédemment par d'autres auteurs.

Dans les types savanicoles d'Amapá (et de Marajó), A. AUBREVILLE [15] attribue aussi aux savanes herbeuses sur sable blanc une origine secondaire:

La formation végétale primitive est certainement un fourré (...) attaqué par les feux de brousse.

Ce même auteur reste dubitatif (20) sur la nature des savanes boisées et pense

(18) Ce sous-type doit être ajouté aux nombreux autres déjà connus et dont G. PLAISANCE [267] donne une énumération pratiquement exhaustive.

(19) J. HOCK [172] dans une communication préliminaire, annonce une étude phytosociologique et édaphique des groupements herbeux de la zone littorale de la Guyane française.

(20) Depuis lors, cet auteur [16] a opté pour une origine paléoclimatique d'une grande partie des savanes tropicales (cf. p. 190).

...qu'il ne faut pas joindre le problème de leur origine à celui de l'origine des fourrés amazoniens sur sable blanc.

Pour R. SCHNELL [298],

...certaines des clairières de la forêt amazonienne, à tapis herbacé et à petits arbres plus ou moins xéromorphes, paraissent résulter d'une destruction de la forêt dense primitive. Leur sol sableux plus ou moins squelettique serait alors issu, par lessivage et dégradation, du sol sableux humifère de la forêt dense.

Dans les forêts de Nouvelle-Guinée, J. LAM [197 bis] a aussi signalé l'existence de savanes intercalaires qu'il considère comme étant d'origine secondaire (causes anthropiques).

A Ceylan, C. HOLMES [173] a étudié la nature et l'origine des différentes savanes tant des zones humides que des zones sèches; il écrit à leur propos:

All these types are definitely secondary and of biotic origin, arising from clearing burning and cultivation, and later after abandonment, by periodic burning.

Au Congrès International de Géographie qui s'est tenu à Rio de Janeiro en 1956, le problème des savanes et des campos dans les régions tropicales a fait l'objet d'un colloque. Dans les communications présentées [8, 65, 177, 258, 301, 321] qui, remarquons-le, concernent principalement l'Amérique tropicale, les auteurs attribuent à ces groupements herbeux, arborés ou non, une origine soit édaphique, soit paléoclimatique (relictés de conditions climatiques anciennes), soit anthropique (feu principalement).

II. *Les savanes d'Afrique équatoriale occidentale*

Des groupements herbeux établis sur divers substrats sont connus dans les parties occidentales du grand massif guinéen.

Au Gabon, R. FURON [141] classe les terrains de ce territoire en cinq séries stratigraphiques principales. Dans la schisto-calcaire, à la zone des calcaires moyens et supérieurs

...sont liées constamment des grandes formations latéritiques et la savane.

G. LE TESTU [227] relate l'existence de

...petites savanes closes, très singulières qui rompent la continuité du couvert forestier; on les trouve dans des situations topographiques

fort variables (sommets, flanc de coteau, bas-fonds) et sur des terrains rocheux et plus ou moins profonds.

Ces périmètres herbeux paraissent analogues aux savanes du Mayumbe signalées par J. de BRIEY [110] et C. DONIS [116]; ils se rattachent aux savanes guinéennes, et leur origine culturelle n'est guère douteuse.

Dans la même étude, G. LE TESTU a longuement décrit « les plaines herbeuses » du bassin de la Nyanga et de la Ngounye. Il s'agit de savanes étendues, de 20 à 50 km de long, incinérées annuellement et qui pénètrent à l'intérieur de la forêt; elles occupent des sites et des sols similaires à ceux portant des peuplements forestiers. Entre elles, les « grandes plaines gabonaises » accusent cependant des différences physionomiques. Celle de la Nyanga, établies sur sols argileux comme la forêt voisine, comprennent de hautes graminées (*Andropogon* spp.) piquetées localement de petits arbres rabougris (*Anona senegalensis*, *Bridelia ferruginea*, *Nauclea latifolia*, *Psorospermum febrifugum*, *Vitex madienensis*, etc.). Par contre, les plaines herbeuses de la Ngounye sont constituées de graminées moins élevées et les espèces ligneuses y sont rares ou même absentes. Physionomiquement, ce type savicole nous paraît fort voisin de certaines savanes guinéennes postforestières. Des stades de savanisation moins avancée de la forêt se retrouvent d'ailleurs sur la rive droite de la Ngounye et vers l'aval. Le TESTU signale en effet que

... les savanes cèdent (localement) la place à des formations forestières dégradées (et notamment) à des fourrés impénétrables à *Pteridium aquilinum*, ou à la brousse basse à Marantacées et Zingibéracées; l'*Elaeis* y est très abondant; par endroits, le sol très superficiel est la cause de la disparition de la forêt.

Quant à l'origine de ces savanes, G. Le TESTU reste dubitatif et écrit:

Nous ne pouvons pas affirmer que les savanes dont nous nous occupons sont primitives. Si on admet qu'elles sont secondaires, il faut leur attribuer une origine très ancienne. Elles ont aujourd'hui tous les caractères de l'équilibre.

Revenant sur la question des savanes gabonaises, R. FURON [142] fait remarquer que:

Dans la vallée de la Nyanga, à l'est du Mayumbe, la série géologique comporte un socle ancien cristallin et cristallophyllien (le Mayombe),

puis des séries primaires: schisto-dolomitique à la base et schisto-gréseuse au sommet. Actuellement on pourrait cartographier l'extension des calcaires dolomitiques sans aller sur le terrain, si l'on dispose d'une bonne carte forestière. La forêt dense couvre uniformément le cristallin, d'autres forêts s'étendent sur les plateaux schisto-gréseux. Par contre, les affleurements de calcaires dolomitiques sont recouverts de latérites et de savanes qui ne sont interrompues que par les galeries forestières des vallées. Ceci est dû au défrichement et à l'incendie. Les calcaires dolomitiques n'ont jamais dû donner des sols bien épais, mais quelques *terra rossa* parsemées de fragments de quartz provenant des filonnets qui sont fréquents. Après destruction de la forêt primitive, le sol n'a pu donner de récoltes que pendant très peu de temps et a été abandonné selon l'usage.

Cet auteur signale encore que les indigènes incendient intentionnellement les savanes qui sont fréquentées par les buffles; il poursuit:

Ces feux de savanes grillent régulièrement la bordure boisée et réduisent insensiblement la surface de la forêt. Cette forêt est toujours attaquée à la hache ou au feu pour obtenir des terrains de culture. Il semble que l'influence de l'occupation soit mauvaise en ce sens qu'elle tend à diminuer le nomadisme indigène afin de pouvoir mieux le surveiller. Le village noir devenant presque fixe, installé dans une clairière, ce sont les mêmes environs qui sont constamment déboisés. On arrive ainsi à observer d'assez grandes taches claires en pleine forêt dense. Ces observations portent environ sur 200 km. Les mêmes phénomènes se sont produits au Congo français, où divers renseignements obtenus indiquent également une répartition identique de la savane et des calcaires dolomitiques.

Dans une importante étude sur les forêts de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun, A. AUBRÉVILLE [12] s'étend, à son tour, sur la question de

...l'origine de ces étranges paysages si inattendus en pays équatorial humide.

Après s'être livré à des observations écologiques fort détaillées, cet auteur s'interroge sur les causes capables d'expliquer la présence insolite de ces savanes. Une critique serrée des hypothèses les plus couramment admises: recul de la forêt sous l'action des feux de savane (origine biotique) ou, au contraire, une transgression forestière sur des sols vierges qui ne furent jamais sous forêt (origine édaphique), l'amène à conclure que:

Le sol et le climat ne peuvent être mis seuls en cause, le milieu est incontestablement forestier; il faut donc songer ici encore à l'homme destructeur de la forêt.

Dans un mémoire très récent, ce même auteur [16] s'interroge à nouveau sur le problème de l'origine des savanes herbeuses des plaines du Gabon et modifie considérablement ses conclusions antérieures. Il écrit en effet que si

...l'explication (d'une origine) anthropique est certainement (encore) partiellement valable (...) (il) ne croit plus aujourd'hui qu'elle puisse être généralisée à toutes les savanes des plaines du Gabon (...). (Il pourrait s'agir de savanes très anciennes, résultant) de l'effet direct et prolongé jusqu'aujourd'hui de péjorations paléoclimatiques:

le feu aurait contribué à leur maintien et empêché la forêt dense de s'y installer au cours de sa dernière progression. A. AUBRÉVILLE reprend ici une hypothèse émise au sujet des savanes de Basse-Côte d'Ivoire [269, 294, 242, 220] et l'étend d'ailleurs à une grande partie des savanes (21) de la ceinture tropicale. Invoquant comme explication possible de cette savanisation généralisée « une cause climatique brutale », en l'occurrence la catastrophe provoquée par les glaciations, il est amené à penser que

...les étonnantes régions absurdement herbeuses de la zone inter-tropicale seraient l'ultime trace visible aujourd'hui en pays tropical du cataclysme glaciaire.

Ainsi, le bouleversement provoqué dans les pays nordiques par le retrait des glaciers devait déclencher une véritable révolution dans la végétation tropicale dont

...les grandes savanes herbeuses sont une manifestation réelle, bien que non évidente et moins apparente de la même période glaciaire.

Remarquons simplement que les implications de ce changement de point de vue sont capitales; la discussion de cette hypothèse « bouleversante » ne trouve cependant pas sa place ici.

En Basse-Côte d'Ivoire, un large liseré de savanes côtières partiellement boisées (petits boqueteaux) occupe les sables néogènes de la région des lagunes et de la zone littorale. R. PORTÈRES [269]

(21) L'autre partie, beaucoup plus réduite, comprend les savanes anthropiques dues aux défrichements et aux feux de brousse, ainsi que les savanes herbeuses édaphiques sur des « sols qui sont inaptes à porter une végétation ligneuse ».

leur reconnaît une origine climatique ancienne, et est conduit à admettre

...que ces formations étaient antérieurement plus étendues et plus sèches, et que les conditions climatiques d'alors devaient rendre impossible le maintien d'une forêt (du type actuel).

R. SCHNELL [297] regarde les savanes du domaine forestier en Côte d'Ivoire comme secondaires. Pour cet auteur,

...la forêt a, sans aucun doute, été détruite par des défrichements cultureux; mais en raison de circonstances édaphiques (présence d'une cuirasse) ou climatiques, la végétation secondaire qui leur a succédé a été une végétation xérophile, riche en graminées (...); particulièrement combustible, cette végétation a été parcourue par les feux et détruite; les espèces ligneuses ont été peu à peu éliminées au profit des graminées, jusqu'à l'établissement de la savane.

Soulignant la rareté des ligneux dans ces savanes, il attribue

...cette pauvreté en espèces arborescentes au caractère secondaire et assez récent de ces savanes, séparées par ailleurs des savanes guinéennes par une barrière forestière s'opposant à l'intrusion de nombreuses espèces du domaine guinéen (...). (En fait,) la végétation des clairières en savane de la région du Nimba semble bien ne représenter qu'une association appauvrie, affine d'associations savaniques (guinéennes) mais dépourvue de la plupart de leurs espèces arborescentes.

Quant aux facteurs responsables, il peut y avoir superposition des causes biotiques et édaphiques: ces savanes résultent simultanément de défrichements (et de feux) et de la structure édaphique qui est à l'origine de l'instabilité de la forêt; de tels groupements peuvent être qualifiés de groupements édapho-biotiques.

Pour H. JACQUES-FÉLIX [185] également, il s'agirait

...de savanes durables mais non irréversibles, provoquées et maintenues par l'exploitation de terrains sédimentaires sans valeur agricole. Ce sont des formations anthropo-édaphiques. Elles montrent que les conséquences de l'occupation humaine, pour une même intensité de celle-ci, varient selon les autres conditions de milieu. Ces conditions édapho-topographiques ou climatiques, par leur fonction isolée ou réciproque, sont parfois telles qu'elles rendent incompatibles l'exploitation du sol et sa conservation.

G. MANGENOT [235] est moins affirmatif quant à l'origine

...des petites savanes sèches et floristiquement très pauvres (savanes prélagunaires) que l'on rencontre entre Fresco et la frontière du

Ghana (...). (Il se demande) quel (peut être) le déterminisme de la formation d'une savane au milieu de la forêt tropicale humide?

Ce fait, écrit-il, lui paraît énigmatique! Il ajoute:

Il serait imprudent d'affirmer (...) que toute les formations herbeuses en pays forestier sont la conséquence de déboisements intensifs plus ou moins anciens d'origine humaine (...). Il n'est pas sûr que la création d'une savane au sein de la forêt, par destruction complète des arbres et des arbustes, ait jamais été vraiment réalisée (...). Il serait indispensable (pour résoudre les problèmes de l'origine des groupements herbeux en forêt équatoriale) de connaître l'histoire et la préhistoire de l'Afrique tropicale, car des interventions humaines peuvent avoir influé sur la répartition actuelle des groupements végétaux.

J. MIÈGE [242] opte pour une interprétation paléoclimatique des savanes de la Côte d'Ivoire, et ajoute que la composition floristique révèle un endémisme certain. Elles se reboisent en lisière, malgré le passage des feux, et les graminées régressent rapidement; un des pionniers arbustifs est *Psidium guajava* propagé par les chauves-souris (22).

N. LENEUF et G. AUBERT [220] s'interrogent à leur tour sur l'origine des savanes de la Basse-Côte d'Ivoire. Une origine édaphique peut difficilement être retenue car, écrivent-ils,

...des récentes études pédologiques ont montré qu'une différenciation des sols sur cette formation de sables néogènes n'était pas à l'origine de l'installation de cette savane.

Pour eux il s'agirait

...de reliquats climatiques de savanes du nord qui se sont avancées jusqu'à la côte à une époque plus sèche.

Leur isolement s'est produit à la suite d'une reforestation plus rapide sur sol granitique et schisteux que sur les sables où les sols sont très pauvres au point de vue minéral. Par ailleurs, ajoutent-ils,

...l'occupation humaine a pu ralentir la reforestation à une époque récente ou préhistorique; ces savanes subcôtières auraient favorisé

(22) L'intervention efficace de ces Chiroptères dans la recolonisation forestière est en effet bien connue, notamment, au Bas-Congo, dans les savanes guinéennes mises en défends (nkunku).

l'installation de l'homme, (...) défrichements et brûlis ont alors contribué au maintien de cette savane, en région tropicale à vocation forestière.

Remarquons que les faits observés par ces auteurs n'écartent pas définitivement toute possibilité d'origine anthropique de ces savanes.

E.J. ADJANOHOUN [2] a reconnu les différentes associations qui se partagent les savanes lagunaires de la Basse-Côte d'Ivoire. Il se rallie à la thèse paléoclimatique et considère ces plaines herbeuses comme

...des savanes naturelles qui se sont maintenues à cause d'un édaphisme particulier doublé d'une action biotique variable dans les différentes régions.

H. SCAETTA [294] regarde également certaines clairières de Basse-Côte d'Ivoire comme représentant, à l'heure actuelle, des « aires résiduelles » d'une formation graminéenne préexistante, conquise récemment par la forêt. Ce serait le cas des clairières couvrant de courts plateaux formant arête ou des sommets en croupe largement arrondis qui forment des cuirasses latéritiques fossiles de 12 à 14 m d'épaisseur; elles régresseraient par colonisation forestière à partir des bords.

Au *Ghana*, P. AHN [3] a étudié les sols et la végétation des savanes de la région littorale, aux environs de Nzima, qui ne couvrent au total que 4 miles carrés et se rencontrent à un niveau altitudinal inférieur à celui des savanes de Côte d'Ivoire qui les bordent à l'ouest. On note également, vis-à-vis de ces dernières, des différences pédologiques importantes: le sol des savanes de Nzima est essentiellement constitué de sables blancs ou grisâtres, lessivés, ou parfois de « loams », reposant sur un tuf organique apparaissant vers 75 cm de profondeur. Pour cet auteur, il s'agirait de lagunes, de lacs ou de marais colmatés dont les dépôts ont évolué vers un « groundwater podzol » à mauvaise économie hydrique: l'alternance de périodes d'engorgement et de sécheresse excessive du substrat expliquerait l'insuccès de tous les essais de mise en culture et l'impossibilité pour ces sols de porter une autre végétation que des groupements à graminées et à cyprès.

Le couvert végétal, particulièrement pauvre, est influencé par le feu et le pâturage. A côté d'un fond floristique commun aux différents îlots, quelques espèces traduisent l'influence des conditions topographiques (drainage). Ecologiquement, ces formations entrent dans la catégorie des savanes marécageuses ou périodiquement inondées dans lesquelles l'action des facteurs biotiques (feu et pâturage) est prédominante.

En certains points du littoral du *Cameroun* et à l'*embouchure du Niger*, A. CHEVALIER [61] a signalé la présence de savanes qui, dit-il, paraissent primitives et semblent se rattacher à celles du Gabon.

Le caractère contradictoire des thèses défendues sur ces savanes d'Afrique équatoriale occidentale tient en partie au fait que les relations des auteurs intéressent des groupements développés dans des conditions écologiques (édaphiques principalement) fort différentes.

On peut classer comme suit les opinions en présence.

D'origine primitive:

- Dues à des causes climatiques (et paléoclimatiques): R. PORTÈRES [269], H. SCAETTA [294], J. MIÈGE [242], N. LENEUF et G. AUBERT [220], A. AUBRÉVILLE [16], E.J. ADJANOHOOUN [2];
- Dues à des causes édaphiques: P. AHN [3];
- Dues à des causes non précisées: A. CHEVALIER [61].

D'origine secondaire:

- Dues à des causes anthropiques: A. AUBRÉVILLE [12], H. JACQUES-FÉLIX [185], R. SCHNELL [297].

D'origine incertaine (primitive ou secondaire): G. LE TESTU [227], G. MANGENOT [235].

III. *Les savanes équatoriales congolaises*

Grosso modo, les clairières herbeuses (esôbé) en forêt équatoriale se concentrent principalement dans trois périmètres:

- Un premier, à l'équateur même;
- Un deuxième, au nord de l'équateur;
- Un troisième, au sud de l'équateur.

Notre recension bibliographique respectera, en principe (23), ce classement géographique qui correspond également à des disséminances édaphiques. Si le sol est, selon certains auteurs, la cause première de l'existence des esôbé, il faut interpréter ses déficiences par rapport au matériau parental des principaux types de sol reconnus dans les trois ensembles considérés.

Les vues exprimées et les thèses défendues par nos devanciers ont porté tant sur la nature primitive ou dérivée de ces groupements extrazonaux que sur l'origine et l'ancienneté de leur flore.

1. *Les savanes sises à l'équateur et dans les abords immédiats*

Parmi les savanes disséminées dans la Cuvette centrale, les esôbé des territoires de Coquilhatville et de Bikoro sont les mieux connus; c'est également aux conclusions tirées de l'étude de ces groupements que se réfèrent la plupart des manuels de phytogéographie.

Le premier botaniste à mentionner ces plaines herbeuses est F. THONNER [311] qui, lors de son premier voyage en 1896, en reconnaît en différents points de la Cuvette, notamment au delà de Monsembi (en amont d'Irebu) et presque dans chacun des villages Bangala qui

...occupent les parties les plus exhaussées de la rive droite, (...) des terrains couverts sur une petite étendue d'herbes et de buissons disséminés.

Quelques années plus tard, É. DE WILDEMAN [109] développe sa théorie de la « forêt-galerie » à savoir que, dans le Congo central,

...la forêt ne s'étend pas sans discontinuité (mais que) très souvent elle est entrecoupée de savanes pouvant s'étendre longuement, soit sur le bord des rivières, soit à l'intérieur des terres.

(23) Certaines vues générales s'étendant à toutes les savanes de la Cuvette sont incluses ici.

Cette thèse (24) le conduit à s'interroger sur la nature primitive ou dérivée de ces brousses intercalaires. Sans être trop affirmatif, faute d'arguments péremptoirs, il est d'avis que ces savanes

...ne sont pas primitives mais semblent bien dues à l'action de l'homme.

Revenant sur la question des clairières en forêt équatoriale congolaise, ce même auteur [111] souligne, fort justement d'ailleurs, que

...des brousses très étendues et dont la surface tend à s'accroître, occupent souvent des crêtes de séparation des bassins.

S'interrogeant à nouveau sur leur nature, il écrit:

Les brousses signalées en plein cœur de la forêt sont-elles d'origine primitive, ou sont-elles dues uniquement à l'action de l'homme: indigène ou blanc? Certes, les hommes ont, pour leurs cultures, détruit incontestablement des forêts, elles ont été remplacées par des zones de végétation de plus en plus pauvre, le sol ayant perdu sa couche d'humus.

Ouvrons ici une brève parenthèse à propos du vocable « brousse » dont on a souligné depuis longtemps l'imprécision; J. MILDBRAED [245] en a fait le procès. Pour les uns, dont É. DE WILDEMAN, il s'applique à des recrus forestiers appauvris, comportant à côté d'une souille ligneuse et suffrutescente, basse et malvenante, des plages herbeuses éparses à dominance de graminées cespiteuses; le feu aidant, de telles formations s'acheminent rapidement vers des groupements purement herbeux. Pour d'autres, dont W. ROBYNS [278], il s'agit

...de formations arbustives... qui ne sont qu'un stade de la reformation du couvert forestier.

Suivant l'acception admise, ce mot peut donc être considéré comme équivalent de savane ou comme synonyme de recru forestier. Son caractère équivoque (25) est à l'origine de nom-

(24) On se souviendra que la découverte de savanes herbeuses au cœur même du grand massif forestier congolais, ébranla, temporairement du moins, chez certains auteurs, la croyance en la continuité de la forêt équatoriale. On en vint à la théorie de la forêt-galerie âprement défendue par É. DE WILDEMAN [109]. Les publications de J. MILDBRAED [244, 245], de W. ROBYNS [277, 281], de E. LEPIAE [222] et de J. LEBRUN [207] ont démontré depuis lors, et de façon péremptoire, la continuité de la grande sylvie congolaise.

(25) Un sens plus général encore est celui de « paysage ouvert éloigné des lieux habités » [267].

breuses controverses sur la progression ou, au contraire, la régression de la forêt équatoriale.

J. MILDBRAED [245] qui combat opiniâtrément la « Galerienteorie » (prônée par É. DE WILDEMAN) en faveur de celle de la continuité de la forêt équatoriale, admet toutefois qu'il existe à l'intérieur du grand massif sylvatique congolais, des clairières de nature édaphique. Il précise en effet que:

Auf die nicht durch Eingriffe des Menschen hervorgerufenen natürlichen, edaphisch bedingten Lücken im Waldgebiet kann hier nur hingewiesen werden.

Tout en incriminant le sol, et non l'intervention humaine, comme responsable de ces vides, cet auteur n'apporte à l'appui de sa thèse aucun argument probant mais se contente de renvoyer le lecteur aux nombreuses photographies publiées dans une étude antérieure [244].

D. VAN MOESIEKE [338] parcourant l'ancien district de la Lulonga (compris d'une part entre l'équateur et 2° lat. nord et, d'autre part, entre 18° et 22° long. est) constate que

...la forêt n'occupe pas entièrement ce territoire (...). (Il relate, en effet, que) dans les environs de Simba, de Lingomo et de Befale, de grands espaces de brousse s'enfoncent comme en larges bandes dans la sylve de la Cuvette centrale.

Cet agronome s'interroge également sur l'origine de ces paysages et poursuit:

Nous croyons que ces brousses ne sont pas spontanées mais qu'elles sont dues à l'action de l'homme. Nous assistons actuellement en effet, à la transformation de la forêt en brousse sur bien d'autres points du district, surtout aux environs des postes. Les défrichements répétés des indigènes reviennent périodiquement sur les mêmes emplacements, et transforment la forêt primitive en forêt secondaire qui passe graduellement à la brousse (26).

(26) L'axe routier Simba-Djolu-Befori-Monpono-Befale-Boende que nous avons parcouru, en 1954, est effectivement bordé — comme bien d'autres itinéraires dans le centre de la Cuvette — de « brousses ». Il ne s'agit pas de savanes purement herbeuses mais de formations mixtes (ligneuses et herbacées), différentes des grands esbés de la route Bikoro-Coquilhatville; *Hyparrhenia diplandra* est néanmoins déjà présent dans ces « savanes en formation ». A la question de W. ROBYNS [278], qui se demande si D. VAN MOESIEKE n'a pas été inspiré par une carte (de É. DE WILDEMAN) nous répondrons que l'esquisse géo-botanique donnée par cet agronome nous paraît en conformité avec les « faits du terrain », du moins d'après ce que nous avons pu en juger 25 ans plus tard.

W. ROBYNS [277] soulève le problème de la nature de ces formations herbeuses. Il écrit:

La forêt équatoriale (congolaise)... n'est interrompue que par des villages indigènes, les champs de culture, les postes européens et les formations broussailleuses (27) plus ou moins étendues appelées esôbé qui constituent autant de taches claires au milieu de l'épaisse frondaison. La présence des esôbé ou lambeaux de brousse (27) au milieu de la grande forêt n'a rien de surprenant, car ces formations naturelles ne se rencontrent qu'aux endroits où les conditions de sol et de sous-sol empêchent l'envahissement de la forêt. Elles occupent d'ordinaire de petits mamelons ou des crêtes de collines à sol sablonneux, sec et pauvre, où elles se maintiennent indéfiniment. *Hyparrhenia diplandra* STAPP, une Andropogonée très polymorphe, semble constituer souvent l'espèce dominante dans ces formations édaphiques.

W. ROBYNS partage ainsi l'opinion de J. MILDBRAED quant à la cause déterminante des esôbé mais, à l'égal de son collègue allemand, il ne précise pas davantage son argumentation édaphique.

P. STANER [304], dans un aperçu floristique sur les environs d'Eala, prend également position quant à la nature des esôbé; il les considère comme

...des formations herbeuses primitives au même titre que les forêts qui les entourent, elles ne sont nullement le résultat de l'intervention de l'homme. Elles résultent simplement de la nature du sol qui, en ces endroits, est tout à fait différente de celle du sol de la forêt.

Aucun fait probant n'est cependant apporté à l'appui de cette thèse édaphique.

J. LEBRUN [207] reste dubitatif quant à l'origine des esôbé; il n'exclut pas que parmi ces savanes, certaines soient des formations artificielles.

Dans un important mémoire consacré aux formations herbeuses du District (Secteur) Forestier Central, W. ROBYNS [278] traite longuement de ces savanes.

L'analyse critique de renseignements provenant de différentes sources (28), complétée par des observations faites dans quelques

(27) D'après le contexte, par « formations broussailleuses » et « lambeaux de brousse » il semble qu'il faille entendre « paysage herbeux » ou « lieu ouvert ».

(28) Renseignements d'ordre floristique et phytogéographique basés sur les récoltes (dont le contexte n'est pas toujours très explicite) de A. SAPIN, J. BEQUAERT, F. HENS, V. GOOSSENS, V. CASTEELS et L. DUBOIS, et des notes de prospection non publiées de J. LEBRUN et de J. LOUIS.

esôbé situés à l'embouchure de la Ruki (Coquilhatville), l'amène à présenter une première synthèse des connaissances sur le sujet. Comme de nombreux auteurs tant étrangers que belges se sont souvent référés aux données de cette étude, nous détaillerons quelque peu ses interprétations, commentaires et conclusions.

1. Au point de vue de l'origine, de la situation topographique et de la localisation géographique de ces biotopes, l'auteur émet l'hypothèse que

...les esôbé sont (...) constitués de sols alluviaux et seraient des formations riveraines relativement récentes. Le ruissellement et l'érosion ont certes pu agir sur ces bancs de sable dénudés, mais il importe de remarquer que leur action, ayant pour effet de niveler le profil du sol jusqu'au niveau des terres environnantes, devrait contribuer à l'envahissement de l'esôbé par la forêt, du moins si le sous-sol n'y forme pas obstacle.

L'origine alluvionnaire et partant une situation rivulaire sont ainsi reconnues aux esôbé de la région de Coquilhatville, quand il écrit que ces savanes

...sont à considérer, au moins dans (cette région) comme des formations riveraines attachées aux rives par colmatage d'un bras du cours d'eau ou d'anciennes lagunes ensablées (...); elles sont localisées dans les forêts marécageuses de la région occidentale la plus déprimée de la Cuvette centrale (couches de la Busira) (...); elles n'occupent nulle part les plateaux ou les crêtes de partage des eaux.

Quant aux esôbé des environs du lac Tumba, des régions de Lukolela, de la Lulonga et de la Tshuapa, ils

...semblent occuper des emplacements identiques (à ceux de Coquilhatville) mais on manque malheureusement d'observations à leur sujet.

2. Touchant la nature de ces formations, il argue du fait que « la forêt équatoriale est le climax de la région » et que « les facteurs principaux du climat sont essentiellement les mêmes que ceux de l'esôbé », pour conclure que

...les esôbé sont non seulement des formations naturelles dans les conditions actuelles, mais de plus elles ne peuvent être que de nature édaphique.

Toutefois, W. ROBYNS reconnaît une faille dans son argumentation édaphique et adoucit son assertion fort tranchée en poursuivant:

Les renseignements que nous possédons sur les sols des savanes de terre meuble (ou esôbé) sont très superficiels et tout à fait insuffisants (...). Ceci est d'autant plus regrettable que nous considérons la nature du sol comme le facteur déterminant de la végétation herbeuse de ces formations.

Sa conclusion reste néanmoins la suivante:

Les savanes édaphiques sur terre meuble (ou esôbé) sont déterminées en ordre principal par la nature du sol et du sous-sol qui ne permet pas le développement d'un couvert forestier.

3. La nature de la flore et son origine sont également discutées dans les termes suivants:

Il nous paraît démontré, écrit-il, que (...) les esôbé doivent être considérés dans les conditions actuelles, comme des savanes naturelles. Leur composition floristique est celle des savanes primaires; on n'y rencontre pas de plantes adventices ou rudérales. Il n'y a d'ailleurs pas d'habitants dans ces formations (...) (et) on n'y trouve pas de traces (d'anciennes) forêts qui auraient été défrichées par les indigènes. Ces derniers affirment, au contraire, d'une façon formelle qu'il n'y a jamais eu de forêts à l'emplacement actuel des esôbé et cette tradition orale indigène mérite quelque crédit (29).

Cet auteur est amené à conclure que les esôbé

...ont une flore très uniforme constituée par l'*Hyparrhenia diplandra* auquel s'associent d'autres éléments des savanes climatiques (...). Les relations floristiques (entre les esôbé et les savanes climatiques) sont telles qu'on peut se demander si la présence d'esôbé au milieu de la forêt marécageuse n'est pas en rapport avec l'histoire et l'évolution des savanes climatiques et des graminées en général (...). Il n'est pas impossible que dans les forêts humides et marécageuses qui couvraient la majeure partie de la terre à la fin du Secondaire et pendant le Tertiaire existaient déjà des savanes édaphiques semblables aux esôbé actuels (...). D'après une hypothèse fondée sur la théorie de l'évolution écologique, les esôbé auraient donné naissance aux savanes climatiques actuelles.

4. Quant au mode de transport emprunté par les diaspores des constituants des savanes climatiques pour gagner les substrats vacants du centre de la Cuvette, W. ROBYNS pense que

(29) Nous citerons ici une remarque fort intéressante de G. GOÛTEAUX [72] qui écrit « D'après la légende qui circule parmi les populations des environs de Bikoro, l'origine des esôbé est due à une destruction par le feu; ce qui laisse supposer que l'homme a pu être témoin de (la naissance) de cette formation bien spéciale qu'est l'esôbé ».

...la colonisation des anciens bancs de sable a sans doute été favorisée par la nature des fruits et des graines de la plupart des espèces colonisatrices qui ont pu être transportées par le vent ou charriées par les eaux (mais, dit-il) nous n'avons cependant pas la moindre indication à ce sujet pas plus que sur la manière dont les espèces de savane ont pu s'installer en pleine forêt équatoriale.

5. Il débat ensuite la nature des premiers occupants et des stades pionniers qu'ils constituent, et se demande notamment

...si la flore actuelle des esôbé constitue bien le stade initial de la colonisation (et rappelle, fort pertinemment), que les marais riverains à *Jardinea congoensis* forment en quelque sorte une transition entre les esôbé marécageux et les prairies aquatiques proprement dites.

Il souligne, à juste titre,

...qu'il doit donc exister une relation génétique entre ces deux formations, certaines prairies aquatiques pouvant évoluer en esôbé et constituer ainsi le point de départ de ces derniers.

6. L'évolution de la flore et l'incidence du feu sur la couverture végétale sont également discutées. W. ROBYNS fait remarquer que

...la seule action anthropique qui s'exerce dans certains esôbé consiste dans les feux de brousse allumés par les indigènes.

Comme, selon lui, certains esôbé échappent aux incendies et que, par ailleurs, aucune différence floristique n'apparaît entre les esôbé brûlés et non brûlés, il est porté à croire

...que les feux de brousse n'exercent aucune action appréciable sur leur composition floristique. (Même si le feu parcourt ces savanes), son action, en tout cas, ne paraît pas nuisible et ne provoque aucune dégradation de la flore, car celle-ci est au moins aussi variée dans les esôbé brûlés que dans les esôbé non brûlés et la végétation est même plus dense et plus vigoureuse dans les premiers.

Sa conclusion finale sur l'évolution du couvert des esôbé, en présence ou en l'absence de feux, est la suivante:

Les savanes à *Hyparrhenia diplandra* sont actuellement en voie de colonisation forestière; elles tendent à régresser et à disparaître à la suite de l'envahissement graduel par la forêt.

Dans ces commentaires, il souligne que la colonisation forestière

...ne peut se faire que lentement et est de longue durée; la progression de la forêt est fonction de la transformation graduelle du sub-

stratum de l'esôbé en un sol forestier humide et humifère (...). La question des feux de brousse (écrit-il), réapparaît ici, car on doit se demander si l'incendie des herbes influence la marche de la colonisation forestière.

Dans une note consacrée à la continuité de la forêt équatoriale congolaise, W. ROBYNS [281] revient sur l'importance spatiale des savanes herbeuses qui s'y rencontrent et conclut que

...les vastes clairières internes signalées par plusieurs auteurs n'existent que sur le papier, et les diverses petites savanes intercalaires qui se rencontrent au cœur de la forêt n'occupent que des surfaces très minimes et tout à fait négligeables par rapport aux immenses surfaces boisées.

La grande hylea congolaise n'est pas discontinue:

Grâce à sa grande vitalité, la forêt équatoriale tend à réoccuper les savanes secondaires internes et à envahir toute les petites savanes naturelles de la région occidentale congolaise.

Dans deux publications ultérieures, W. ROBYNS [283 et 284] confirme à nouveau la nature édaphique des esôbé, sans apporter toutefois des arguments pédologiques à l'appui de sa thèse.

C'est également ce même point de vue qu'il défend [286] dans l'analyse et la critique d'un mémoire de P. DEUSE [97]. Il écrit en effet:

L'auteur a également recherché l'origine des esôbé en question, qu'il considère comme des formations édaphiques naturelles dont certaines sont en voie de colonisation forestière. Il est entièrement d'accord avec les conclusions de nos études antérieures sur le même sujet et il affirme que les esôbé ne sont pas d'origine anthropique comme l'a signalé J. LÉONARD en 1952 (30). Beaucoup d'esôbé sont certes parcourus par le feu mais, d'après l'auteur, celui-ci (le feu s'entend) a pour conséquence de bloquer leur évolution.

J. LÉONARD [223] souligne l'effet nocif des incendies périodiques sur la colonisation ligneuse des esôbé dont la vocation forestière, écrit-il, est manifeste.

R. BOUILLENNE et al. [38] ont particulièrement étudié l'esôbé de Mbolo (lac Tumba) dans lequel on reconnaît des zones basses à sol gorgé d'eau tourbeuse et des zones sèches à profil

(30) Cet auteur, remarquons-le, ne s'est nullement prononcé sur l'origine de ces savanes.

montrant en profondeur des concrétions latéritiques passant à une cuirasse ferrugineuse. Un profil creusé en terrain sec (sous *Hyparrhenia diplandra*) montre « à 30 cm de profondeur environ, une zone mince (2-3 cm) contenant du charbon de bois ». Ils soulignent que

...la forêt de terre ferme progresse dans l'esôbé sec et (que) cette progression coïncide avec l'existence de concrétions ferrugineuses dans les couches du limon (...) pour peu que les feux de brousse ne les ravagent pas progressivement.

Ces observations les amènent à la conclusion suivante:

Il semblerait (...) que les formations herbeuses de l'esôbé sec ne sont pas consécutives à la disparition de la forêt sous l'action de l'homme, mais que, au contraire, elles se sont installées et maintenues sur des sols inaptes à la colonisation par la forêt.

Ils n'expliquent cependant pas la présence de charbon de bois en abondance dans le sol des parties sèches. L'examen du profil conduit ces auteurs à reconnaître que « l'esôbé de Mbole apparaît en pleine évolution pédologique » et à formuler d'autres hypothèses sur lesquelles nous reviendrons.

D'autres chercheurs se sont livrés par la suite à des observations dans les esôbé des abords du lac Tumba.

P. DEUSE [97] dans une note préliminaire relate que la prospection floristique de l'esôbé de Mbole

...lui a fait découvrir un certain nombre d'espèces nouvelles pour la flore congolaise. (Selon lui) les esôbé tourbeux sont des formations naturelles caractérisées par plusieurs associations végétales en relation avec une exondaison progressive du sol (...): (ainsi), l'esôbé humide tourbeux peut se transformer en esôbé sec à *Hyparrhenia diplandra* (...) et ultérieurement être envahi par des ligneux qui préparent la voie à l'installation de la forêt de terre ferme.

Ces esôbé tourbeux constitueraient

...les reliques d'une des premières formes de végétation apparues dans les endroits d'exondement à partir des prairies aquatiques, un autre étant la forêt inondée et marécageuse.

Des zoologistes ont également souligné l'intérêt faunistique de ces groupements. Sur la base d'un inventaire entomologique de la région de Bikoro, N. LELEUP [219] écrit:

Cet inventaire démontre que la faune humicole (des esôbé tourbeux) est qualitativement plus riche que la faune de l'humus des forêts de

terre ferme. En outre, le sol des esôbé tourbeux abrite de vieilles espèces sténotopes alors que le sol des forêts de terre ferme semble peuplé d'espèces eurytopes à vaste dispersion (...). Ces faits confirment le point de vue de MM. MOUREAU et DEUSE (...) qui assignent à la forêt de terre ferme de la région du lac Tumba, un âge probable d'environ 15 000 ans, alors qu'ils considèrent les esôbé marécageux comme les reliquats, actuellement en voie d'envahissement par la forêt, des premières formes de végétation ayant succédé aux prairies aquatiques du Pliocène.

R. JEANNEL [187] a entrepris l'étude des *Pselaphidae* (Coléoptères) recueillis par N. LELEUP au lac Tumba et discute les conclusions précitées. Revenant sur l'opinion que l'esôbé tourbeux de Mbolo « serait un biotope de refuge où se conserverait la vieille faune entomologique humicole de savane antérieure à l'installation de la grande forêt équatoriale », il écrit:

A première vue, les *Pselaphidae* récoltés (...) ne paraissent guère confirmer l'observation qui précède. Aucune différence n'apparaît entre ce peuplement et celui de la forêt équatoriale, (mais) on ne sait à peu près rien du mode de vie de ces espèces (...) dont on ignore la provenance exacte.

Des études poursuivies dans les sols suspendus (substrats des épiphytes arboricoles) de Côte d'Ivoire le portent

...à voir dans cette faune humicole subaérienne un reliquat de la faune steppique.

A propos des *Pselaphidae* des esôbé et de la forêt équatoriale; il est également conduit

...à penser que ce sont aussi des restes de la faune de savane ancienne (bien qu'il admette) qu'il est assez paradoxal de prétendre que tous les *Psilaphidae* jusqu'ici connus dans la grande forêt équatoriale sont des survivants de la vieille faune des savanes du Pliocène.

Récemment, R. JEANNEL [188] est revenu sur la question des *Pselaphidae* et admet

...que la plupart de ces insectes sont des descendants des lignées steppiques (...) (dont) quelques uns ont certainement suivi la migration de la forêt équatoriale, mais la plupart sont des lignées steppiques secondairement adaptées à la forêt.

Enfin, tout dernièrement, dans un mémoire sur « la Gondwanie et le peuplement de l'Afrique », ce même auteur [189] résume ses points de vue antérieurs et conclut:

L'extension pliocène de la forêt ombrophile équatoriale a chassé les espèces steppiques qui existaient auparavant, ou les a forcées à s'adapter au régime forestier. Les esôbé de la grande forêt congolaise, dans la Tshuapa, sont peuplés de formes steppiques qui pullulent soit dans l'humus du sol, soit dans les sols suspendus. Mais on y trouve aussi un grand nombre de Psélaphides forestiers qui sont venus de Malaisie en Afrique en suivant la propagation de la forêt.

Un autre zoologiste, R. LAURENT [203] écrit, toujours à propos des savanes avoisinant Mabali (lac Tumba):

L'origine des esôbé étant controversée, il est intéressant de noter que la faune herpétologique est semblable à celle des savanes. La présence de *Psanmophis sibilans* dans un esôbé proche du lac Tumba est particulièrement significative à cet égard, puisqu'on ne peut l'expliquer par un transport accidentel comme on pourrait l'imaginer pour des batraciens, ni par une migration à travers la forêt. Elle indique que les esôbé sont des vestiges de savanes qui auraient été encerclés par la forêt.

G. TROUPIN [322] parle incidemment des esôbé dans son mémoire sur la Végétation du Parc National de la Garamba (Haut-Uele).

Analysant la flore sèche de la région soudano-zambézienne et plus particulièrement le « groupe phytogéographique des savanes arbustives et buissonnantes à distribution soudano-zambézienne périphérique », cet auteur s'interroge sur la provenance de ces espèces dont l'origine, écrit-il,

...paraît encore bien mystérieuse. (En effet, il constate que) toutes ces espèces héliophiles et de taille peu élevée (moins de 5-6 m pour les arbustes) ne sont ni des éléments de la forêt tropophile sèche climacique, ni des éléments de la forêt mésophile semi-humide climacique; un couvert forestier dense et fermé ne permet plus en effet à ces espèces de subsister. D'autre part, leur aire actuelle de distribution semble se limiter aux régions de forêts tropophiles et mésophiles.

Il faut donc chercher, au sein de ces régions, des territoires ou des habitats dont la très grande ancienneté a permis l'évolution et le maintien, sous leurs formes morphologiques présentes, de ces espèces savaniques.

Ces habitats, l'auteur croit les trouver dans les esôbé de la forêt équatoriale, « ces formations herbeuses (...) auraient pu être le centre d'origine de ces espèces ».

Les études de R. BOUILLENNE et al. (38) ont mis en évidence, poursuit-il,

...le fait que (ces savanes sèches) sont petit à petit envahies par les espèces de la forêt de terre ferme et évoluent insensiblement vers leur transformation de faciès herbeux à faciès arbustif puis forestier. Leur maintien ne serait donc dû qu'à l'action répétée du feu, facteur essentiellement anthropique, ce qui infirmerait notre hypothèse.

Tablant sur le fait

...que ces esôbé se sont tout d'abord installés et primitivement maintenus sur des sols inaptes à la colonisation par la forêt,

hypothèse qu'il admet sans la discuter, G. TROUPIN est porté à

...supposer que de tout temps et ce, dans d'autres contrées que le Congo, des formations herbeuses similaires ont toujours existé mais que leur évolution pédologique n'était pas au même stade dans chacune d'entre elles. De migrations à migrations d'un esôbé vers un autre voisin mais pédologiquement plus jeune, il serait possible de croire à une existence de ces formations édaphiques suffisamment anciennes pour permettre le développement d'une flore caractéristique. Cette hypothèse (ajoute-t-il) ne paraît pas invraisemblable si l'on se rappelle que sur les cuirasses latéritiques, affleurant depuis quelques millions d'années, une flore très spéciale a pu se créer et se maintenir jusqu'à nos jours dans un habitat quelquefois réduit à de petits îlots écologiques de faible superficie.

Notons que l'auteur trouve

...dans l'existence d'une flore spéciale liée aux affleurements de cuirasse latéritique, (la preuve de) la très grande ancienneté de ces derniers.

A propos de la chevauchée entreprise par les constituants floristiques des savanes équatoriales intercalaires pour gagner les régions soudano-zambéziennes, G. TROUPIN écrit ce qui suit:

L'extension de la flore des esôbé aux vastes territoires actuellement savanisés serait due à deux facteurs principaux:

— Les fluctuations du climat provoquées par les migrations périodiques de l'équateur calorique amenant une succession de conditions humides et de conditions sèches empêchant la stabilisation d'une flore écologiquement caractérisée à un endroit donné;

— Les défrichements récents et les feux de brousse périodiques empêchant une évolution vers la formation d'une végétation forestière en équilibre avec le climat existant actuellement.

La dernière publication en date est un important mémoire que P. DEUSE [98] a consacré à l'étude écologique et phytosociologique de la végétation des esôbé de la région est du lac Tumba. Résumons ses commentaires et ses conclusions.

Il a constaté, écrit-il,

...que tous les esôbé (qu'il a) étudiés se trouvent localisés, soit en bordure du lac, soit en bordure du fleuve Congo ou des rivières. Ce fait peut-être généralisé à l'ensemble des esôbé du Congo et de ses affluents dans la Cuvette; il apparaît clairement si l'on survole, par avion, le cours du Congo entre Kwamouth et Lisala... Selon nous (continue-t-il), les esôbé disparaissent progressivement sous le couvert soit des forêts marécageuses, soit des forêts de terre ferme. Il s'en forme continuellement au fur et à mesure de l'alluvionnement. Ils correspondent à l'exondement progressif du pays.

P. DEUSE reconnaît dans la végétation des esôbé

...deux séries phytosociologiques, celle des esôbé humides et celle des esôbé secs (...), la végétation des esôbé humides est de caractère tourbeux.

Au point de vue dynamisme, l'évolution des esôbé humides et tourbeux se fait en direction de la forêt marécageuse, mais dans cette succession l'existence d'un stade à *Hyparrhenia diplandra* est peu probable (31). Quant aux esôbé secs, ils

...sont destinés à subir l'envahissement de la forêt de terre ferme qui progresse dans le faciès à *Annua* de l'*Hyparrhenietum* avec vigueur sur sol limoneux et avec difficulté sur sol sableux ou graveleux (...); mais lorsque le feu de brousse a ravagé les esôbé, l'évolution peut se faire en sens inverse de manière tout évidente: le faciès à *Anona* gagnant au détriment de la forêt.

Cette dernière constatation paraît quelque peu en contradiction avec des observations qui

...l'amènent à penser que l'origine édaphique de ces savanes est incontestable (32). (Il écrit en effet:) La description attentive des conditions édaphiques et de la flore esôbé secs et humides nous permet d'affirmer que ces groupements végétaux ouverts inclus dans la forêt ne sont pas d'origine anthropique (...) beaucoup d'esôbé sont ravagés par le feu (...) celui-ci a pour conséquence de bloquer leur évolution (vers des groupements arbustifs).

Un autre fait, selon lui, s'oppose à reconnaître une origine anthropique possible de certains esôbé:

(31) Il infirme ici une conclusion précédemment émise (cf. p. 203) que « l'esôbé humide tourbeux peut se transformer en esôbé sec à *Hyparrhenia diplandra* » (et aboutir) à des forêts de terre ferme.

(32) Aucun profil détaillé ni aucune analyse de laboratoire ne corroborent cette assertion.

Dans les environs de Mabali (lac Tumba), les associations herbeuses faisant suite aux défrichements (forestiers et aux cultures) ou apparues après l'abandon d'un village sont d'un tout autre type (savanes à *Imperata* et à *Pennisetum*) où la recolonisation forestière est beaucoup plus rapide.

Au sujet de l'origine de la flore des esôbé, P. DEUSE écrit:

Selon nous, (elle) doit remonter à la fin du Tertiaire. Ainsi donc, pendant que la forêt guinéenne envahissait progressivement la Cuvette et se substituait aux végétations de savane qui l'occupaient au Pléistocène, nous pouvons considérer que les alluvionnements en bordure des rivières ont pu constituer des refuges pour la végétation héliophile de cette époque.

Précisant l'origine différente de la flore des esôbé secs et humides, il continue:

La végétation des esôbé secs est apparentée à celle des savanes qui ont occupé l'Afrique centrale à la fin du Tertiaire; elle est un vestige relativement pauvre en tant que première colonisatrice des sols en voie de constitution. (Par contre,) la végétation des esôbé humides a dû apparaître vers l'époque où les cours d'eau se sont réinstallés en Afrique centrale et où le climat s'est réhumidifié (...). Quant à l'origine de la flore des esôbé humides qui est du type tourbeux, nous ne pouvons imaginer qu'elle trouve son origine dans la flore sèche du Tertiaire ou du début du Quaternaire. Cette flore tourbeuse est constituée d'un ensemble d'espèces caractéristiques de conditions écologiques humiques et acides. Les associations de la série tourbeuse semblent actuellement provenir de la flore des prairies aquatiques. (Ainsi donc,) les espèces qui constituent cette flore (des esôbé humides) n'ont pu se présenter en Afrique centrale qu'au moment des périodes pluviales et interpluviales, mais on manque d'information sur leur localisation en ces époques. Il n'en reste pas moins vrai que *Sphagnum* peut être transporté à longue distance accroché aux pattes des oiseaux migrateurs et qu'au fond, il n'y a pas grande difficulté à accepter l'arrivée de *Sphagnum* dans les endroits de marécages tourbeux même sous l'équateur.

P. DEUSE s'interroge également sur

...le problème de l'origine de l'acidité des esôbé humides et des forêts marécageuses et, en somme, des eaux du lac Tumba (33).

(33) A cette dernière question, un peu en marge du problème des esôbé proprement dit, nous répondrons immédiatement. L'acidité humique est évidemment produite par les matières humiques, c'est-à-dire par « les substances acides de coloration brune issues de la décomposition anaérobie des matières végétales et conférant à l'eau une coloration caractéristique et un certain degré d'acidité non carbonique [26]. Dans les eaux originaires de la Cuvette *sensu stricto*, la teneur minérale étant négligeable, cette acidité humique n'est pas neutralisée, d'où leur « caractère humique acide ».

2. Les savanes intercalaires du nord du Secteur Forestier Central

Les paysages forestiers de la rive droite du fleuve Congo, situés entre les parallèles 2° et 3° nord, comportent également quelques plaines herbeuses.

Couvrant des surfaces plus réduites et, au surplus, moins accessibles que celles du centre même de la Cuvette, ces savanes ont été peu étudiées.

F. THONNER [311] en rencontre lors de son périple dans le District des Bangala. Près d'Elonda, écrit-il,

...une savane herbeuse longe le fleuve.

Une exploration de l'arrière pays de Ndobbo, l'amène à traverser

...des savanes dont l'herbe atteint 1,50 à 2 m de haut et est entremêlée de plantes herbacées et de palmiers isolés.

Dans son carnet de voyage, É. LAURENT [107] note également les changements d'aspect de végétation qu'il constate

...peu avant de toucher le poste de Bumba (...) et surtout Yaminga, (où) existent des savanes de plusieurs lieues d'étendue, en terrain plat, très sablonneux, parsemées de termitières (à *Pennisetum purpureum*) (...) De temps en temps, la savane (à dominance d'*Imperata*) est interrompue par des bouquets d'arbres de taille réduite qui (paraissent) identiques aux espèces forestières.

L. PYNAERT [278] relate de son côté qu'en juin 1905,

...il a traversé la grande plaine dépourvue de végétaux arborescents située au nord du fleuve Congo, entre Yaminga et Bumba.

F. THONNER [112, 108] traite des savanes rencontrées durant ses expéditions dans le District des Bangala.

Au cours de la première (1896), il traverse, écrit-il, aux environs de Bokapo,

...une assez grande clairière herbeuse dont les herbes ne sont pas mêlées à d'autres végétaux.

Aux abords de Ndobbo, il parcourt également

... une savane formée de hautes herbes (*Panicum*), d'arbustes et d'arbres isolés notamment des palmiers *Elaeis*.

De l'Entre Congo-Mongala-Dua, ce botaniste donne la description suivante:

A l'exception de sa partie orientale (environs de Bumba), toute la région est couverte de forêts (...). Dans les environs des villages, on rencontre fréquemment des broussailles ainsi que des taillis qui ont sans doute pris la place d'anciennes plantations (...). En général, les indigènes défrichent incomplètement la forêt en y installant leurs plantations. Quand celles-ci sont négligées, la forêt reprend bientôt le dessus. Dans les endroits où le terrain a été mieux déblayé, ce ne sont alors que des herbes et des buissons assez espacés qui l'occupent comme cela se voit dans la région d'Upoto.

Par cette remarque, l'auteur reconnaît donc implicitement la nature dérivée (anthropique) de ces savanes.

Dans sa note de 1911 relatant son exploration de 1909, F. THONNER [108] revient à nouveau sur les clairières herbeuses et rappelle qu'entre Gali et Upoto,

...le chemin traverse presque continuellement de hautes futaies... (sauf près de) Bokapo où se trouvaient, sur une colline, des clairières herbeuses avec bon nombre d'*Elaeis* qui n'existent pas dans les forêts de cette contrée. (Il poursuit:) De Dobo, je fis une excursion à l'intérieur qui me conduisit d'abord à travers des taillis, puis à travers une savane sablonneuse formée principalement de graminées du genre *Panicum*.

J. MILDBRAED [245], faisant allusion aux savanes décrites par É. LAURENT, leur reconnaît un caractère typiquement secondaire.

W. ROBYNS [278] commente la relation de F. THONNER et écrit notamment au sujet des clairières herbeuses de la colline de Bokapo:

Il y a tout lieu de croire qu'il s'agit ici d'un esôbé édaphique, d'autant plus que nous avons observé en 1925 dans la même région, notamment entre le village de Madjalange et le fleuve, un petit esôbé uniquement herbeux à *Hyparrhenia diplandra* sur sol sablonneux.

Quant aux plaines herbeuses de la région Bondo-Bumba auxquelles font allusion les auteurs précités (F. THONNER, É. LAURENT et L. PYNAERT), il admet qu'il s'agit là de savanes anthropiques.

3. Les savanes intercalaires du sud du Secteur Forestier Central

Dans l'hémisphère austral, entre 2° et 3°30 lat. S., et plus particulièrement dans le District administratif du Nord Sankuru, un

vaste périmètre englobant les territoires de Lomela, Lodja et Katakokombe, comprend également des plaines herbeuses.

a) Dans le territoire de Lomela, les savanes de la haute Tshuapa et de la haute Lomela ont fait l'objet de relations fort détaillées dues à A. RION [in 278] qui a consigné, à leur propos, des faits pleins d'intérêt; en voici l'essentiel:

1. Le plateau des Djomba

...est couvert par le type de forêt primaire haute, entrecoupée par des bandes de forêt secondaire et surtout par des jachères broussailleuses et des défrichements (culturaux) plus récents. Entre Yalosamba et Elingampangu et entre Yambo et la Tshuapa, on rencontre déjà des savanes de quelques hectares. Lorsqu'on s'approche de (cette rivière), en suivant la piste Yombo-Itena, on aperçoit, sur la rive gauche, les hautes plaines herbeuses d'Itama-Wetu. Aux anciens emplacements de cultures subsiste pendant longtemps un taillis irrégulier au milieu duquel des taches herbeuses sont disséminées; nous avons vu les endroits abandonnés depuis dix ans où il n'y a pas encore de forêt secondaire. Un autre fait, également remarquable ici, c'est le manque de vigueur du palmier *Elaeis*.

Par l'état des lieux ainsi brossé, A. RION souligne sans ambiguïté l'intervention de l'homme: « les taches herbeuses » incluses dans un « taillis irrégulier » subsistant longtemps aux « anciens emplacements des cultures » résultent bien de défrichements forestiers.

2. Sur les terres des Djonga et des Okale, au nord-est d'Ekamakoko, A. RION reconnaît une autre « zone de savanes » qui affecte l'allure « d'un plateau à relief ondulé; il n'y a que dans les galeries forestières que l'on rencontre des pentes de terrain abruptes ». Une « zone boisée » lui est adjacente à l'ouest et « constitue aussi un plateau (mais) à relief plus mouvementé, il est parcouru par deux rivières principales: la Tembenga supérieure et la Djale ».

Analysant la physionomie de cette « zone de savanes », il la décrit comme étant

...une succession de plaines herbeuses séparées par des galeries (...) et parsemées de bouquets boisés; vers l'ouest, ce ne sont plus que des îlots de savanes enclavés dans la forêt.

Il souligne leur importance spatiale en écrivant:

...sur une distance de 43 km (...) en certains endroits nous longeons la forêt; à d'autres, elle n'apparaît qu'à grande distance et avec un contour irrégulier. Dans la chefferie Okale, se trouve une petite plaine herbeuse de 200 ha environ. L'ensemble des autres plaines compte certainement plus de 1 000 ha.

Quant au sol,

...il est sablo-argileux (mais) l'argile (apparaît) vers la base des versants en pente abrupte. La limonite affleure en quelques endroits, notamment dans la savane des Okale et chez les Djombo, et le long de la Lomela. Dans le fond des vallons de la zone des savanes, on trouve le plus souvent des dépôts de sable amené par les eaux de ruissellement.

L'analyse floristique n'a guère été poussée. A. RION mentionne cependant que

... la fougère (*Pteridium aquilinum*) est aussi caractéristique dans ces plaines, elle pousse autour des parties boisées et, en tranchant par son aspect sur la végétation environnante, elle constitue une ligne de démarcation bien nette de celle-ci. (L'élément ligneux est représenté) ça et là (par) des arbustes ou des arbres rabougris, notamment l'*Albizia fastigiata* et l'*Eriocoelum microspERMUM*. (Il souligne) l'action destructive des feux de brousse allumés régulièrement, à certains endroits du moins, par les indigènes (et note) leurs effets dans les îlots forestiers où les arbres et les autres plantes portaient encore les traces de l'incendie précédent. (Pour un forestier), l'action rétrogradante des feux de brousse sur la forêt saute aux yeux; cet effet est lent mais il est sûr.

Le climat de cette zone de savane se caractérise par

...un vent qui souffle continuellement du S-SE. Les écarts de température diurnes et nocturnes sont bien marqués. Un brouillard froid et dense recouvre le sol pendant les nuits...,

à l'encontre de ce qui se passe dans la zone boisée où les brouillards sont moins intenses et les écarts thermiques moins prononcés.

Dans un rapport sur la possibilité d'introduction du cotonnier dans la région des savanes d'Elingampangu, L. DUBOIS [123] souligne l'importance des formations forestières de remplacement et des cultures vivrières, corollaire d'une occupation humaine dense pour un territoire forestier équatorial.

C'est également à ces savanes que J. LEBRUN [207] fait allusion quand il écrit:

Des formations herbeuses (...) existeraient (...) beaucoup plus au Nord (de Katakokombe), dans la région de Lomela, mais il ne s'agirait dans ce cas que de simples clairières discontinues: les esôbé qui existent un peu partout à l'intérieur de la forêt centrale congolaise.

b) Dans le territoire de Lodja, d'importantes clairières dont certaines parsemées d'arbustes sont déjà plus fréquentes. J. LEBRUN décrit comme suit ce paysage du Nord Sankuru:

Vers Lodja (en venant du sud), le pays herbeux est accidenté; les savanes sont dénudées sur les crêtes, mais généralement arbustives sur les flancs; la forêt occupe le plus souvent les vallées et semble progresser vers le haut. On observe de nombreux cas d'encerclement d'*Hymenocardia* et d'autres arbustes de la savane, dépérissant sous l'action du taillis envahissant.

c) Dans le territoire de Katakokombe, plus au sud encore, et aux confins méridionaux de la forêt équatoriale, J. LEBRUN constate que

...la forêt est assez clairière; ces clairières herbeuses se rencontrent même assez loin à l'intérieur (...) (la forêt) de Katakokombe et des régions immédiatement avoisinantes est assez claire et offre l'aspect d'une forêt anciennement cultivée; plus au nord, au contraire, la densité du couvert augmente (...).

W. ROBYNS [278] rapporte et commente longuement les observations de A. RION.

Sur la base des informations climatiques, fort sommaires on en conviendra, intéressant la « zone des savanes », il conclut que cette dernière

...présente tous les caractères des savanes climatiques (...). Il s'agit probablement ici d'un climat régional ou local conditionnant la formation de (ces) savanes climatiques situées vers 2°20 de lat. S.

D'autre part, les peuplements de *Pteridium* se rencontrant dans cette même zone, traduisent

...une action incontestable de l'homme, ce qui n'a rien d'étonnant puisque le même phénomène se passe dans toutes les régions de savanes de l'Afrique tropicale. En outre, la présence d'*Albizia ealaensis* (syn. *A. fastigiata*) et *Eriocoelum microspermum*, éléments manifestement forestiers pouvant s'adapter aux endroits découverts, semble indiquer une colonisation forestière et donc une extension de la forêt.

Il y aurait ainsi coexistence, dans cette zone herbeuse, de savanes climatiques et de savanes anthropiques.

Des prospections forestières dans cette région du Nord San-kuru, nous ont amené à rencontrer quelques-unes de ces formations herbeuses; nous en reparlerons.

Un abrégé des opinions, hypothèses et thèses formulées sur l'origine des esôbé congolais sensu lato se présente comme ci-après:

1. *Les savanes de l'ensemble de la forêt équatoriale* seraient dues:

- A des causes édaphiques: J. MILDBRAED [244], W. ROBYNS [227, 283, 284, 286];
- A des causes partiellement anthropiques: É. DE WILDEMAN [109];
- A des causes partiellement anthropiques: J. LEBRUN [207].

2. *Les savanes de l'équateur et de ses abords immédiats* seraient dues:

- A des causes édaphiques: W. ROBYNS [278], P. STANER [304], R. BOUILLENNE et al. [38], P. DEUSE [97 et 98];
- A des causes paléoclimatiques: J. MOUREAU, P. DEUSE et N. LELEUP [219], G. TROUPIN [322] pour les esôbé tourbeux uniquement; R. LAURENT [203] pour tous les esôbé;
- A des causes anthropiques: D. VAN MOESIEKE [338].

3. *Les savanes du nord du Secteur Forestier Central* seraient dues:

- A des causes soit anthropiques, soit édaphiques: W. ROBYNS [278];
- A des causes anthropiques: F. THONNER [112 et 108].

4. *Les savanes du sud du Secteur Forestier Central* seraient dues:

- Pour une partie, à des causes climatiques, pour une partie à des causes anthropiques: W. ROBYNS [278];
- A des causes anthropiques: A. RION [in 278] et J. LEBRUN [206].

Ce tableau synoptique terminera notre promenade transéquatoriale. Regagnons sans plus tarder la Cuvette congolaise pour nous livrer à une analyse des groupements herbeux de ses alluvions et de ses « insolites » esôbé.

CHAPITRE VII

LA VÉGÉTATION HERBEUSE DES ALLUVIONS RÉCENTES DE LA CUVETTE CONGOLAISE

§ 1. DÉFINITION DE QUELQUES TERMES PHYSIONOMIQUES

Avant d'entreprendre l'analyse des principaux groupements, il paraît utile de rappeler ou de préciser la définition des termes physionomiques qui leur sont appliqués.

Pour ce faire, esquissons d'abord les stades de l'hydrosère d'une part, sous l'angle des conditions mésologiques qui y règnent, et d'autre part, en ce qui regarde la physionomie et la structure des groupements qui s'y rencontrent.

1. Les plages d'eau hébergeant une végétation monostate d'hydrophytes libres, toujours de hauteur réduite (*Pistia*, *Utricularia*, *Ceratophyllum*, etc.), émergés ou immergés, se déplaçant au gré des courants, constituent des « pelouses flottantes libres ».

2. Les substrats vaseux mais toujours recouverts d'une plus ou moins grande épaisseur d'eau portent un groupement de plantes complètement submergées (*Potamogeton*) ou partiellement émergées mais enracinées dans la vase (*Nymphaea*, *Ceratopteris*), à partie aérienne peu développée. Ces tapis, généralement discontinus répondent à la définition des « pelouses flottantes fixées ».

3. Les substrats organo-minéraux qui ont dépassé le stade de vase putride et les substrats franchement minéraux (bancs sableux ou sablo-limoneux) recouverts d'une lame d'eau courante ou stagnante plus ou moins profonde, parfois temporairement exondés mais à substrat superficiel gorgé d'eau, portent géné-

ralement des « prairies aquatiques ». Cette expression s'applique à des groupements à dominance d'hydrophytes et secondairement d'hélophytes, principalement des Cypéracées (*Cyperus*, *Fuirena*, *Rhynchospora*) ou des Graminées (*Vossia*, *Echinochloa*, etc.) dont l'appareil aérien peut être entièrement immergé aux hautes eaux et partiellement ou complètement émergé pendant un temps très court à l'étiage. Les constituants de ces prairies sont d'ailleurs très plastiques: nombre d'entre eux prospèrent en sol de plateau (1).

A côté de ces biotopes à plan d'eau profond ou à substrat constamment gorgé d'eau, il en est d'autres qui partagent des conditions mésologiques plus changeantes: l'enneigement alterne avec des assècs plus ou moins prolongés. Les groupements qui s'y implantent répondent à la définition de la savane; ils succèdent aux prairies aquatiques qui, par leur pouvoir de sédimentation élevé, provoquent des atterrissements bénéficiant de périodes d'exondaison de plus en plus marquées. Durant ces phases d'assèchement superficiel, le sol en formation subit un début de minéralisation et d'autres phénomènes (glyification, etc.) qui influent sur sa pédogénèse.

En fonction du degré d'exondaison et de la texture du substrat qui commandent le régime hydrique du profil, on distingue:

1. Les « savanes amphibies » qui connaissent une durée d'inondation assez longue et conséquemment des assècs très limités mais au cours desquels le sol se ressuie complètement en surface. Le régime hydrique du substrat, du moins dans ses couches superficielles, est donc très contrasté: ce sont principalement des hémicryptophytes cespiteux (*Jardinea*, *Ystia*) qui s'accommodent de telles conditions; quelques pélophytes s'y maintiennent encore.

2. Les « savanes périodiquement inondées » qui colonisent des substrats plus surélevés que les précédents et ne subissent plus que des inondations passagères aux hautes eaux. Le profil est déjà mieux aéré par suite des possibilités de ressuiment: les hémicryptophytes graminéens cespiteux des savanes humides et

(1) *Echinochloa pyramidalis* et *Brachiaria mutica* entre autres s'accommodent bien des conditions que leur offrent les sols de plateau à Yangambi.

des savanes sèches (*Hyparrhenia*, *Setaria*) se partagent le contrôle du groupement; la composition floristique et la stratification sont plus diversifiées que dans les savanes amphibies.

Au sein des biotopes périodiquement inondés, et parmi les savanes sèches établies sur les interfluves, on rencontre occasionnellement des plages en dépression à substrat continuellement gorgé d'eau. Ces biotopes hébergent, soit des « savanes marécageuses », soit des « microtourbières ».

Enfin, les biotopes hors d'atteinte des eaux courantes ou qui ont perdu toute connection récente avec le système hydrographique actuel, portent des « savanes herbeuses sèches » qui seront étudiées au chapitre VIII.

La présente terminologie est loin d'être parfaite et ne vise qu'à un premier classement éco-physionomique des principales formations herbeuses de la Cuvette.

§ 2. LES GROUPEMENTS ÉTUDIÉS

Remarque préliminaire

Du côté nord-est, la dépression congolaise *sensu stricto* (cf p. 52) commence à Isangi (à 25 km en aval de Yangambi). Nous avons vu précédemment que le régime du fleuve, à partir de l'embouchure du Lomami, connaît un module différent de celui qui prévaut dans le bief Stanleyville-Isangi: amplitude plus faible de la variation annuelle du plan d'eau, possibilités de ressuiement du substrat plus aléatoires, etc. On ne s'étonnera donc pas que les stades pionniers décrits d'une zone située sur le rebord de cette dépression puissent différer de ceux du centre de la Cuvette, et même que certains d'entre eux ne s'y retrouvent plus si ce n'est à l'état très modifié. En fait, par rapport à ceux du bief Stanleyville-Isangi, les groupements alluvionnaires de l'aval montrent moins de diversité et une plus grande pureté; la végétation pionnière des bancs de sable [233 et 223] ne s'y rencontre guère; tout au plus peut-on trouver sur ces bancs, moins longtemps exondés que leurs congénères de l'amont, quelques pieds épars

de *Cyperus* spp., *Scoparia dulcis*, *Glinus oppositifolius* et diverses nitrophiles. Ajoutons encore qu'il s'agit d'un substrat peu fourni en minéraux altérables (sables grossiers pauvres en micas) et l'eau qui les baigne ne supplée guère à cette pauvreté native.

La colonisation peut débiter d'emblée par un groupement de graminées, le plus souvent à *Vossia cuspidata*: dans beaucoup de cas, la succession telle qu'on la connaît sur les bords de la Cuvette est ainsi télécopée.

Classification proposée

En fonction des définitions reprises dans le précédent paragraphe, les principaux groupements rencontrés dans les eaux libres et sur les alluvions récentes, peuvent être rangés comme suit:

I. Groupements des biotopes aquatiques et semi-aquatiques

Les pelouses flottantes libres:

1. L'association à *Pistia stratiotes* et *Lemna paucicostata*;

Les pelouses flottantes fixées:

2. L'association à *Nymphaea lotus* et *Utricularia thonningii*;
3. Le groupement à *Eichhornia crassipes*;

Les prairies aquatiques:

4. L'association à *Vossia cuspidata*;
5. Le groupement à *Cyperus nudicaulis*;
6. Le groupement à *Cyperus papyrus*.

II. Groupements des biotopes temporairement exondés

Les savanes amphibies:

1. L'association à *Jardinea congoensis*;

Les savanes périodiquement inondées:

2. L'association à *Hyparrhenia diplandra* et *Setaria restioidea*.

III. Groupements des biotopes marécageux

Les microtourbières:

1. L'association à *Sphagnum planifolium*;

Les savanes marécageuses:

2. L'association à *Selaginella congoensis* et *Lycopodium affine*.

A. L'analyse floristique et l'écologie des groupements

I. LES GROUPEMENTS DES BIOTOPES AQUATIQUES ET SEMI-AQUATIQUES

1. L'association à *Pistia stratiotes* et *Lemna paucicostata*,
LEBRUN 1947.

Cette association se retrouve dans deux types de stations assez différents.

Un premier habitat, le plus commun dans la Cuvette, est représenté par les criques des berges festonnées des rivières et des îles; à ces endroits, le groupement dispose d'une eau relativement profonde et aérée, et sa composition floristique se limite généralement à *Pistia stratiotes* et à *Lemna paucicostata*.

Un second habitat est constitué par des marigots de faible étendue, à nappe d'eau généralement peu profonde et peu aérée. Dans ces cuvettes fermées, à peine inondées aux très basses eaux, les *Pistia* s'enracinent occasionnellement, et le cortège floristique s'enrichit considérablement. C'est à ce type que correspond la description de J. LÉONARD [223] qui relate parmi les espèces rencontrées: *Azolla africana* (2), *Ceratophyllum demersum*, *Spirodella polyrrhiza*, *Ricciocarpus natans* et *Wolffia arrhiza* et quelques hélophytes transgressives des vases.

(2) Syn. *A. guineensis* Schum. et *A. pinnata* var. *africana* (Desv) Bak. f. [4].

D. VAN DER BEN [328] s'est livré à une analyse fort détaillée des conditions offertes au développement du *Lemneto-Pistietum* dans les eaux des lacs Edouard et Kivu; la plupart des relevés de son tableau d'association appartiennent à la variante riche.

L'adaptation du *Pistia* à la flottaison est particulièrement bien développée comme l'a rappelé J. LEBRUN à propos de son écologie dans certaines mares du Parc National Albert (Congo oriental).

Les peuplements de *Pistia* du fleuve Congo sont soumis aux variations de son régime: l'augmentation de la vitesse du courant, en période de crue, agit sur cette végétation qui se trouve ainsi « expulsée » saisonnièrement de ces stations de basses eaux. D. VAN DER BEN [328] de son côté, signale également des déplacements des tapis de cette Aracée en relation avec les brises de terre et de lac.

Dans la Cuvette congolaise, les *Pistia* sont le mieux représentés dans le bief supérieur des rivières mais se raréfient vers les embouchures où l'acidité et la pauvreté minérale des eaux ralentissent vraisemblablement leur développement: on se rappellera en effet que les eaux des stations à *Pistia* du Congo oriental sont pratiquement neutres ou même franchement alcalines.

En dehors de la dépression congolaise, des groupements à *Pistia* se retrouvent sporadiquement dans le Bas-Congo [99] et le Haut-Katanga [296].

La salade du Nil, décrite de Ceylan par LINNÉ, est largement distribuée dans toutes les zones tropicales et subtropicales.

En Afrique, dans le Nil Bleu et le Nil Blanc, de vastes pelouses à *Pistia* sont enclavées dans les formations à *Cyperus papyrus* et à *Vossia cuspidata* du « Sudd » [6,243] et se retrouvent plus au nord, jusqu'en Égypte [164]; dans l'hémisphère sud, les lacs en sont également bien pourvus.

En Amérique tropicale, *Pistia* est fréquent dans les eaux amazoniennes [153]; en Louisiane, où il fut introduit, on le trouve dans des étangs associés à d'autres hydrophytes nageants comme *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza* et *Azolla caroliniana* [264].

Au Japon, A. YAWAKI et J. TUXEN [358] ont décrit une association à *Pistia stratiotes* var. *cuneata* et à *Azolla imbricata* qu'ils rangent avec le *Lemneto-Pistietum* congolais et deux autres groupements des eaux nippones (le *Lemneto-Utricularietum japonicae* et le *Lemneto-Salvinietum natantis*) dans l'alliance du *Lemnion paucicostatae*.

Au Viet-Nam, F. VU VAN CUONG [349] décrit un *Lemneto-Wolffietum arrhizae* qui semble très voisin de l'association connue des eaux congolaises.

2. L'association à *Nymphaea lotus* et *Utricularia thoningii*,
[LEBRUN 1947] LÉONARD 1953.

Dans les grands cours d'eau de la Cuvette, cette association est toujours très pauvre en plantes supérieures; la strate nageante se limite généralement à *Nymphaea lotus* et la strate immergée ne comporte généralement que *Utricularia stellaris*, *U. foliosa* et *Ceratophyllum demersum*.

Dans sa phase optimale, ce groupement recherche des eaux relativement profondes et généralement calmes. *Nymphaea* exige un fond riche en matières organiques; ses rhizomes sont ancrés dans la vase par de nombreuses racines, à des profondeurs allant jusqu'à 2,50 m; ses longues tiges immergées amènent ses feuilles flottantes en surface.

Les constituants de la strate immergée bien que non fixés sont relativement peu mobiles: l'appellation de « pelouse flottante fixée » nous paraît convenir à cet habitus particulier.

En eau plus agitée, *Nymphaea* se raréfie, seuls les constituants de la strate immergée se maintiennent.

La nymphaie tolère un seuil d'acidité très bas (pH 4,2); en dehors de la Cuvette, elle habite des eaux franchement alcalines (3).

Comme l'a souligné J. LEBRUN, un cortège d'algues accompagne ce groupement; des relevés de cette flore permettrait sans

(3) Dans les mares des zones d'inondations du Niger, J. DAGET [77] a constaté que « la seule présence de *Ceratophyllum demersum* faisait varier le pH de 7 à 7,8 suivant les heures de la journée ».

doute de reconnaître des variantes en fonction de la nature des eaux (4).

Cette association se rencontre sporadiquement dans tous les Secteurs phytogéographiques congolais de basse et moyenne altitude; elle est cependant assez rare dans le Haut-Katanga [296]. Elle existe également au Sénégal où J. TROCHAIN [317] la trouve dans certaines mares qu'elle partage avec un groupement à *Diplachne fusca*. Le *Nymphaeto-Utricularietum* déborde la bande tropicale africaine et s'étend à la Moyenne Égypte, où M. HASSIB [164] le mentionne dans des canaux d'irrigation et de drainage. Des groupements apparentés prolifèrent dans des petits lacs à Java [324] et en Louisiane, où W. PENFOUND et E. HALAWAY [264] signalent dans des étangs, à nappe d'eau superficielle, l'existence d'un groupement à *Nymphaea advena*, *Utricularia* spp et *Ceratophyllum* spp.

Aux environs de Saïgon, F. VU VAN CUONG [349] décrit une association apparentée à *Nymphaea stellata* et comprenant *N. lotus*, *Jussiaea repens*, *Ipomea aquatica* et *Neptunia prostrata*. Dans certaines stations du Viet-Nam, *Nymphaea stellata* supporterait des eaux très acides à pH ne dépassant pas 2,8.

3. Le groupement à *Eichhornia crassipes*

Les peuplements de Jacinthe d'eau, qui entravent actuellement la navigation sur certains biefs du réseau fluvial de la Cuvette, trouvent leur origine dans l'introduction récente de cette Pontédériacée dans les eaux congolaises.

En l'espace de deux ou trois ans, *Eichhornia crassipes*, par son prodigieux pouvoir de multiplication végétative, a envahi des milliers de kilomètres de rives et couvert de larges espaces dans les zones marécageuses.

Rappelons brièvement la chevauchée de cet hydrophyte, parti le siècle dernier à la conquête des eaux tropicales et subtropicales.

(4) Notons à ce propos que la flore algologique et la faune microscopique des des eaux de la Cuvette sont pratiquement inconnues. P. VAN OYE [339] signale que les bancs (vases des biefs marécageux) sont riches en Chlorophycées (*Spyrogyra* et *Debarya*) et en Diatomées mais très pauvres en Desmidiées; quant aux organismes microscopiques, il s'agirait surtout de polysaprobies.

Originnaire des tropiques de l'Amérique centrale et méridionale, la Jacinthe d'eau fut introduite en Louisiane dès 1884, puis en Floride en 1888 où elle ne tarda pas à proliférer abondamment et à causer de sérieux ennuis à la navigation. Apportée à Java en 1894, elle envahit bientôt tous les étangs et les petits lacs dans lesquels elle supprime les premiers occupants [324]; de là, elle s'est répandue dans une grande partie de l'Insulinde et a gagné l'Australie. D'Hanoï, où elle est signalée dès 1902, elle s'étendit à l'Indochine et aux Indes; à Ceylan, on la connaît depuis 1905.

En Afrique, dans l'hémisphère sud, on la cultivait à Madagascar à partir de 1900. Au Transvaal, son introduction remonterait aux alentours de 1910 [128]; cette « tête de pont » sud-africaine lui permit de gagner la Rhodésie du Sud — à une date indéterminée mais antérieure à 1937 — où elle est devenue une véritable peste dans le district de Salisbury dès 1941-1943 [355]. Dans l'hémisphère nord, la date de son apparition reste imprécise; on sait cependant que son introduction en Égypte se situe entre 1879 et 1892 [307] et, dès 1932, N. SIMPSON la trouve à l'état subspontané dans les canaux d'irrigation. Dans une étude sur le contrôle de la végétation adventice des périmètres irrigués du Gezira, F. ANDREWS [5] relate que des mesures législatives furent édictées pour écarter la Jacinthe d'eau des eaux soudanaises mais sans grand succès, semble-t-il, puisqu'en octobre 1958 on signalait sa présence sur environ 1 000 km de rives du Nil Blanc, entre Khartoum et Juba [146]. Entretemps, cette peste d'eau avait gagné le bassin du Congo; fin 1954, son invasion brutale (5) s'étendait aux biefs supérieur et moyen du fleuve et au cours inférieur de certains de ses affluents (6).

(5) Comme le signale P. DE KIMPE [90], elle était cultivée antérieurement à cette date comme plante ornementale dans certaines pièces d'eau fermées. En août 1955, un rapport présenté à la réunion CCTA/CSA de Loanda [210] soulignait l'extension explosive et les dangers de cette peste.

(6) Fin 1955, les Autorités gouvernementales devant l'extension foudroyante de cette « water pest » entreprirent une campagne de destruction qui, malgré les efforts déployés et les moyens mis en œuvre, ne connut pas les succès escomptés. Une action coordonnée des territoires centro-africains, qui voyaient leur réseau de navigation sérieusement menacé, s'avéra bientôt indispensable: un programme d'études fut mis sur pied, en 1957, au Colloque de Léopoldville (organisé par le Conseil Scientifique Africain). Rappelons qu'une ordonnance en date du 4 mai 1955 interdit, au Congo, la détention, la culture, la multiplication, la vente et le transport d'*Eichhornia crassipes*.

L'*Eichhornia* a trouvé dans les eaux équatoriales congolaises un stimulus physiologique qui a déclenché sa prolifération. L'infestation s'est rapidement généralisée à une grande partie des rivières de la dépression congolaise à l'exception toutefois de certaines « eaux noires » dont l'acidité humique élevée provoque son dépérissement ou entrave son développement. A. BERG [26], qui a particulièrement bien étudié cette question, résume ses conclusions comme suit:

...dépérissement à pH égal ou inférieur à 4,2; simple inhibition à pH allant de 4,2 à 4,5; croissance importante à pH supérieur à 4,5 dans des conditions de renouvellement continu de l'eau.

Par son type biologique, son grand pouvoir de propagation et sa tolérance écologique, cet hydrophyte, éminemment social, n'admet guère de commensaux et se montre particulièrement apte à l'envahissement des eaux courantes ou stagnantes libres d'occupants (*Planche I, fig. a*); aux basses eaux, il peut continuer son cycle comme pseudo-amphibie et persister ainsi jusqu'à la prochaine crue (*Planche I, fig. b*).

Au Congo, la Jacinthe d'eau peut faire régresser par endroits les groupements à *Pistia* mais elle concurrence assez peu les prairies aquatiques bien qu'elle les ceinture généralement et les protège.

Au Sudan, l'*Eichhornia* se rencontre le plus communément le long des franges à *Vossia*, et supprime également, dans les petites baies, les groupements à *Pistia*, à *Azolla* et à *Lemna* [144]; dans le Sobat, il peut réduire localement l'importance des prairies aquatiques [85]. Dans une publication récente, P. GAY [145] est revenu sur la question de l'envahissement des eaux du Nil soudanais par la Jacinthe d'eau et a particulièrement étudié les facteurs assurant sa dispersion. Sa propagation par voie végétative est favorisée par une croissance excessivement rapide, — l'augmentation des plants en poids frais serait approximativement de 10 à 15 % par jour, — ce qui provoque une fragmentation accélérée des stolons.

En dehors des eaux africaines, la Jacinthe d'eau admet parfois certains commensaux. C'est ainsi que dans le Sud-Est asiatique, au Cambodge notamment, M. SCHMID [295] signale l'existence d'une association à *Eichhornia crassipes* et *Sacciolepis interrupta*

dans les nappes d'eau peu profondes. Aux abords de Saïgon, F. VU VAN CUONG [349] relate sa présence dans le *Lemneto-Wolffietum arrhizae* où elle supporte un pH de 4. L'*Eichhornia* prospère bien dans les eaux saumâtres mais n'y forme pas de peuplements importants; un essai de culture dans une mare d'eau salée a cependant échoué; par contre, en eau douce, la Jacinthe d'eau prolifère abondamment.

Dans sa patrie d'origine, *E. crassipes* s'associe à *E. azurea*; ces deux espèces constituent avec *Panicum amplexicaule*, les grandes prairies flottantes du delta de l'Amazone [37]; ailleurs, les *Eichhornia* se mélangent à *Victoria regia* [153].

Différents points de sa biologie et de son écologie dans les conditions de la Cuvette congolaise restent à préciser. Trois études récentes [25, 26 et 140] ont déjà souligné l'importance de certains facteurs.

Dans tous les pays où cette peste redoutable est apparue, son écologie a fait l'objet de nombreuses recherches. On trouvera dans les études de W. PENFOUND et T. EARLE [265], de J. LEBRUN [208, 209], de L. DUBOIS [124], de W. ROBYNS [285], de P. DE KIMPE [89, 90] et de A. LEDERER [216], d'intéressantes données en même temps qu'une bibliographie fort détaillée sur le sujet.

4. L'association à *Vossia cuspidata*, VANDERYST 1931

Désignée par la plupart des auteurs sous le nom de prairie aquatique à *Vossia cuspidata*, elle est, comme le signale W. ROBYNS [278],

...la (formation la) plus commune et la plus développée dans les eaux courantes de la plupart des régions (tropicales africaines).

Effectivement le long des grandes artères fluviales de la Cuvette congolaise, *Vossia* règne en maître quasi absolu sur les alluvions juvéniles exceptionnellement exondées; c'est évidemment dans le lit des rivières, en situation toujours inondée, que cette association montre sa vitalité maximale (*Planche II, fig. a*).

Floristiquement très pauvre, elle présente une physionomie très homogène et ne comporte guère qu'une seule strate dépassant rarement 1 m de haut (en période de basses eaux).

Divers relevés effectués dans les prairies aquatiques de l'Ikelemba, de la Ruki et du confluent du l'Ubangi (*Planche V*) sont repris dans le *tableau X*.

Examen du tableau

Les constituants sont tous des géophytes rhizomateux à chaumes plus ou moins longs, s'adaptant aux variations du plan d'eau et capables de supporter de courtes périodes de complète immersion.

Dans les conditions du centre de la Cuvette, le lot des caractéristiques se limite à quatre espèces:

— *Vossia cuspidata*, décrit primitivement des Indes, est une graminée paléotropicale qui, en Afrique, s'étend à toute la bande tropicale depuis le Mali jusqu'au Zambèze; en Asie, en dehors de l'Inde, elle est connue en Indochine. Son pouvoir d'atterrissement est élevé: ses longues tiges robustes flottantes, à large limbe, ralentissent considérablement la vitesse de l'eau et fonctionnent ainsi comme un véritable filtre; les bases décombantes de ses chaumes sont abondamment garnies de racines qui fixent les dépôts retenus (*Planche II, fig. a et b*).

— *Brachiaria mutica*, considéré comme originaire du Brésil, s'étend actuellement à toute la zone tropicale; cet héliophyte courttement rhizomateux s'accommode de situations écologiques fort variées et comporte de nombreuses races et variétés (7).

— *Panicum subalbidum* (8), espèce plurirégionale africaine, est un héliophyte légèrement cespiteux à court rhizome dont les chaumes, atteignant 1-1,50 m de hauteur, s'enracinent parfois aux nœuds.

— *Echinochloa pyramidalis*, répandu dans toute l'Afrique tropicale et à Madagascar, montre un type biologique analogue

(7) Cette espèce, primitivement rattachée au genre *Panicum*, est connue dans la littérature botanique et agrostologique (principalement américaine) sous divers noms: *Panicum purpurascens* RADDI, *P. barbinode* TRIN; *P. guadalupense* SPRING; *P. equinum* STEUD; *P. pictigluma* STEUD; *P. numidianum* LAM.; *P. muticum* FORSK.; *P. molle* GRISEB.; *P. sarmentosum* BENTH. Comme plante fourragère elle présente beaucoup d'intérêt et a été, de ce fait, largement répandue dans les terres basses des climats chauds et humides. Au Congo, on reconnaît jusqu'ici dans le groupe du *Brachiaria mutica*, trois variétés: une tétraploïde ($2n=36$), une diploïde ($2n=18$) et une hybridogène triploïde ($2n=27$); cette dernière se montre très plastique quant à l'humidité du substrat et croît sur terre de plateau à nappe phréatique très profonde.

(8) Syn. *P. longijubatum* STAPF et *P. glabrescens* STEUD.

TABLEAU X. — Association à *Vossia cuspidata*, VANDERYST 1931

Distribution géographique (1)	Formes biologiques (1)	N° du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Surface (m ²)	100	25	100	100	25	100	100	100	100	100	100	100
		Strate supérieure												
		— Hauteur (cm)	125	75	100	100	100	100	125	125	150	100	125	125
		— Recouvrement (%)	100	100	100	100	100	80	100	100	100	100	100	100
		Strate inférieure												
		— Hauteur (cm)		25							2-15		20-30	20-30
		— Recouvrement (%)		10							15		30	30
Caractéristiques de l'association														
Pal	G	<i>Vossia cuspidata</i>	5.5	3.3	5.5	4.5	5.5		+1	4.5	+2	+1	+1	3.5
Pant	G	<i>Brachiaria mutica</i>	+1	3.3	1.1	2.1	1.1	3.3	2.2	+1		(+1)	(+1)	
Pl. R. Af.	G	<i>Panicum subalbidum</i>				+1		4.5	1.2	1.2	(+1)			+1
Pal	G	<i>Echinochloa pyramidalis</i>	+1		+1		1.1	+1					+1	
Caractéristiques de l'alliance et de l'ordre (<i>Papyretalia</i> , LEBRUN 1947)														
Pant	G	<i>Polygonum acuminatum</i>	+1	3.4	1.1	+1	1.1	+2	1.1	+1				
G - Sz	G	<i>Sacciolepis interrupta</i>									+1	+1	+1	
Pant	G	<i>Leersia hexandra</i>		+1				+1		+1				
G - Sz	G	<i>Echinochloa stagnina</i>						4.5						
Pant	G	<i>Panicum parvifolium</i>										+1	2.3	
G	H	(<i>Jardinea congoensis</i>)												
G	H	(<i>Jardinea gabonensis</i>)												
Espèces transgressives des <i>Nymphaeetalia</i> (LEBRUN 1947)														
Pal	Hy.	(<i>Azolla africana</i>)												
Pant	Hy.	(<i>Pistia stratiotes</i>)												
Pant	Hy.	(<i>Eichhornia crassipes</i>)												
Différentielles de la sous-association à <i>Hyparrhenia diplandra</i>														
G (Sz)	H	<i>Hyparrhenia diplandra</i>									5.5	5.5	5.5	3.5
Pal	H	<i>Paspalum commersonii</i>									+2	+1	1.1	+1
Espèces pionnières des stades arbustifs														
G (Sz)	Ph.	<i>Alchornea cordifolia</i>	+1		K			(+1)		(+1)	K			(+1)
	Ph.	<i>Anthocleista liebrechtsiana</i>		K							+1		+1	+1
Espèces diverses														
G (Sz)	Ph.	<i>Clappertonia ficifolia</i>									+1	+1	+1	1.2
G (Sz)	Ch.	<i>Vigna micrantha</i>									+1		1.1	+1
Pant	Ch.	<i>Ophioglossum ellipticum</i>									1.1	+1		
G (Sz)	Ch.	<i>Eriosema laurentii</i>									1.1	+1		
G	Ch.	<i>Scleria goossensii</i>											+1	

- Relevé 1. Prairie de 80 ha à 100 ha à l'embouchure de l'Ikelemba, sur la rive droite de cette rivière; groupement à *Vossia* quasi exondé en surface; 13 février 1949.
2. Même situation; dans une partie brûlée depuis 1 ou 2 mois, abondante repousse du *Vossia* qui entre en floraison; 13 février 1949.
3. Prairie de 2 à 300 ha, située à quelques centaines de mètres de la prairie ci-dessus et sur la même rive; groupement à *Vossia*; 13 février 1949.
4. Prairie le long de la Ruki, au delà de la rivière Sodji (à ± 10 km au Sud de Lolifa); groupement à *Vossia* de quelques ha, partiellement sous eau; mars 1944.
5. Petite prairie des bords de la Ruki, un peu en amont d'Eala; groupement à *Vossia* sous 20 cm d'eau; mars 1944.
6. Même prairie que le relevé 1; plage à *Panicum subalbidum* actuellement exondée; 13 février 1949.
7. Prairie à *Vossia* de ± 100 ha située à 4-5 km de l'embouchure et sur la rive gauche de l'Ikelemba; petit groupement à *Echinochloa stagnina* dans une dépression centrale constituant une sorte de chenal de drainage; 13 février 1949.
8. Grande prairie de plusieurs centaines d'ha dans le fleuve Congo un peu en aval d'Irebu; groupement à *Vossia* quasiment exondé; 1 mars 1944.
9. Même prairie que celle des relevés 1 et 6; plage à *Hyparrhenia* (sur une partie surélevée) de 1,50 m de haut; 13 février 1949.
10. Même prairie que celle des relevés 1 et 6; autre îlot à *Hyparrhenia* distant du relevé 9 d'environ 50 m; 13 février 1949.
11. Rivière Ikelemba à quelque 10 km de son embouchure et sur la rive gauche; petite prairie de 7 à 8 ha; groupement à *Hyparrhenia* en bordure de *Jardinea*.
12. Même prairie que celle des relevés 1, 6 et 9; groupement à *Hyparrhenia* sur une partie surélevée; 13 février 1949.

(1) Signification des sigles:

a) Distribution géographique:

G = Espèce guinéenne

G (Sz) = Espèce guinéenne à pénétration soudano-zambézienne

G-Sz = Espèce de liaison guinéenne et soudano-zambézienne

Pal = Espèce paléotropicale

Pant = Espèce pantropicale

P.R.Af = Espèce plurégionale africaine

b) Formes biologiques:

Ph = Phanérophyte

Ch = Chaméphyte

H = Hémicryptophyte

G = Géophyte

Hy = Hydrophyte (classé parmi les Géophytes)

T = Thérophyte.

à celui du *Vossia* mais n'atteint cependant pas un développement végétatif aussi exubérant; les mises en assec ne le gênent pas. A Yangambi d'ailleurs, il se développe bien sur les terres de plateaux.

Parmi les caractéristiques d'Alliance et d'Ordre, on note:

— *Sacciolepis interrupta*, connu en Afrique dans les Régions guinéenne et soudano-zambézienne, est un héliophyte faiblement cespiteux et courtement rhizomateux.

— *Leersia hexandra*, espèce tropicale et subtropicale, est un héliophyte longuement rhizomateux dont les chaumes atteignant 50-60 cm de haut, s'enracinent abondamment aux nœuds inférieurs.

— *Echinochloa stagnina* est très commun dans toute l'Afrique tropicale et descend presque jusqu'au Cap; il se retrouve à Madagascar et en Indochine. D'un type biologique analogue à *E. pyramidalis*, il n'atteint cependant pas le développement végétatif de ce dernier et réclame des substrats constamment humides: c'est le principal constituant des bourgoutières (Niger) d'où il envahit les rizières.

— *Panicum parvifolium*, espèce pantropicale, est un petit héliophyte courtement rhizomateux à tiges grêles prostrées, radicales.

— *Polygonum pulchrum* (9), espèce paléotropicale, est un héliophyte rhizomateux à tiges radicales aux nœuds inférieurs.

A de nombreux endroits, des hydrophytes nageants de l'Ordre des *Nymphaeetalia* s'associent au *Vossia*:

— *Azolla africana*, Hydroptéridale surtout répandue dans la Région guinéenne, est fréquente à certaines saisons.

— *Pistia stratiotes*, Aracée pantropicale et

— *Eichhornia crassipes*, Pontédériacée d'origine néotropicale, cette dernière comme on l'a vu, largement distribuée sous tous les

(9) D'après R.A. GRAHAM [159], cette espèce serait souvent confondue avec *P. acuminatum* H.B et K. qui n'existerait qu'en Amérique (race géographique de *P. pulchrum*); au Congo, les spécimens identifiés comme *P. acuminatum* appartiendraient en fait à *P. pulchrum* (Cuvette) et à *P. setosulum* A. RICH. (péri-cuvette).

tropiques, envahit fréquemment les franges des prairies aquatiques.

Enfin quelques espèces pionnières de l'*Alchorneetum*, comme *Alchornea cordifolia* et *Anthocleista liebrechtsiana*, sont déjà présentes à l'état de plantules et de jeunes plants.

A proximité des rives on peut aussi rencontrer l'une ou l'autre espèce des stades forestiers ultérieurs dont *Crudia harmsiana* et *Uapaca heudelotti*.

Ecologie

Le plan d'eau qui baigne les prairies aquatiques est évidemment fluctuant et comme on le sait, les constituants graminéens — *Vossia* tout particulièrement — sont bien adaptés à ces variations de niveau. Aux très hautes eaux, la prairie est complètement submergée, on la parcourt facilement en pirogue; en période de basses eaux, la nappe peut se réduire à une mince couche de 5-10 cm de hauteur et la prairie devient guéable bien que la progression y soit toujours malaisée. A l'étiage, ce biotope dont le substrat n'est « ni terre ni eau », n'est pas à l'abri des feux courants souvent intentionnels (pêcheurs). Nous avons rencontré, dans les régions de Coquilhatville et d'Irebu, de grandes plages (plusieurs hectares) de *Vossia* dont les chaumes étaient complètement brûlés jusqu'à « rez de vase » (Planche X). Il ne s'agit pas là d'un phénomène exceptionnel, des cas semblables nous ont été rapportés de différentes sources. M. DRAR [117] constate que les feux annuels parcourent les formations à papyrus de la zone du Sudd (Sudan) et détruisent les pionniers arbustifs. P.A. GAY [144], de son côté, signale que dans cette même zone, et plus spécialement dans l'île Zéraf (vaste triangle délimité par le Bahr-el-Djebel, le Nil Blanc et le Bahr-el-Zéraf), des « extensive swamp fires » sont fréquents, particulièrement aux basses eaux; *Vossia* s'y montre moins résistant que *Cyperus papyrus*, au feu (et au pâturage), ce qui pourrait expliquer, localement, sa régression au profit du papyrus. Ces observations et les nôtres infirment donc la thèse selon laquelle les groupements aquatiques et palustres sont totalement à l'abri des feux courants. L'incendie peut donc faire sentir ses effets dès le début de l'hydrosère et modifier considérablement son évolution ultérieure.

Deux autres aspects de l'écologie du *Vossia*, — son degré de rhéophilie et sa tolérance à l'acidité de l'eau, — méritent examen.

On considère généralement que pour atteindre leur plein épanouissement, les prairies à *Vossia* réclament une nappe d'eau profonde et bien aérée. C'est apparemment le cas dans le fleuve aux environs de Yangambi, où les plages de cette graminée, relativement rares et toujours peu étendues,

... n'atteignent leur développement optimal qu'à proximité des chutes ou des rapides, réclamant ainsi une eau profonde et un courant assez rapide ou agité [223].

En fait, la région mentionnée est peu représentative des conditions de la Cuvette. Du reste, à quelques kilomètres plus en aval, de petits lacs (Yandja et Batuku près d'Isangi) à eaux calmes hébergent des prairies à *Vossia* que l'on retrouve aussi dans les « étangs » créés par recouplement de méandres, milieux peu aérés qui jalonnent les biefs inférieurs des rivières du Congo équatorial. Le long du Kasai, du Kwango et du Kwilu, H. VANDERYST [332] relate que ces mêmes prairies

...occupent quelquefois de grandes étendues en eaux tranquilles et relativement peu profondes, même lorsque les cours d'eau atteignent leur niveau le plus élevé.

Des observations faites au Sudan par le Jonglei Investigation Team [194] précisent que les *Vossia* réclament une durée d'inondation dépassant 180 jours par an et qu'ils s'accommodent de forts courants allant jusqu'à 0,68 m/s [86].

En conclusion, la présence du *Vossia* dans des eaux fortement agitées n'implique pas une rhéophilie obligatoire de cette graminée aquatique mais traduit simplement sa grande tolérance vis-à-vis de la vitesse du courant.

Subdivisions de l'association

Le modelé de ces vastes prairies aquatiques n'est pas toujours uniformément plat. Par endroits, des îlots surélevés alternent avec des parties subhorizontales et des plages en dépression; ces légers accidents topographiques déterminent des modifications stationnelles créant ainsi des « niches » dont les caractéristiques écologiques varient en fonction du niveau des eaux.

a) La sous-association à *Hyparrhenia diplandra*

Au sein des prairies à *Vossia*, on trouve occasionnellement des plages en surélévation (0,50-1 m) qui sont colonisées principalement par deux gramens beaucoup moins hygrophiles — *Hyparrhenia diplandra* et *Paspalum commersonii* — auxquels s'associent *Ophioglossum ellipticum*, petite fougère pantropicale des endroits humides et occasionnellement quelques espèces des savanes sèches (relevés 9 et 12 du tableau X).

Ces « levées sableuses » déposées au cours de fortes crues s'exhaussent rapidement; elles bénéficient par rapport au substrat des plages environnantes d'un certain ressuiement et, à la longue, elles finissent par échapper aux crues normales (Planche III, fig. a).

Cette sous-association constitue le premier stade de régression des peuplements à *Vossia* vers des groupements à *Jardinea-Hyparrhenia*, tolérant des durées d'exondaison beaucoup plus longues. Le feu qui les parcourt de temps à autre, annihile toute tentative de colonisation ligneuse et, conséquemment, leur composition floristique évolue vers celle des savanes périodiquement inondées (esôbé rivulaires) qui seront traitées ultérieurement.

Ces lentilles, nettement en relief par rapport à l'ensemble de la prairie aquatique, offrent quelques analogies avec les « toguérés », sortes de petites îles situées dans les plaines inondées du delta central nigérien et hors d'atteinte des crues du fleuve [84]. Elles s'apparentent également aux « tesos » des prairies aquatiques du Bas-Amazone [215].

b) Sociations diverses

Nous réunissons sous cette rubrique des peuplements d'hydrophytes et d'hélophytes graminéens qui peuvent supplanter occasionnellement les *Vossia* dans des conditions encore mal connues.

La caractéristique essentielle de ces sociations est que l'espèce qui les constitue n'admet aucun commensal, autrement dit qu'elle présente une sociabilité élevée, corrélative d'un développement rapide par voie végétative.

La plupart des espèces du cortège de l'association à *Vossia* peuvent ainsi former des groupements monophytiques plus ou

moins étendus à *Brachiaria mutica* (Planche III, fig. b), à *Echinochloa stagnina*, à *Leersia hexandra*, à *Sacciolepis interrupta*, à *Panicum subalbidum* et même, à *Polygonum pulchrum*.

Plus rarement ces mêmes espèces se retrouvent en mélange. Les deux relevés ci-après, effectués dans deux îlots enclavés dans une prairie à *Vossia* (à l'embouchure de l'Ikelemba), intéressent des plages de cette nature.

Îlot de 2 à 3 ares; recouvrement: 100 %; hauteur: 80 cm:

3.5 *Panicum subalbidum*
 3.3 *Brachiara mutica*
 +.2 *Polygonum pulchrum*
 +.1 *Commelina diffusa*
 +.1 *Leersia hexandra*

Bande étroite (5 m) couvrant 2 ares; recouvrement: 100 %; hauteur: 60 cm:

4.5 *Leersia hexandra*
 2.3 *Brachiaria mutica*
 +.1 *Polygonum pulchrum*

Echinochloa pyramidalis, tout en faisant partie du cortège du *Vossietum*, ne forme pas, où très rarement, des sociations importantes dans notre territoire. Moins bien adaptée aux fluctuations du plan d'eau (taille plus basse et rhizomes moins longs que chez *Vossia*), cette espèce ne tolère que des hauteurs de crues assez faibles et, en tout cas, des hautes eaux de courte durée. Tel semble être également le cas en Côte d'Ivoire où R. PORTÈRES [270] constate que

... cet hélophyte colonise tous les atterrissements dont la cote de fond de l'eau ne dépasse pas 60 cm (...) et demande une eau aérée et renouvelée.

Ainsi paraît s'expliquer la rareté de ce graminé dans le fond de la Cuvette (10) et sa plus grande abondance dans le Haut Fleuve.

(10) On le trouve cependant dans certains biefs des rivières à eaux noires (comm. verb. de C. EVRARD) assez loin en amont des embouchures où *Vossia* se raréfie. Les atterrissements sont ici moins importants et les prairies aquatiques se limitent généralement à une frange à *Echinochloa pyramidalis* bordant des savanes amphibies à *Jardinea*.

Un groupement peu fréquent, lui aussi, est la sociation à *Oryza perennis* (11). Dans les rares stations où nous l'avons trouvé (bief Coquilhatville-Irebu), ce graminé est plutôt cespiteux que rhizomateux et ne dépasse guère 1,50 m de haut. C'est à cette même espèce qu'il faut rattacher l'*O. sylvestris* que H. VANDERYST [332] signale comme formant des prairies aquatiques depuis le Stanley-Pool jusque dans le Haut-Kasai.

La rareté des peuplements d'*O. perennis*, dans notre dition, s'explique difficilement. Selon R. PORTÈRES [270], en Côte d'Ivoire, ce riz

... admet des eaux très profondes et de fortes crues même très longues autant que des assècs prolongés.

Bien que ces conditions soient remplies dans la Cuvette congolaise, *O. perennis* n'y est pas fréquent. Faut-il en rechercher la cause dans la composition chimique des eaux?

Au Soudan, dans la zone du Sudd, *O. perennis* et *Echinochloa pyramidalis* sont absents des sites où les profondeurs d'eau en conditions normales dépassent 1,80-2 m. Comme le *Vossia*, ces deux graminées ne sont pas affectées par des vitesses de courant élevées [194].

Types biologiques et distribution géographique

Le spectre biologique pondéré de l'association typique (relevé 1 à 8 du *tableau X*) accuse une dominance complète des géophytes (100 %).

L'ensemble spécifique normal comprend quatorze espèces dont quatre caractéristiques d'association, deux différentielles de la sous-association et sept caractéristiques d'Alliance et d'Ordre.

L'analyse géographique s'établit comme suit:

- cinq espèces pantropicales,
- deux espèces paléotropicales,
- deux espèces plurirégionales africaines,
- deux espèces birégionales africaines,
- trois espèces guinéennes.

(11) D'après D. CHATTERJEE [57], la description de *O. barthii* A. Chev. serait fondée sur un mélange de trois espèces (*O. perennis* MOENCH, *O. breviligulata* A. CHEV. et *O. brachyantha* A. CHEV. et ROEHR). *O. barthii* est à rejeter comme un *nomen confusum*.

On comprend par là que l'association à *Vossia* présente une large distribution en Afrique tropicale. En dehors du Congo, elle est en effet signalée en maints endroits; contentons-nous de citer les peuplements les mieux connus.

Dans le bassin du Nil, F. ANDREWS [6] relate que dans le Nil Bleu, le réservoir de Sennar et les canaux de Gezira, les prairies aquatiques sont essentiellement à dominance de *Vossia cuspidata* et d'*Echinochloa stagnina* qui se retrouvent également dans celles du Nil Blanc (de Khartoum à Juba); ce n'est qu'à partir de Kosti (plus ou moins 13° lat. N) que *Cyperus papyrus* apparaît en abondance, la papyraie reste toutefois mélangée de *Vossia* et parsemée de bosquets d'*Aeschynomene elaphroxylon* et d'*Aeschynomene* spp. Dans la zone du Sudd proprement dit, qui débute au sud de Malakal (9°30 lat. N), *Vossia* est encore représenté à côté d'autres espèces comme *Typha australis* et *Echinochloa pyramidalis*. Plus en amont, le papyrus perd beaucoup de son importance, *Phragmites communis*, *Vossia* et *Echinochloa pyramidalis* se partageant les prairies aquatiques et le groupements marécageux. De son côté, P. GAY [144] mentionne qu'en Uganda, *Cyperus papyrus* et *Vossia* constituent des « extensive swamps » entre Nimule (frontière sudano-ugandienne) et Packwack (déversoir du lac Albert). A propos de l'abondance relative du *Vossia* au Sudan, ce même auteur confirme que les surfaces couvertes par cet hélophyte peuvent être plus importantes que celles sous *Cyperus papyrus*, dans la région du Bahr-el-Ghazal, du Bahr-el-Zeraf et du Sobat.

En Afrique tropicale occidentale, J. TROCHAIN [317] décrit, de la basse vallée du Sénégal, une association à *Vossia cuspidata* et à *Echinichloa stagnina* (bourgoutière) qui, par atterrissement, évoluerait vers des faciès à *Echinochloa pyramidalis* et à *Oryza perennis*; il souligne également les exigences écologiques moins strictes de ce dernier groupement.

Cette même association se retrouve sur le Niger où G. REMAUDIÈRE [272] reconnaît dans les plaines inondables du delta central, des « étages » (franges) de végétation reflétant des durées d'inondation et des profondeurs d'eau différentes. Cet auteur distingue:

— La frange à *Echinochloa stagnina* plus généralement connue sous le nom de bourgoutière (à *Echinochloa stagnina* et *Vossia cuspidata*) qui subit une inondation de 7 mois;

— La frange à *Eragrostis gangetica*: cette espèce et *Oryza barthii* (syn. de *O. perennis*) sont « susceptibles de former des peuplements homogènes à peu près purs sur d'importantes surfaces »; l'inondation ne dépasse pas 6 mois. Ce groupement peut héberger *Echinochloa pyramidalis*;

— La frange à *Vetiveria nigriflora*, dans laquelle *O. barthii* peut transgresser, ne connaît que des inondations de 4 mois.

Dans les mares très profondes de la frange à *Vetiveria*, *Echinochloa pyramidalis* est présent parmi d'autres espèces. Les marigots montrent également une végétation fort mélangée à *Echinochloa stagnina*, *Vossia*, *Paspalidium geminatum*, *Oryza perennis*, *Brachiaria mutica*, etc.

Une répartition assez semblable s'observe aussi dans la vallée du Logone [92].

Dans l'hémisphère sud, des groupements à *Vossia* existent, çà et là, dans des lacs et des cours d'eau. Il s'agit principalement de formes appauvries de l'association-type de la Cuvette congolaise [150, 328] où les fluctuations du plan d'eau sont autrement importantes que dans le Congo oriental.

Au Tanganyika, D. VESEY [347] relate qu'en périphérie du lac Rukwa, *Vossia* prédomine dans les parties en dépression et le long des cours d'eau, et réclame des eaux plus profondes et plus permanentes que les groupements à *Echinochloa pyramidalis* et *Cynodon dactylon*. Les peuplements à *Vossia* y constituent les meilleurs pâturages pour les grands herbivores qui s'y réfugient durant la saison sèche.

En Rhodésie du Nord, *Vossia* est mentionné par H. WILD [356] comme étant une des espèces pionnières des « Sudd » des lacs Bangwelo et Kariba; sur les rives, il constitue des pâturages fréquentés par les hippopotames et le bétail.

Edaphologie

Dans l'ensemble, les vastes prairies aquatiques montrent évidemment assez bien d'hétérogénéité dans leur « profil » et, au

sein de celui-ci, une forte variabilité entre les différents « horizons ». Sous les couches argilo-limoneuses, on retrouve à plus ou moins grande profondeur, le socle sableux primitif.

Aucune différence dans la vitalité des peuplements de *Vossia* n'a pu être observée en fonction de leur substrat: le limonage saisonnier qu'ils subissent suffit sans doute à suppléer à des déficiences éventuelles du substrat, bien que les eaux qui les baignent accusent des teneurs minérales assez faibles.

Le manque d'un matériel approprié n'a pas permis l'exploration d'un profil sous l'association typique à *Vossia*, ni le prélèvement d'échantillons à diverses profondeurs (*Planche II, fig b*). Par contre, l'examen du sol s'est montré beaucoup plus aisé dans la sous-association à *Hyparrhenia*. L'analyse sommaire d'échantillons provenant de ces deux groupements est donnée ci-dessous:

Profil	Profondeur (en cm)	Granulométrie		pH	C %	P ₂ O ₅ mg/100 g	B.E. mg/100 g	N mg/100 g
		Eléments fins (1)	Sable (2)					
1. Association à <i>Vossia</i> (grande prairie de Bosengene-Irebu, sous eau)								
	0- 50	75,8	24,2	3,7	—	—	6,9	—
2. Association à <i>Vossia</i> s/a à <i>Hyparrhenia</i> (grande prairie de Bosengene-Irebu, partie à sec)								
	0- 30	42,8	57,2	4,4	2,3	0,9	1,5	188
	30- 50	43,8	56,2	4,3	0,3	0,9	1,3	58
	50- 65	25,2	74,8	4,0	0,2	1,0	1,0	37
	65-100	15,7	84,3	4,3	0,1	0,8	0,8	17
	100-125	10,8	91,2	4,2	0,1	1,0	0,6	10

(1) De 2 à 200 microns.

(2) De 200 à 2000 microns.

Au point de vue chimique, on note que les teneurs élevées en azote du profil de la sous-association à *Hyparrhenia* se rapprochent des valeurs trouvées généralement sous parasoleraie, formation nitrophile par excellence [201].

Les caractéristiques microbiologiques des alluvions juvéniles du Congo équatorial n'ont pas encore été étudiées. On possède

néanmoins des données sur des formations similaires du bief supérieur (région de Yangambi) où H. LAUDELOUT [201] observe sous un groupement à *Echinochloa pyramidalis* une microflore quantitativement beaucoup plus élevée que dans les formations herbeuses de terre ferme; l'analyse de la composition systématique de cette microflore fait apparaître un pourcentage important de formes actinomycètes par rapport aux formes bactériennes, et une absence de fungi.

5. Le groupement à *Cyperus nudicaulis*

Les nombreux chenaux qui sillonnent les forêts marécageuses de la Ruki et de l'Ikelemba inférieur, sont jalonnés, par endroits, d'un liseré festonné discontinu de petites prairies aquatiques qui confinent directement à la rive boisée ou, le plus souvent, sont accrochées à des îlots de *Cyrtosperma senegalense* ou à des franges de *Vossia*.

Nous groupons ci-après quatre relevés dont trois se situent au centre de la Cuvette tandis que le quatrième a été effectué en périphérie (Isangi).

Distrib. géogr.	Formes biolog.	N° des relevés	1	2	3	40
		Surface (m ²)	10	8	15	20
		Hauteur (cm)	50	60	45	30
		Recouvrement (%)	100	100	100	100
Pl.R.Af	G	<i>Cyperus nudicaulis</i>	5.5	3.3	3.4	1.2
Pant	G	<i>Panicum parvifolium</i>	2.3	3.4	3.3	5.5
G	G	<i>Heteranthoecia guineensis</i>	+ .1	—	+ .1	—
G - Sz	G	<i>Commelina diffusa</i>	1.2	1.2	+ .2	+ .1
Pant	G	<i>Rhynchospora corymbosa</i>	—	+ .2	—	—
Pal	G	<i>Vossia cuspidata</i>	—	+ .2	1.2	1.2
G - Sz	G	<i>Cyrtosperma senegalensis</i>	—	—	—	+ .1
Pant	G	<i>Fuirena umbellata</i>	—	—	—	+ .2

Relevé 1. Bas-Ruki, dans le chenal Bonkele; 5-III-1949.

Relevé 2. Bas-Ruki, dans le chenal Sodji; 7-III-1949.

Relevé 3. Ikelemba inférieur, chenal situé à une dizaine de km de l'embouchure; 10-III-1949.

Relevé 4. Lac Yandja (Isangi), petite île herbeuse; 1-IV-1949.

La composition de ces « prairies » est toujours pauvre et fort constante.

La seule espèce fidèlement liée à ce groupement est *Cyperus nudicaulis*, géophyte à très court rhizome, formant de petites touffes; les autres sont des constituants du *Papyrion* dont *Panicum parvifolium* toujours dominant ou codominant.

L'écologie de ce petit groupement nous est mal connue; les stations à *Cyperus nudicaulis* se rencontrent dans les chenaux à courant très lent, dans des situations peu ensoleillées. En dehors de la région de Coquilhatville, nous l'avons retrouvé dans de petites rivières drainant des forêts marécageuses (rivière Lokombe en aval d'Isangi) et dans des expansions lacustres proches de Yangambi (lacs Yandja et Batuli), dont les eaux sont franchement acides (pH aux environs de 4,5). Cette chorologie nous incline à penser que cette prairie aquatique recherche des eaux calmes, à acidité élevée.

Les « schwimmende Wiesen » à *Paspalum repens* de l'Amazonie [153] offrent quelque ressemblance avec notre groupement.

6. Le groupement à *Cyperus papyrus*

La papyraie très largement représentée dans les eaux de l'Afrique tropicale est, par contre, fort rare dans le centre de la Cuvette: les stations ouvertes (marigots et clairières) en forêt marécageuse sont principalement occupées par des groupements à dominance de *Cyrtosperma senegalense*.

Si nous traitons de ce groupement c'est avant tout pour souligner sa rareté dans nos conditions, et en rechercher la cause.

Chorologie dans la Cuvette

Dans les nombreuses relations traitant de l'exploration botanique de la Cuvette proprement dite, il n'est guère fait mention de l'existence de cette Cypéracée (12). É. LAURENT [107] est le seul auteur qui en signale

(12) Dans l'herbier du Jardin Botanique de l'État à Bruxelles, les échantillons en provenance de la Cuvette sont au nombre de trois (un récolté à Irebu, les deux autres à Yangambi).

... de nombreuses touffes... sur les bords du Congo, non loin d'Irebu.

C'est également aux abords de l'embouchure de l'Ubangi que nous en avons rencontré quelques îlots.

Il faut sortir du fond de la dépression et remonter le fleuve jusqu'aux environs de Bumba pour en trouver de petits peuplements. W. ROBYNS [278] rapporte en effet que

...c'est surtout dans l'Itirimbi, près de l'embouchure, que le *Cyperum* prend une grande extension, sous formes de zones herbeuses accrochées aux rives basses et inondées.

Un fait intéressant mérite d'être rapporté à propos d'un peuplement en cours d'extension le long de la rivière Loeka, affluent de l'Itimbiri.

A quelque 35 km à l'est de Bumba, la route menant à Aketi traverse la large vallée marécageuse de cette rivière. Récemment (1955), l'amélioration de cet axe routier a nécessité la construction d'un ouvrage d'art et d'une importante digue; l'établissement de cette dernière a créé, à l'amont, une vaste zone d'inondation en même temps qu'un relèvement du plan d'eau et un ralentissement de l'écoulement. Cette profonde modification du milieu a provoqué le dépérissement et la mort des essences de la forêt inondée. Une vaste papyraie est en cours d'installation dans cette forêt « noyée ».

Sur le haut Congo, on connaît quelques petites plages à papyrus, notamment au abords de Yangambi. Elles se limitent ici au couloir central du fleuve, sur des îles herbeuses ou en bordure de la forêt ripicole inondée (îles boisées); on en retrouve très peu sur les rives.

Exigences écologiques

L'extrême rareté de la papyraie dans les larges vallées marécageuses de la dépression congolaise, assez surprenante à première vue, nous paraît en rapport avec la nature des eaux. Ceci nous amène à traiter des exigences de cette Cypéracée à l'égard des facteurs écologiques, ou tout au moins à préciser les seuils de certains d'entre eux.

En Afrique tropicale, *Cyperus papyrus* (13) partage principalement deux types d'habitats: les rives des lacs et les vallées marécageuses.

Au Rwanda [228], les grandes vallées marécageuses de l'Akanyaru et de la Nyawarongo hébergent principalement l'association à *Cyperus papyrus* et à *Dryopteris gongylodes* décrite du pied de la Dorsale occidentale du Graben [150].

Dans les lacs rwandais, cette association se réduit à quelques franges rivulaires mais peut devenir importante aux embouchures des rivières (cas de la Nyamatebe notamment). Ces milieux offrent les caractéristiques suivantes [80]:

Sites	pH	Cond. électr.	Alcalinité HCl N/10	Ca	Mg (mg/l)	Cl	O ₂ dissous
Lac Bugesera	9,1	214,8	1,89	26	19	—	9,38
Lac Mohasi (1 m de prof.)	8,35	688	3,29	44	48,2	142	7,81
Rw. Nyamatebe	7,00	555	3,35	73,15	4,13	—	—

H. DAMAS émet l'hypothèse que

... ces formations (à papyrus) contribuent à diminuer la charge en sels (électrolytes) des lacs qu'ils influencent.

Il souligne également la proportion importante de sels alcalins que contiennent ces eaux lacustres: ainsi, « NaCl constitue la moitié de la charge saline du lac Mohasi ». Sur des photographies du Mohasi, on remarque effectivement l'absence de papyrus sur les bords; par contre, à l'embouchure d'un de ces affluents — à eau sans doute moins saline — on en discerne des plages importantes.

Rappelons à ce propos que l'absence des papyrus dans la vallée de la Ruzizi, — en dehors d'un marais alimenté uniquement par des eaux douces, — avait été mise en relation avec la salinité élevée des substrats marécageux [150]. D. VAN DER BEN [328]

(13) On a reconnu différentes sous-espèces dont la valeur taxonomique est fort discutée.

recherchant les causes susceptibles d'expliquer la pauvreté relative des rives des lacs Édouard, Albert et Kivu en formations à papyrus, note que

...cette association fait son apparition à partir d'un pH légèrement inférieur (14) à 8 mais atteint un maximum de vitalité pour des pH voisins de la neutralité ou légèrement acides. (Il estime également que la) concentration élevée en sels (...) est défavorable au développement du papyrus (qui réclame au surplus) un léger mouvement des eaux (...) provoqué soit par un faible courant (...) soit par de lentes fluctuations du plan d'eau, soit encore par des vaguelettes; (il constate d'autre part son absence) sur les berges sableuses soumises à l'action d'un ressac important.

L'Upemba, à l'inverse des autres grands lacs congolais, est bien fourni en papyrus: ses eaux dont le pH oscille entre 6,4 et 7,8 [336], satisfont les exigences de cette Cypéracée.

G. CARTER [54], de son côté, a étudié les « papyrus swamps » de l'Uganda.

Dans la frange végétale entourant les lacs ugandais, il reconnaît la zonation suivante en direction des rives:

— Une zone à *Nymphaea-Ceratophyllum* assez étroite dans des sites où la profondeur d'eau varie de 1,50 à 10 m et plus;

— Une zone à Cypéracées et à Fougères (principalement *Dryopteris*);

— Une zone à papyrus établie dans un plan d'eau dont la profondeur moyenne est d'environ 1,50 m (rarement 3 m);

— Une zone à Graminées hydrophiles colonisant les berges périodiquement inondées.

Le long des rivières au cours marécageux, *Cyperus papyrus* et des peuplements de Graminées se partagent l'occupation du lit d'inondation, mais les conditions qui déterminent la présence de l'un ou l'autre groupement ne sont pas connues. Dans ces vallées marécageuses, le plan d'eau du *Papyretum* est toujours superficiel: en saison des pluies sa profondeur va de 30 à 60 cm; les plages à eau plus profonde sont occupées par l'association à *Nymphaea*.

G. CARTER fournit d'intéressantes données sur la composition physico-chimique de l'eau des différentes zones; elles sont reprises au *tableau XI*.

(14) Dans l'ouvrage cité, il faut lire « inférieur » au lieu de « supérieur ».

S. VISSER [348], dans une étude sur la décomposition des matières organiques dans les franges à papyrus du lac Victoria, fournit pour les eaux de la papyrus des teneurs ioniques très voisines de celles reprises ci-dessus.

E. LIND [230] trouve également des pH de 6,5-6,6 et une conductivité allant de 295 à 320 micr/cm pour l'eau des papyrus de la Kasambya Valley en Uganda. Par assèchement, la vase de ces marais s'acidifiant, les papyrus céderaient la place à *Miscanthidium violaceum* tolérant un pH de 4,5.

J. TALLING [308] à son tour étudie les caractéristiques des eaux du Nil Blanc en différents points de son cours; les données qui ont trait au Bahr-el-Ghazal et au Sobat concernent précisément le Sudd, zone de précellence des groupements à *Cyperus papyrus* et à *Vossia*.

Le tableau XII confronte les valeurs trouvées par cet auteur et celles connues pour des eaux où les papyrus sont très rares sinon absents.

L'existence de franges à papyrus (larges de 5 à 50 m) ceinturant le lac Tchad est également rapportée [155, 184] mais des données sur la composition des eaux manquent. J. TROCHAIN [317] ne signale pas de papyrus parmi les biotopes aquatiques du Sénégal.

Les données reprises aux tableaux XI et XII permettent de circonscrire assez nettement les valeurs de pH, de conductivité électrique (ou de salinité totale) et d'alcalinité, favorables au développement de la papyrus. Elles expliquent son absence dans toute la vaste région des forêts marécageuses du Congo central: l'acidité élevée et son corollaire, des teneurs minérales extrêmement faibles, en sont la cause; la présence sporadique de quelques touffes est un accident local (cas d'Irebu à l'embouchure de l'Ubangi).

L'envahissement par les papyrus des forêts ennoyées de la vallée de la Loeka (Itimbiri) est particulièrement significatif: les eaux de ce bassin ont un pH de 6,8 (15).

(15) A l'appui de cette thèse, on apportera une autre observation. Sur la rive droite de la Tshuapa, en face de Boende, des travaux similaires à ceux réalisés dans la vallée de la Loeka ont nécessité, ici aussi, l'érection d'une digue longue d'environ 15 km. Le dépérissement de la forêt inondée en amont de cette digue

TABLEAU XI. — Composition physico-chimique de quelques eaux ugandaïses
(d'après G. CARTER)

Station	Nature de la formation	pH	K micro mhos/cm	Alcalinité N.10 ⁻⁴	O ₂ dissous	NO ₃ (mg/l)	PO ₄	Cl
Lac Victoria	Eau libre à Jinja (12 m prof.)	8,56	93	988	7,18	—	0	2,5
	Zone à <i>Nymphaea</i>	7,16	96	10,68	5,4	0,1	tr.	2
	Papyrus à 6 m de la frange externe (surf.)	6,63	280	14,8	0	—	0,12	10
	Papyrus à 270 m de la frange interne	6,58	200	13,3	0,15	0,15	0,1	3
	Marais herbeux inondés	7,18	110	6,38	6,36	0,20	0,25	10
Vallées marécageuses	Eau libre	6,80	45	4,16	6,53	0,5	0,04	2
	Papyrus	6,67	62	8,19	0,74	0,12	0	2
	Papyrus (eau stagnante)	6,55	250	28,6	4	0,25	0,07	3
	Marais herbeux (saison sèche)	6,27	1,75	4,96	1,66	0,1	0,05	1
	Marais herbeux (saison des pluies)	6,35	300	8,58	1,53	0,5	0,06	tr.

TABLEAU XII. — Composition physico-chimique de quelques eaux d'Afrique tropicale

Eaux	Degré d'abondance du papyrus	pH	K micro mhos/cm	Alcalin (N10 ⁺)	O ₂ dissous	NO ₃	PO ₄ (exprimé en mg/l)	Cl	Ca	Salinité totale
Sobat (1)	très abondant	6,8	112	15,2	3,4	0,015	0,045	< 2	8,7	—
Bahr-el-Ghazal (1)	id.	7,8	—	21,4	—	—	0,02	< 2	—	—
Lac Albert (1)	très abondant	9	675	81,6	0,04	0,18	18	9	—	508
Lac Kivu (2)	rare	9,2	—	—	6-7,5	0,03	faible	± 35	5 à 15	1 000
Lac Édouard (2)	id.	—	—	—	—	0,1	0,09	27	6 à 10	720
Lac Tanganyika (2)	id.	8,85(3)	—	—	7,3	0	0,02	27	13	602(3)
Grande Ruzizi (3)	absent	9,18	—	—	—	—	—	25	10,3	890
Tshuapa (4)	id.	4,78	15,6	—	—	—	—	0,5	1,8(5)	—
Itimbiri (4)	très abondant	6,79	30,7	—	—	—	—	0,8	4,4(5)	—

(1) D'après J. TALLING.

(2) D'après J. KUFFERATH et I. ELSKENS.

(3) D'après le Service Géologique du Kivu.

(4) D'après A. BERG.

(5) Ca + Mg.

La papyraie ne réclame pas seulement des eaux à composition physico-chimique favorable mais exige également un substrat constamment engorgé. Le fait pédologique suivant semble confirmer cette assertion.

Les eaux du « couloir central » du fleuve à Yangambi ont un pH de 7,36 et rencontrent donc les appétences du *Cyperus papyrus*. Effectivement nous en avons trouvé un petit peuplement qui se partageait avec *Echinochloa pyramidalis*, l'occupation d'une jeune île de 2-3 ha. Cet atterrissement dans le lit ordinaire montrait un « profil » particulier.

Sous la papyraie, un « horizon » sablo-argileux de 80 cm d'épaisseur surmontait une couche de feuilles peu décomposées et très comprimées, de 10-15 cm d'épaisseur; ce matelas imperméable reposait sur le socle sableux du banc. Sous *Echinochloa*, par contre, la couche imperméable manquait. La séparation particulièrement nette des deux peuplements correspondait étroitement au front des deux types de substrats (*Planche IV, fig. a*).

L'influence déterminante de ce matelas organique est manifeste. A l'étiage, il s'oppose au ressuiement du sol par gravité et retient d'autre part les eaux de pluie; il corrige ainsi une déficience texturale temporaire de l'horizon supérieur. Des observations faites dans les Sudd du Nil supérieur corroborent cette assertion: A. MIGAHD [243] constate la mauvaise venue de la papyraie sur les substrats sableux et sa luxuriance sur des sédiments argileux; il explique ce contraste par la trop grande porosité des sables et leur dessèchement en période d'étiage.

II. LES GROUPEMENTS DES BIOTOPES A SUBSTRAT TEMPORAIREMENT EXONDÉ

Les peuplements herbeux groupés sous cette rubrique — savanes amphibies et savanes périodiquement inondées — répondent à des conditions d'ennoiement de durée variable. Ils sont

s'en est suivi mais les eaux humiques acides (pH 4,78) en interdisent l'accès aux papyrus nonobstant l'existence d'autres conditions favorables (plan d'eau profond et courant faible).

connus dans le district de l'Équateur sous le nom d'esôbé, appellation qui s'applique aux formations herbeuses du bord des eaux — esôbé rivulaires — et à celles des interfluves — esôbé intercalaires [151].

Ce sous-paragraphe traitera uniquement des premiers dont la nature est, on l'a vu, fort controversée.

a) *La situation et la physionomie des esôbé rivulaires*

Les esôbé rivulaires sont fréquents sur les rives du fleuve entre Irebu et Gombe et le long des affluents majeurs que le Congo reçoit entre ces deux localités; certaines de ces plaines herbeuses ont d'ailleurs fait l'objet de relations bien antérieures aux nôtres.

Dans la basse Ruki

Au départ d'Eala, nous avons prospecté six de ces plaines herbeuses dont certaines ont été précédemment étudiées par W. ROBYNS [278] (16).

1. *L'esôbé en aval d'Eala - rive droite (n° 1)*

Il n'est séparé de la Ruki que par une bande forestière de 20 à 30 m de longueur. A la pointe des crues, le groupement est au moins partiellement inondé (en décembre 1943 des flaques d'eau hébergeaient quelques alevins). On notera également que cet esôbé a longtemps servi à l'approvisionnement en sable de construction; pour en faciliter l'accès il était régulièrement incendié: des chaumes noircis et des débris ligneux carbonisés attestaient, lors de nos visites, la continuation de cette pratique.

Son substrat sableux se retrouve dans les formations forestières voisines (cf p. 269).

2. *L'esôbé d'Ikongo-Watsa (n° 3)*

Sur la rive gauche de la Ruki et à environ 300 m en aval d'Eala s'étend un deuxième esôbé qui fait actuellement partie du domaine géré par le Jardin d'Essais d'Eala.

J. LOUIS [in 278] a longuement décrit la configuration de cette savane et sa couverture végétale.

(16) La numérotation entre parenthèses renvoie à ce travail.

D'une surface approximative de 5 ha, cet esôbé est en forme de demi-ellipse dont l'axe est perpendiculaire à la rive (*Planche VI*); une bande forestière de 10-15 m de largeur le sépare de la Ruki tandis que sur le reste de son pourtour, il confine à une forêt marécageuse ou périodiquement inondée.

J. LOUIS signale que cet esôbé n'est plus inondé, mais nous l'avons trouvé à différentes reprises (fortes crues) entièrement sous eau.

Le feu parcourait régulièrement cette savane jusqu'en 1943, date à partir de laquelle la moitié ouest a été protégée, tandis que la partie est était brûlée annuellement. Un incendie accidentel a malheureusement ravagé les deux blocs en 1952.

Le substrat est ici nettement argileux. Différents profils examinés se montrent très uniformes:

0 - 11 cm: couche argileuse, noire, très collante, feutrée de racines;

11 - 40 cm: couche argileuse brun noirâtre;

40 - 90 cm: couche gris mastic, quelques infiltrations noires et taches de rouille; racines jusqu'à 50 cm;

90 - 120 cm: couche uniformément gris mastic; nappe phréatique vers 1 m.

3. *L'esôbe en aval d'Ikongo-Watsa*

En aval du précédent et à une centaine de mètres de la rive boisée de la Ruki, on trouve un petit esôbé en forme de fer à cheval et couvrant environ deux ha.

Il n'offre aucune différence édaphique ni floristique avec le précédent; tous deux apparaissent comme d'anciennes prairies aquatiques bordant un même chenal actuellement colmaté. On situe facilement ce dernier par examen stéréoscopique (*Planche VI*) des photographies de la forêt marécageuse qui les sépare; de plus, la forme en fer à cheval de l'un d'entre eux atteste qu'il s'agit d'un ancien méandre.

4. *L'esôbé de Bantoie*

A quelque 800 m en amont d'Eala, sur les terres du village de Bantoie, un petit esôbé d'environ 75 ares est enclavé dans la forêt et distant de la rive d'une centaine de mètres.

Il est entièrement herbeux et porte une savane à *Hyparrhenia*. La présence d'espèces rudérales fait présumer que cet esôbé a subi des remaniements (proximité du village, endroit de sépulture?); la texture du sol est analogue à celle de l'esôbé d'Ikongo-Watsa.

5. L'esôbé de Benkole

Un peu en aval du village de Bosole, sur le chenal Sodji (bras de la Ruki), il existe un esôbé d'une quinzaine d'ha qui jouxte la rive et dont le grand axe est parallèle à celle-ci. Un chenal drainant sa partie nord-est est bordé de petits îlots à *Raphia*, *Oubanguia* et *Anthocleista*. La bande forestière qui sépare habituellement l'esôbé de la rive est fort étroite et discontinue: du côté ouest notamment, une mince frange de *Vossia* la remplace; ailleurs, le sapement du courant rajeunit continuellement la berge et le groupement à *Hyparrhenia diplandra* s'étend jusqu'à la rive abrupte (faciès d'érosion).

La configuration générale de cet esôbé ainsi que l'emplacement des noyaux de colonisation forestière et des profils sont reproduits sur la *figure 6*. Une coupe pédologique suivant un axe transversal montre l'hétérogénéité de son substrat, en rapport avec les phases d'alluvionnement; un socle sableux homogène (sable gris ou blanc) est localement surmonté d'un horizon argileux compact (gley) recouvert ou non d'un horizon superficiel sableux et de teinte gris sale.

L'*Hyparrhenia* occupe indistinctement les plages sableuses et argileuses; une association à *Selaginella-Lycopodium* colonise les cuvettes mal drainées des parties en dépression.

Cet esôbé est inondé aux hautes eaux et parcouru par le feu en saison d'étiage (*Planche VIII, fig. a et b*).

6. L'esôbé de Bokanga (n° 2)

Il s'étend sur la rive droite de la Ruki, à environ 5 km en amont d'Eala, et couvre quelque 10 ha; une bande forestière de 50-60 m de largeur le sépare de la rive; son grand axe est sensiblement parallèle à la rivière.

Cette savane diffère des précédentes par la présence de quelques termitières assez élevées (3-4 m de haut) qui se situent dans

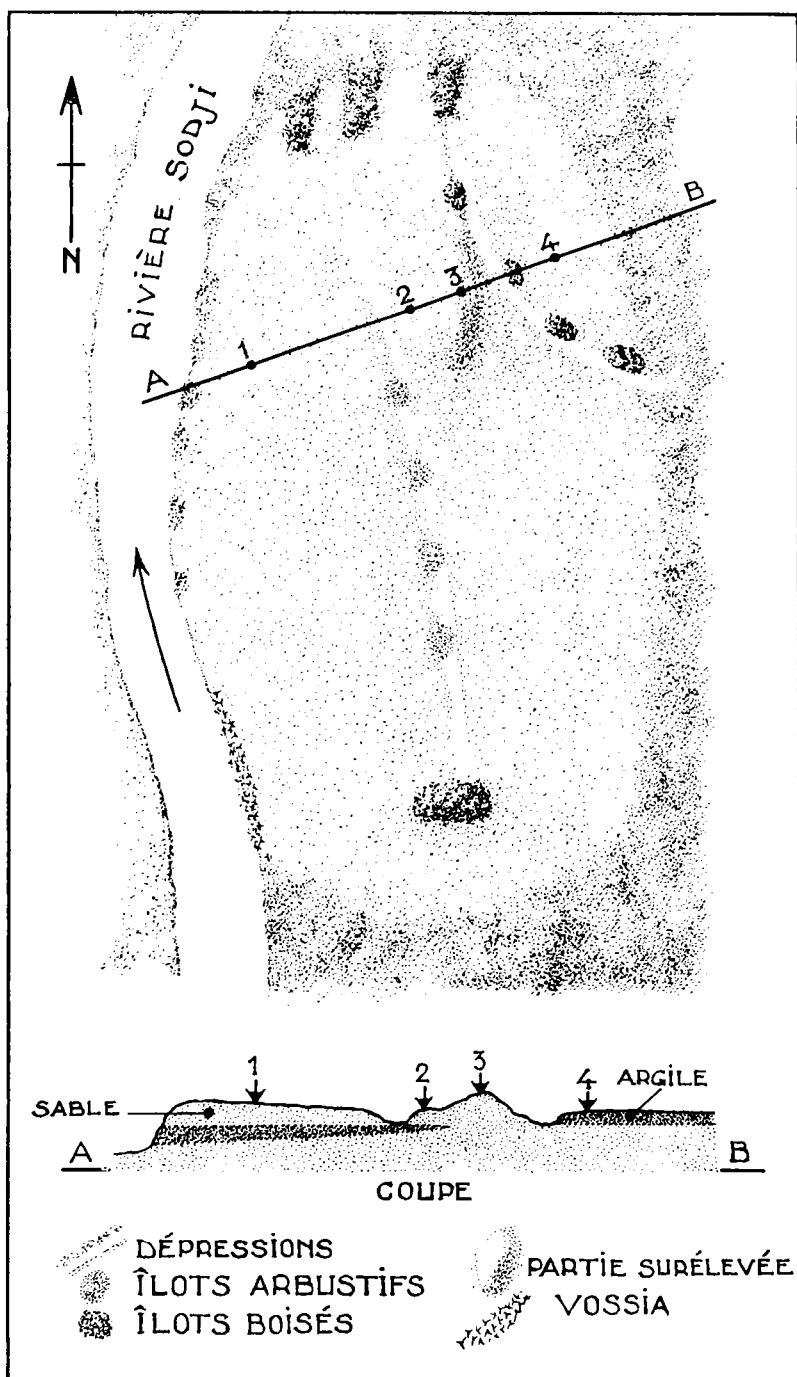


FIG. 6. — Esobé de Benkole. Configuration générale.

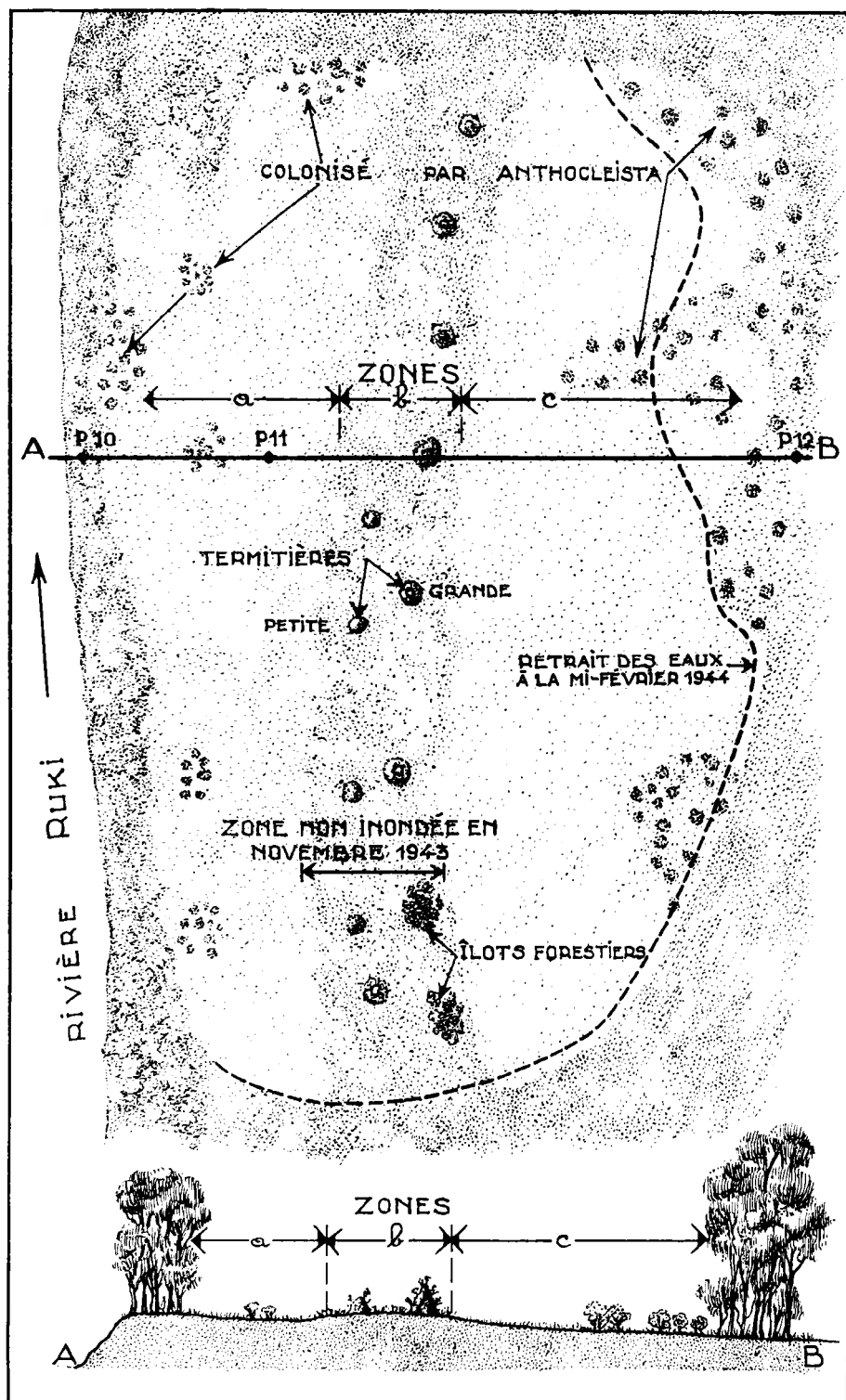


FIG. 7. — Esobé de Bokanga. Configuration générale.

la partie médiane soustraite à l'inondation temporaire que connaît le reste de l'esôbé. Deux îlots forestiers existent à l'extrémité amont de la zone à termitières. La *figure 7* reproduit la configuration assez particulière de cet esôbé à dominance d'*Hyparrhenia*.

La prospection pédologique s'est étendue aux formations forestières périphériques; les caractères du substrat seront analysés plus loin (p. 273).

Dans l'Ikelemba inférieure

L'Ikelemba que nous avons remontée jusqu'au village de Bondo (à plus ou moins 18 km de son embouchure) porte sur ses rives de nombreux groupements à *Jardinea* dont certains couvrent plusieurs centaines d'ha. C'est le plus souvent en bordure de ces savanes amphibies, ou plus rarement au sein de celles-ci, que se rencontrent des plages légèrement surélevées à dominance d'*Hyparrhenia*.

A l'époque de nos prospections, le manque de documents cartographiques suffisamment précis n'a pas permis de situer l'emplacement exact de ces esôbé rivulaires; ceux des abords du village sont aisément repérables.

7. Les esôbé d'Ikanga et de Mbombe

Ils comprennent d'importants peuplements à *Jardinea* alternant avec des plages de surface plus modeste (10-15 ha et moins) sous *Hyparrhenia*; une bande boisée de 15-20 m de largeur les sépare de la rive.

Leur substrat fortement argileux montre, par endroit, un horizon de surface plus léger: c'est surtout sur ce type de sol que l'*Hyparrhenia* se rencontre.

8. L'esôbé de Bondo

Couvrant plus de 100 ha, cette savane dont le couvert a été en grande partie remanié, comporte trois parties:

— Une première, située vers l'aval, est principalement sous *Hyparrhenia*, un chenal (à sec en février 1944) comporte quelques îlots arbustifs; une large bande d'*Imperata cylindrica* le sépare de la forêt périphérique;

— Une deuxième englobe le village proprement dit, des champs de manioc (établis sur billons) et des recrues forestiers;

— Une troisième a subi de profonds remaniements par suite de l'installation d'une plaine d'aviation (actuellement abandonnée): en arrière d'une savane à *Hyparrhenia*, s'étend une formation à *Imperata cylindrica* en cours de reforestation naturelle; il semble que certaines plages à *Imperata* — graminée qui réclame des sols relativement aérés — correspondent à des défrichements culturels assez récents.

Une légère pente se dessine de la forêt périphérique en direction de la rive; les parties sous *Imperata* sont en effet plus sèches que la savane à *Hyparrhenia*, toutefois la nature du substrat est sensiblement la même sous les deux groupements: sablo-argileux en surface et argileux en profondeur.

Le long du fleuve entre Coquilhatville et Irebu

Sur les rives du Congo, les esôbé sont surtout abondants en aval de Coquilhatville et plus particulièrement aux environs d'Irebu, à la zone de confluence de l'Irebu (déversoir du lac Tumba) et de l'Ubangi.

9. L'esôbé d'Ikengo (n° 6)

A quelque trente km en aval de Coquilhatville, un esôbé de 50-60 ha borde la rive gauche du fleuve. Cette savane et les formations forestières périphériques ont fait l'objet d'une prospection pédologique assez détaillée; les emplacements des profils sont reportés sur la *figure 8* établie d'après la photographie aérienne reproduite à la *Planche IX*.

10. L'esôbé d'Ilema

Ce petit esôbé de quelques ha, enclavé dans une forêt marécageuse située au sud de Wendji, n'est autre qu'une ancienne prairie aquatique détachée d'un chenal par recoupement d'un méandre; il appartient au bassin de la Pandza, rivière débouchant dans le fleuve en aval d'Ikengo.

Dans cette savane marécageuse, les dépressions hébergent un groupement à *Sphagnum*; quelques barres de sable grossier bien

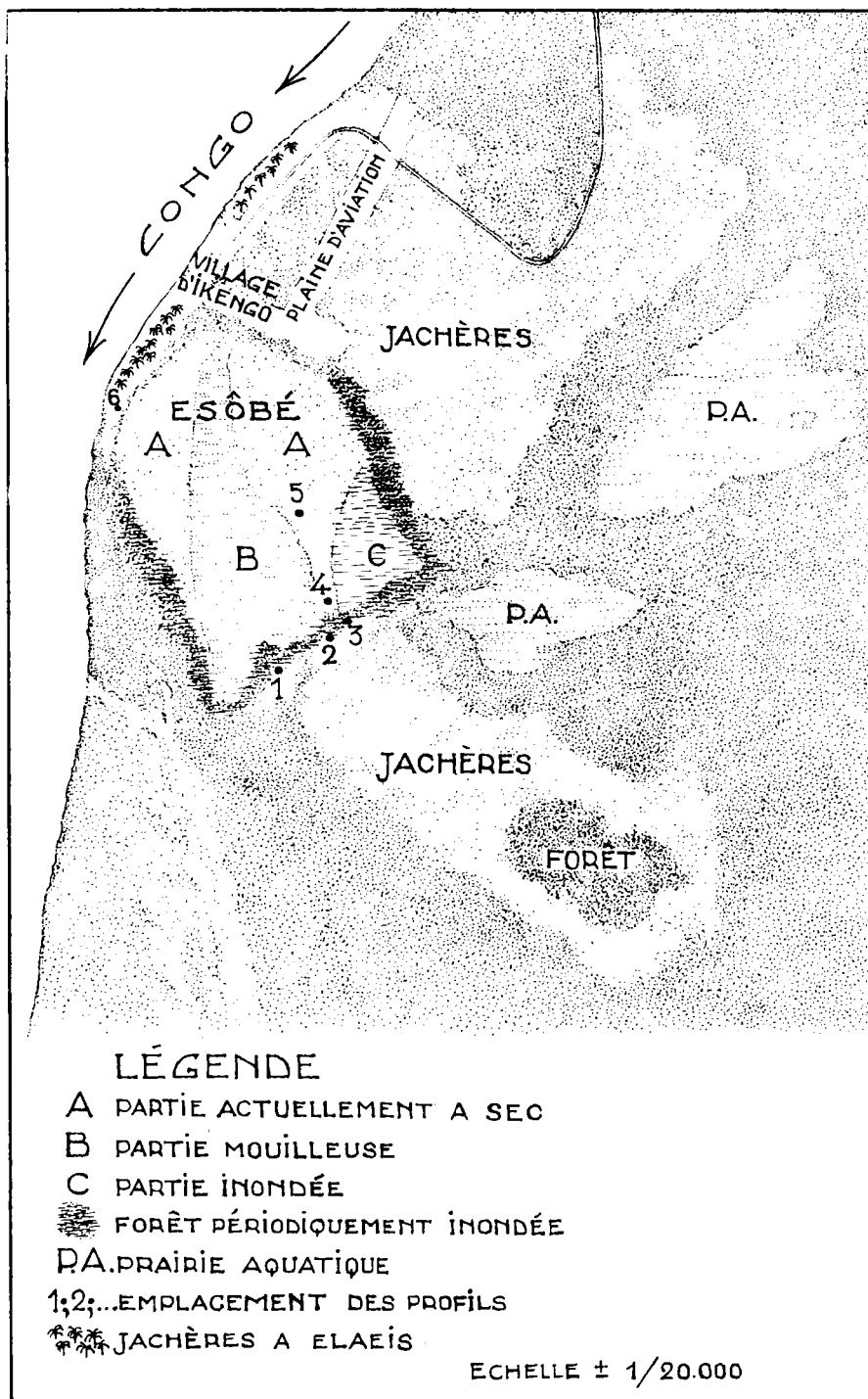


FIG. 8. — Région d'Ikengo (Wendji). Esobé et formations avoisinantes.

drainé aux basses eaux (nappe phréatique à 1,25 m), portent un groupement à *Hyparrhenia diplandra*.

11. L'esôbé de Mondjéro

Il s'agit d'un esôbé « insulaire » situé en aval d'Irebu à 300 m de la rive; il est peu étendu (environ 2 ha) et adjacent à une des nombreuses îles qui parsèment le fleuve à cet endroit de confluence. Sa berge libre porte une frange de *Vossia* interrompue, çà et là, par quelques plages de *Cyperus papyrus* ou par de petits îlots d'*Anthocleista liebrechtsiana* et de *Stipularia africana*.

Aux basses eaux, son substrat complètement ressuyé montre un profil franchement sableux: un horizon superficiel de sable gris sale passe vers 20-25 cm de profondeur à un sable grossier pratiquement pur; la nappe phréatique n'est pas atteinte à 1 m de profondeur.

La végétation à *Hyparrhenia* venait d'être incendiée par endroits peu de temps avant notre passage (mars 1944); quelques ligneux sont présents dont *Cassipourea congoensis* (sujets de 3-4 m de haut) et, à l'état de plants et de plantules, *Parinari congoensis*, *Crudia* sp. et *Uapaca* sp.

12. L'esôbé de Mbuya

Sur la rive gauche du Congo, à environ 1 km en aval d'Irebu, une grande savane périodiquement inondée couvre quelque 200 ha; elle n'est séparée du fleuve que par une bande forestière de 40-50 m de largeur, interrompue localement par des plages à *Vossia* où à *Oryza*.

Au début de mars 1944, cette plaine était partiellement incendiée. L'*Hyparrhenietum* domine sauf en périphérie où une mince frange à *Jardinea* borde la forêt marécageuse. Le relief « en ados » se retrouve ici; un réseau de ruisselets superficiels assure l'écoulement des eaux à l'étiage.

Différents profils examinés montrent un substrat très uniforme sur toute l'étendue de cette savane; on reconnaît les horizons suivants:

— 0 à 20 cm: couche argilo-sableuse brun noir à noir, racines abondantes;

- 20 à 60 cm: couche argileuse gris mastic avec nombreuses taches de rouille, radicelles de graminées encore présentes;
- 60 à 100 cm: couche argileuse gris mastic, plus claire;
- 110 cm: nappe phréatique.

13. *L'esôbé de Bosenda*

Il est situé à l'ouest du précédent et n'en est séparé que par un chenal marécageux; sa surface est de l'ordre de quelques dizaines d'ha.

Floristiquement et édaphiquement, il rappelle l'esôbé de Mbuya.

14. *L'esôbé de Botunu*

Ce vaste esôbé, qui couvre plusieurs centaines d'ha, s'étend en aval des deux précédents. Des plages à *Jardinea* alternent avec des parties sous *Hyparrhenia*.

Cette plaine, partiellement sous eau lors de notre visite, n'a pu être explorée en détail; son sol est argileux dès la surface.

Sur la rive est du lac Tumba

15. *Les esôbés de Mbolo et de Tondo*

Ces plaines ont été explorées et décrites par les chercheurs de l'IRSAC à Mabali et plus particulièrement par P. DEUSE [98]; nous n'avons visité que l'esôbé de Mbolo.

Leur localisation topographique (cf carte n° 2 du mémoire de P. DEUSE) et l'absence d'une carapace latéritique confirment bien qu'il s'agit, partiellement du moins, de savanes assez récentes à classer dans les esôbé rivulaires. Toutefois, la présence d'un horizon superficiel riche en charbon de bois [38] dans certaines plages sèches fait présumer que ces emplacements ont porté jadis une végétation forestière. Il est vraisemblable d'admettre que les clairières herbeuses sur alluvions récentes ont été agrandies par des défrichements sur substrat plus ancien avec cailloutis latéritique en profondeur. Il s'agirait donc de formations d'origine mixte: des îlots de savanes « dérivées » (esôbé intercalaires) se seraient adossés à des savanes « primitives » (esôbé rivulaires).

b) *Le microclimat des esôbé rivulaires*

W. ROBYNS [278] répondant à une opinion émise par É. DE WILDEMAN [109] à savoir que « la chute d'eau est souvent plus faible » dans les clairières herbeuses, estime cette assertion non fondée au vu des hauteurs pluviométriques enregistrées à Eala en 1935, et déclare que

...les esôbé ne correspondent pas à un microclimat local d'autant plus que leurs étendues sont très restreintes et que l'on ne voit pas en quoi pourrait consister ce microclimat aérien.

Des valeurs éoclimatiques fort détaillées enregistrées dans différents biotopes (esôbé sec et humide, clairière et forêt) avoisinant le lac Tumba, sont fournies par J. MOUREAU [246]. Sur la base de mesures comparatives et simultanées faites en 1956, dans 4 stations, cet auteur est amené à conclure que les microclimats des savanes herbeuses (esôbé) sont assez nettement différenciés de ceux des biotopes forestiers et se caractérisent par:

- ...1° Des températures diurnes de l'air et du sol très élevées;
- 2° Des températures nocturnes de l'air nettement plus basses;
- 3° Des écarts entre les températures diurnes et nocturnes de l'air beaucoup plus considérables;
- 4° Des déficits de saturation diurnes beaucoup plus élevés et des écarts entre déficits diurne et nocturne beaucoup plus marqués;
- 5° Une pluviosité nettement moindre.

Si les quatre premières conclusions se comprennent aisément (effet de rayonnement, mouvements de convection plus intenses en clairières), la cinquième étonne davantage. Comme elle renforce notamment l'argumentation des partisans de l'action dépressive des déboisements sur la pluviosité, elle mérite qu'on s'y arrête plus longuement.

Les hauteurs annuelles d'eau sont les suivantes:

- | | |
|--|------------|
| — Valeurs (enregistrées) à découvert dans l'esôbé (partie tourbeuse) | 1355,7 mm; |
| — Valeurs (enregistrées) à découvert dans l'esôbé (partie sèche) | 1380,5 mm; |
| — Valeurs (enregistrées) à découvert dans une clairière artificielle | 1418,4 mm; |

- Valeurs (enregistrées) sous forêt 1246,7 mm;
- Valeur (calculée sur la base d'un coefficient d'interception du couvert de 20 %) au dessus du dôme forestier 1557,4 mm.

Ces chiffres et la conclusion qu'en tire l'auteur appellent les remarques ci-après:

Si, au lieu du rapport pluviosité forêt/pluviosité esôbé, on considère les hauteurs de pluie dans la clairière (étendue?) et dans l'esôbé, la déficience pluviométrique annuelle dans cette dernière station oscille entre 2,7 et 4,5 %.

Si on se réfère au chiffre de pluviosité (calculé) au dessus du dôme arborescent, l'écart entre les deux stations (esôbé et forêt) est alors de 11,8 à 13,5 % en faveur du couvert forestier.

Ces différences ne peuvent être tenues pour significatives. En effet, d'une part on ne s'est livré à aucun échantillonnage (1 pluviomètre par station) et d'autre part, même acceptés comme tels, ces écarts se montrent être inférieurs aux variations admises dans ce genre de mesures et qui sont de 5 % entre les pluviomètres d'un même site et de 20 % et plus pour les variations entre différents sites dans une même région [292, 231, 166].

Au demeurant, on dispose pour la Cuvette congolaise de données récentes qui soulignent non seulement la nécessité de recourir à un dispositif d'échantillonnage serré pour juger de la précipitation dans les clairières forestières mais aussi le caractère erratique des averses équatoriales. Ainsi, dans des trouées de régénération établies en forêt équatoriale à Yangambi, É. MAUDOUX (communication verbale) est arrivé à la conclusion qu'il faut mettre en place une cinquantaine de pluviomètres pour obtenir une valeur de pluviosité suffisamment proche de la réalité tandis que F. BULTOT [42] signale que dans les environs de cette même station, sur

...une surface de 116 km² (...) pourvue de 15 pluviomètres, on a enregistré en 1954 un minimum de 1745 mm et un maximum de 2072 mm, sur 715 km², avec 10 pluviomètres: 1745 et 2117 mm.

Toujours à ce propos, H. B. RYCROFT [291] rapporte des constatations faites en Afrique du Sud sur une surface d'environ

25 ha. Pour obtenir une moyenne de la pluviosité, avec une marge d'erreur de 2,5 %, il faut de 9 à 553 pluviomètres pour les hauteurs mensuelles et de 13 à 31 pluviomètres pour les hauteurs annuelles.

Ces relations confirment le caractère assez hardi de la conclusion de J. MOUREAU touchant « la pluviosité nettement moindre en esôbé qu'en forêt », caractère qui ne lui a d'ailleurs pas échappé puisqu'il reconnaît la nécessité d'interpréter ses données avec « une prudente réserve », d'autant plus grande qu'elle ne porte que sur une année (1956) qui, au surplus, paraît exceptionnelle sous le rapport de la pluviosité: juillet étant complètement sec.

P. DEUSE [98] traite en détail du climat de Mabali au cours des années 1954 et 1955. Il s'est attaché également à préciser les facteurs microclimatiques caractérisant les savanes herbeuses en se référant aux données de l'année 1956.

Ses conclusions qui, dans leur ensemble, rejoignent celles présentées par J. MOUREAU [246] sont complétées par des données sur le rayonnement. A propos de ce facteur, P. DEUSE relate dans ses conclusions que

...le rayonnement journalier moyen reçu par les esôbé n'est que de 83 % de celui reçu par la forêt: esôbé, 182 cal.g/cm² — forêt, 218 cal.g/cm².

Devant le caractère inattendu de cette constatation, à savoir qu'une clairière herbeuse de quelques ha reçoit moins de rayonnement que la forêt qui l'entoure, nous sommes remonté aux prémisses de ce raisonnement c'est-à-dire aux valeurs trouvées dans les 4 stations (p. 50); elles sont les suivantes:

Beach	Esôbé humide	Esôbé sec	Sous-bois forêt
218	182	191	13,2

Le rapport 182/218 cal.g/cm² (83 %) exprime en fait la relation entre le rayonnement dans une clairière herbeuse de l'intérieur (esôbé) et le rayonnement à la station du beach (clairière « ouverte dans la forêt qui couvre la rive du lac Tumba »), emplacement influencé, comme le souligne l'auteur, « par la

présence d'une nappe d'eau importante ». Le rayonnement au dessus d'un plan d'eau peut difficilement se comparer à celui qui est enregistré en surface d'un dôme feuillé: la proportion réfléchie (coefficient d'albédo) sur une surface d'eau quasi immobile est autrement importante que celle qui est renvoyée par une végétation de teinte généralement foncée.

D'une façon générale on peut conclure que les clairières en forêt, quelles que soient leur origine et leur nature, jouissent de conditions microclimatiques qui diffèrent sensiblement de celles prévalant dans la forêt périphérique. Fort à propos, H. SCAETTA [294] rappelle

...qu'une clairière est une aire où l'on a fait disparaître l'air confiné de la masse dense préexistante. De ce fait, l'air libre est au voisinage du sol dont il n'est séparé que par la strate graminéenne. Il s'ensuit une circulation convective au dessus de la clairière, des écarts sensibles de la température et de l'humidité relative journalière, des condensations (rosées) irrégulières; de plus, les brouillards ne stationnent habituellement pas au dessus des clairières d'une certaine étendue.

c) *La végétation des esôbé rivulaires*

1. L'association à *Jardinea congoensis*, ROBYNS 1936

L'Ikelemba et la Ruki, dans leur cours inférieur du moins, déroulent leurs méandres arrondis dans une large vallée dont les rives portent d'importants peuplements à *Jardinea congoensis* et à *J. gabonensis*.

Après la prairie aquatique à *Vossia*, c'est le groupement le plus commun des eaux du centre de la Cuvette. Il recherche les eaux calmes du lit majeur alimenté par débordement et s'adosse fréquemment à des peuplements de *Vossia* établis dans les eaux du lit ordinaire.

Cette savane amphibie est purement herbeuse, pratiquement unistrate et entièrement dominée par les *Jardinea* cespiteux dont la taille dépasse souvent 1,50 m de haut.

Le *tableau XIII* groupe sept relevés.

TABLEAU XIII. — Association à *Jardinea congoensis*, ROBYNS 1936.

A			B	C	D	E	F	G	H
Distribution géographique	Formes biologiques	N° de relevés	1	2	3	4	5	6	7
		Surface (m²)	100	100	100	100	150	100	100
		Strate supérieure							
		Hauteur (cm)	125	175	160	175	150	125	125
		Recouvrement (%)	100	100	100	100	100	100	90
		Strate inférieure							
		Hauteur (cm)	20	25	15	20	30	20	20
		Recouvrement (%)	< 10	65	5-10	< 10	< 10	< 10	< 10
G G G G Pal G - Sz Pl.R.Af Pant Pant G (Ch.l) G Pal Pant G-Sz Pal Pl.R.Af G G-Sz Pant G-Sz Pal G-Sz G-Sz	H G H T G G Ch.l. T G T Ch G	<i>Caractéristiques de l'association</i>							
		Jardinea congoensis } Jardinea gabonensis } Ystia stagnina (Andropogon brazzae)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.1	+ 1

TABLEAU XIII (Suite.)

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>Pionniers arbustifs et arborescents</i>								
<i>Clappertonia ficifolia</i>	+ 1	+ 1			+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
<i>Melastomastrum segregatum</i>			+ 1			1.2	+ 1	
<i>Anthocleista liebrechtsiana</i>			+ 1				+ 1	+ 1
<i>Parinari congensis</i>	+ 1			+ 1		+ 1		
<i>Uapaca heudelotii</i>			K			+ 1		K
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	K					+ 1		
<i>Anthocleista schweinfurthii</i>			K			K		
<i>Harungana madagascariensis</i>				K				2.1
<i>Macaranga sp.</i>					K			+ 1
<i>Stipularia africana</i>			+ 1					

Relevé 1. Embouchure de l'Ikelemba; plage à *Jardinea*, dans une vaste prairie à *Vossia* (80-100 ha); 25-II-1949.

Relevé 2. Rivière Ikelemba à quelque 10 km de son embouchure et sur la rive gauche; petite prairie avec plages à *Jardinea*; 25-II-1949.

Relevé 3. A 3-4 km en amont d'Irebu, grande prairie de Bosengene couvrant plusieurs dizaines d'ha; groupement à *Jardinea*; 3-III-1944.

Relevé 4. A 2,5 km en amont de l'embouchure de l'Ikelemba et sur la rive droite: plaine de 300 à 400 ha actuellement à sec; plage à *Jardinea*; 13-II-1949.

Relevé 5. Entre Ingende et Lolo, rivière Ruki; île à *Jardinea* en voie de colonisation par des ligneux, drainée par un chenal central à *Vossia cuspidata*; 10-XII-1957.

Relevé 6. A 2,5 km en amont de l'embouchure de l'Ikelemba et sur la rive droite; plaine de 300 à 400 ha (actuellement à sec) parsemée de quelques îlots forestiers de 1 à 2 ares; groupement à *Ystia stagnina* avec quelques rares *Vossia*; 13-II-1949.

Relevé 7. Même emplacement et à quelque 300 m du relevé 6; 10-XII-1957.

Examen du tableau

Les caractéristiques nous paraissent limitées aux quatre espèces suivantes:

— *Jardinea gabonensis*, espèce éminemment sociale et fortement cespiteuse, est une grande Andropogonée largement distribuée dans la Région guinéenne et plus particulièrement à sa périphérie;

— *Jardinea congoensis* (17), semblable par son écologie et sa distribution à l'espèce précédente, lui est toujours associée; il émigre parfois dans les savanes humides mais n'y forme jamais de vrais peuplements;

— *Ystia stagnina*, espèce limitée au Secteur Forestier Central et à ceux du Bas-Congo et du Kasai, est beaucoup plus rare mais peut occasionnellement supplanter les deux *Jardinea* (relevés 6 et 7);

— *Andropogon brazzae*, représenté sporadiquement dans le Bas-Congo, le Kasai et le Haut-Katanga, a été récolté en dehors de nos relevés; ses appétences écologiques nous incitent à le considérer comme appartenant à notre groupement.

Des relictés des la prairie aquatique s'y retrouvent:

Vossia cuspidata, *Panicum subalbidum*, *Sacciolepis interrupta*, *Brachiaria mutica*, ainsi que des représentants des lieux humides.

Hyparrhenia diplandra et *Paspalum commersonii* sont des témoins du caractère temporaire de l'inondation.

Ecologie

A la pointe des crues, le groupement peut être complètement inondé; aux basses eaux, le sol se ressuie en surface et la nappe phréatique descend assez bas (30 à 40 cm et même davantage). Tout comme les prairies à *Vossia*, l'association à *Jardinea* subit donc saisonnièrement un véritable limonage, les dépôts devenant de plus en plus fins en raison inverse de la durée d'immersion et de l'épaisseur du plan d'eau qui la submerge. A l'étiage, qui correspond pour la région à la période de moindre pluviosité,

(17) Comme l'écrit W. ROBYNS [276], « ces deux espèces sont tellement affines. qu'il est parfois malaisé de les distinguer »; ceci explique que nos coefficients d'abondance-dominance sont donnés globalement pour ces deux constituants.

cette savane peut brûler: une certaine minéralisation de l'horizon de surface est ainsi périodiquement assurée. Le développement optimal de notre groupement connaît donc une exondation saisonnière suffisante pour permettre l'incendie.

Le microrelief de ces plaines herbeuses s'observe le mieux après le passage des feux. Une configuration en dos d'âne s'y retrouve bien souvent (cf p. 118). Cette topographie facilite, en période d'étiage, l'écoulement des eaux. Il importe en effet de rappeler ici cette particularité topographique qui conditionne l'écologie de cette savane amphibie: elle est donc baignée de façon intermittente par un plan d'eau variable qui disparaît complètement à l'étiage.

Il est possible d'ailleurs que *Ystia stagnina* exige des conditions de ressuiement plus marquées. Les emplacements des relevés 6 et 7 correspondent à des plages légèrement surélevées par rapport aux *Jardinea* environnants; on notera en outre une plus grande abondance de l'*Hyparrhenia* et la rareté des héliophytes.

Types biologiques et distribution géographique

Le spectre biologique pondéré accuse une dominance exclusive des hémicryptophytes du type cespiteux, ainsi qu'il ressort des données ci-après:

Spectre	Ph	Ch.	H.	G.	T.
brut	13	17	22,4	34,6	13
pondéré	0,1	0,2	99,3	0,3	0,1

L'ensemble spécifique normal comprend neuf espèces dont:

- 4 guinéennes;
- 1 paléotropicale;
- 1 birégionale africaine;
- 1 plurirégionale africaine;
- 2 pantropicales.

Il s'agit bien d'une association à caractère guinéen dont on retrouve des variantes en divers points du territoire congolais. Au Kwango, dans les vallées périodiquement inondées, une association à *Jardinea congoensis* et *Geniosporum paludosum* [100] est vraisemblablement apparentée à notre groupement. Dans le Secteur Forestier Central, P. DEUSE [98] décrit, des rives du lac Tumba et de l'embouchure de la Bembe, de petits « esôbé » dont

le grand axe est parallèle aux rives du lac ou du cours d'eau. Ces groupements sont à dominance soit de *Jardinea gaboensis*, soit de *Schizachyrium kwiluense* (syn. *Ystia stagnina*), et paraissent correspondre à des individus fragmentaires ou « pollués » de l'association à *Jardinea* précédemment décrite.

Nous rattachons à ce groupement l'association à *Schizachyrium kwiluense*, DEUSE 1960; la description qu'en donne l'auteur ne nous permet guère de l'en séparer; il s'agit, écrit-il,

...d'un groupement tourbeux exondé (...) installé sur des sols de tourbe noire peu épaisse mais très aqueuse. L'eau y est généralement courante. Le pH est de 5,0 (...); nous n'avons pas trouvé de *Sphagnum* dans ces emplacements.

Edaphologie

La nature du substrat est nettement argileuse jusqu'à une profondeur plus ou moins grande et l'horizon superficiel est caractérisé par une teneur élevée en carbone. Nous reproduisons ci-dessus l'analyse des échantillons de deux profils; le second représente un gley argileux déposé dans une anse calme.

Horizons (cm)	Eléments fins	Sables	pH	C (%)	P205 mg/100 g	Bases échan- geables mg/100 g
Association à <i>Jardinea</i> (relevé 1)						
0 - 20	54,3	45,7	4,1	9,4	0,5	1,1
20 - 65	29,2	70,8	4,0	0,5	1,6	1,1
65 - 85	1,2	98,8	4,0	0	1,0	0,2
85 - 175	0,7	99,3	4,1	0	0,7	0,2
Association à <i>Jardinea</i> (Ruki)						
0 - 20	84,1	15,9	4,0	7,3	4,0	2,6
20 - 40	84,6	15,4	4,1	0,5	0,7	1,6
40 - 70	±90	±10	3,7	0,3	0,6	1,5

2. L'association à *Hyparrhenia diplandra* et *Setaria restioidea* (*Hyparrhenietum diplandrae*, ROBYNS 1963)

La végétation des savanes herbeuses temporairement inondées est à dominance d'*Hyparrhenia diplandra*, et répond à l'asso-

ciation que W. ROBYNS [278] a désignée sous le nom d'*Hyparrhenietum diplandrae* (18).

On sait que cette grande Andropogonée, largement répandue dans toute la Région guinéenne, occupe une place majeure dans nombre d'associations savaniques du nord et du sud de la forêt équatoriale congolaise. J. LEBRUN [221] a groupé ces associations dans un même Ordre: l'*Hyparrhenietalia diplandrae*.

Physionomiquement, les esôbé rivulaires rappellent certaines savanes guinéennes purement herbeuses (*Planche VII, fig. a et b*). La stratification peut s'y ramener, dans la plupart des cas, à deux strates:

— Une strate supérieure où, à côté de quelques rares chaméphytes, domine quasi exclusivement *Hyparrhenia*; les constituants de cette strate s'étagent entre 60 et 125 cm de hauteur;

— Une strate inférieure (et humifuse) qui comprend principalement des Cypéracées cespiteuses et des thérophytes grêles; sa hauteur ne dépasse guère 30-40 cm à son stade de développement maximal.

Floristiquement cette savane équatoriale se montre beaucoup plus pauvre que les groupements à *Hyparrhenia diplandra* des marges de la grande forêt congolaise.

Nous réunissons dans le *tableau XIV* quinze relevés effectués dans ces savanes temporairement inondées.

Examen du tableau

Parmi les constituants floristiques, nous retenons comme caractéristiques:

— *Hyparrhenia diplandra*, à valeur sociologique purement locale;

— *Setaria restoidea*, espèce guinéenne principalement connue au Congo dans les savanes du centre de la Cuvette, est une caractéristique élective;

— *Bulbostylis laniceps*, Cypéracée à distribution guinéenne et soudano-zambézienne, est connue, en région forestière, comme pionnière des substrats sableux ou humides.

(18) *Hyparrhenia diplandra* ayant rang de caractéristique d'Ordre, il est indiqué, si l'on veut maintenir cette appellation première, de la compléter en lui adjoignant le nom d'une caractéristique élective: *Setaria restoidea*.

TABLEAU XIV. — Association à *Hyparrhenia diplandra* et *Setaria restioidea*

		Numéros des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Distribution géographique	Formes biologiques	Surface (m ²)	25	25	25	100	100	100	100	25	100	50	100	100	100	50	25	
		Strate supérieure																
		Hauteur (cm)	75	100	95	70	75	125	125	125	125	100	125	125	100	80	100	
		Recouvrement (%)	50	45	60	100	10	100	100	90	85	90	100	80	40	60	60	
		Strate inférieure																
		Hauteur (cm)	20	15	15	20	15	20	20	10	25	15	10	25	30	30	15	
		Recouvrement (%)	80	90	80	15	90	5	20	40	30	20	15	40	10	25	15	
G G G G-Sz G-Sz G G G-Sz G G G-Sz G G G-Sz Pl.R.Af G G G Pl.R.Af Pant G G G-Sz G-Sz G-Sz G-Sz Pal.	H H H T H H T T H H Ch H Ch H H H G G G G G H Ch Ch Ph Ph Ch T T Ch																	

LÉGENDE DES RELEVÉS

- Relevé 1. Esôbé d'Ikengo sur la rive gauche du Congo; centre de la clairière actuellement sous 5-10 cm d'eau; groupement à *Setaria-Hyparrhenia*; 26-XII-1943.
Relevé 2. Même situation mais emplacement du relevé à la lisière ouest.
Relevé 3. Même situation mais emplacement du relevé à la lisière sud.
Relevé 4. Esôbé d'Ikongo-Watsa sur la rive gauche de la Ruki un peu en aval d'Eala; centre de la clairière; 2-III-1949.
Relevé 5. Même situation; relevé à l'emplacement d'une plage incinérée depuis environ 6 semaines; 2-III-1949.
Relevé 6. Même situation mais emplacement en lisière.
Relevé 7. Même situation mais emplacement en lisière.
Relevé 8. Esôbé de Mbuya (Irebu); groupement à *Hyparrhenia*; 2-III-1944.
Relevé 9. Petit esôbé d'Ikongo-Watsa (1,5 ha) sur la rive gauche de la Ruki; groupement à *Hyparrhenia*; 6-III-1944.
Relevé 10. Esôbé de Benkole bordant le chenal Isodji (Basse Ruki); plage mouilleuse en surface; 10-III-1944.
Relevé 11. Esôbé de Bokanga (Basse Ruki); zone légèrement mouilleuse; 10-III-1944.
Relevé 12. Esôbé de Bosenda (Irebu); groupement à *Hyparrhenia*; 2-III-1944.
Relevé 13. Esôbé de la rive droite de la Ruki, en aval d'Eala; petite plage herbeuse de quelques ares; 3-II-1944.
Relevé 14. Même situation; plage en lisière de la forêt.
Relevé 15. Esôbé de Mondjero; plage à *Cyperus hensii* qui a échappé à l'incendie; 3-III-1944.

A côté de ces composants peu éclectiques à l'égard du substrat, on reconnaît un premier lot d'espèces liées aux sols bien fournis en éléments fins; elles constituent les différentielles de la sous-association typique. Il s'agit de:

— *Monocymbium cerasiiforme*, largement répandu dans toute l'Afrique tropicale jusqu'au Transvaal, montre un degré de présence élevé;

— *Pycnus scaetiae*, petite Cyperacée décrite d'une récolte provenant de la Dorsale occidentale du Graben, est une caractéristique préférentielle;

— *Polygala gilletiana* n'est signalé jusqu'ici que de la partie occidentale du Domaine congolais (Bas-Congo et région de Coquilhatville);

— *Osbeckia congolensis*, Mélastomacée à distribution surtout guinéenne mais trouvée récemment au Tanganyika et en Uganda, est limitée, en région forestière, aux esôbé;

— *Setaria anceps*, Graminée à distribution guinéenne mais recherchant les savanes humides et les marais, est, apparemment du moins, étroitement limitée aux alluvions récentes très riches en éléments fins; nous la considérons comme la meilleure espèce différentielle des terrains lourds.

Des relictas du *Papyrion* et, plus rarement, des *Sphagno-Xyridetalia* s'y retrouvent en petit nombre.

Un second lot d'espèces (relevés 13 à 15) ne se rencontrent que sur des substrats très sableux. Un régime hydrique élimine ici les hygrophiles que remplacent deux arénicoles:

— *Cyperus bensii*, hémicryptophyte rosetté des Régions guinéenne et soudano-zambézienne, existe en divers points du Congo et affectionne les sols sableux soumis ou non à l'inondation périodique;

— *Merremia tridentata* subsp. *angustifolia*, petit chaméphyte volubile, largement représenté dans les savanes africaines, est assez rare en Cuvette où il se cantonne aux terrains très légers.

Cette forme appauvrie de l'*Hyparrhenietum* constitue la sous-association à *Cyperus bensii*.

Ajoutons encore qu'à ces différences floristiques correspondent d'autre part des caractéristiques évolutives bien tranchées dont on parlera plus loin.

Ecologie

Le substrat de cette association connaît des périodes d'aridité et partant, favorise les espèces à grande amplitude écologique. Ces dominants masquent soit le groupe des hygrophiles soit celui des arénicoles.

Une certaine périodicité, en relation avec l'incendie, se marque généralement. Après les feux, le reverdissement débute par les Cypéracées: *Bulbostylis laniceps* et *Pycnus scaetiae* fleurissent en masse avant que les cespiteuses des strates supérieures n'interceptent trop de lumière. Toutefois ce phénomène est beaucoup moins apparent et moins généralisé que dans les savanes à *Hyparrhenia* des interfluves (esôbé intercalaires).

Types biologiques et spectre géographique

La pauvreté en formes biologiques du groupement égale son uniformité floristique.

Dans la sous-association typique, on note les proportions suivantes:

Spectre	Hémicryptophytes	Thérophytes
brut	61,5 %	38,5 %
pondéré	97 %	3 %

L'absence de chaméphytes et de géophytes, et le peu d'importance physionomique des thérophytes relèvent des conditions du milieu. Il s'agit de groupements pionniers soumis à des incendies périodiques: d'une part les chaméphytes et les thérophytes rudéraux non tolérants aux feux ne s'y implantent pas et d'autre part, les géophytes rhizomateux sont en état d'infériorité par rapport aux hémicryptophytes cespiteux mieux adaptés aux périodes d'aridité du substrat.

Le spectre géographique de la sous-association typique montre que l'élément guinéen (6 espèces) vaut l'élément soudano-zambézien (6 espèces); il s'y ajoute un graminé à distribution soudano-zambézienne et afro-australe. Dans la sous-association à *Cyperus*

hensii, l'élément guinéen (4 espèces) domine l'élément soudano-zambézien (2 espèces).

Edaphologie

Les analyses granulométriques traduisent bien les différences texturales entre la sous-association typique et la sous-association à *Cyperus hensii*.

Sous-associations (et relevés)	Horizons (cm)	Granulométrie (en %)		
		Argile	Limon	Sable
à <i>Cyperus hensii</i>	0- 22	5,9		94,1
relevé 13	22- 43	2,7		97,3
(Eala-rive gauche)	43- 90	0,5		99,5
	90-110	0,5		99,5
typique	0- 30	68,5	14,7	16,8
relevé 1	30- 80	70,8	18,0	11,2
(Ikengo)	80-130	57,5	9,0	38,3
relevé 4	0- 11	69,4	11,0	19,6
(Ikongo-Watsa)	11- 41	66,1	9,3	24,6
	41- 94	58,6	8,5	32,9
	94-120	61,9	7,9	30,2
relevé 11	0- 10	34,9	5,7	59,4
(Bokanga)	10- 40	37,2	5,5	57,3
	40-100	26,7	4,1	69,2
	100-125	3,8	1,1	95,4

d) Considérations sur la nature du sol et le dynamisme de la végétation des esôbé rivulaires

L'importance attribuée par certains auteurs à la nature du sol pour expliquer la présence et surtout la persistance d'une végétation herbeuse dans les esôbé rivulaires, réclamait à la fois une prospection pédologique détaillée de ces savanes et des peuplements forestiers périphériques.

En outre, l'évidente relation existant entre l'évolution du couvert et les caractéristiques édaphologiques nous amène à traiter conjointement du dynamisme de la végétation.

La transformation du tapis végétal s'étudie le mieux par l'analyse périodique d'emplacements délimités. L'observation de placeaux dans le temps est en effet une méthode beaucoup plus sûre et plus précise que le repérage des stades successionnels dans l'espace mais elle nécessite de longs délais et implique une protection intégrale des carrés permanents. Dans la mesure du possible, nous avons donné la préférence à la première de ces méthodes.

1. En esôbé sableux

Edaphologie

L'esôbé en aval d'Eala - rive droite (cf p. 245) montre un substrat franchement sableux.

Des profils furent examinés dans l'esôbé lui-même, dans une forêt basse à *Cynometra sessiliflora* située à quelque 40 m de la savane et dans un peuplement à dominance d'*Irvingia smithii* distant de 200 m.

Site	Horizons (cm)	Description
Esôbé	0-	Litière absente;
	0- 20	Sable blanc grisâtre, peu de matières organiques, racines abondantes;
	20-180	Sable blanc;
	180	Nappe phréatique.
Forêt à 30 m	0- 10	Débris végétaux parcourus d'un feutrage dense de racines;
	10- 25	Sable brun noir;
	25-125	Sable blanc à gris;
		la nappe phréatique n'a pas été rencontrée à 1.25 m de profondeur.
Forêt à 200 m	0- 10	Débris végétaux et feutrage radiculaire;
	10- 35	Sable noir; présence de nodules de copal vers 30 cm de profondeur;
	35-100	Sable blanc grisâtre;
	100	Nappe phréatique.

Il s'agit donc, sous les deux types de végétation, d'un même matériau parental qui, en surface, est évidemment influencé par la nature du couvert.

La pauvreté du substrat sableux sous esôbé n'est pas exceptionnelle pour la Cuvette. On peut voir ci-après que ses caractéristiques analytiques sont sensiblement égales à celles trouvées pour un sol portant une grosse forêt à *Gilbertiodendron*.

Site	Horizons	Granulométrie		pH	C (%)	P ₂ O ₅ mg/100 g	B.E. mg/100 g
		Argile + Limon	Sable				
Esôbé	0- 22	5,9	94,1	4,3	0,7	1,5	0,4
sablonneux	22- 43	2,7	97,3	4,6	0,2	1,2	0,4
(Eala-rive	43- 90	0,5	99,5	4,8	0,1	1,1	0,2
gauche)	90-110	0,5	99,5	4,8	0,1	0,9	0,3
Forêt à	8- 10	12,7	87,3	4,2	1,0	1,8	0,5
<i>Gilbertioden-</i>	10- 20	10,7	89,3	4,2	0,5	—	0,5
<i>dron</i>	20- 41	10,4	89,6	4,7	0,3	0,7	0,4
(Yangambi)	41- 74	14,5	85,5	4,9	0,2	1,9	0,4

Il ressort de ces données que les valeurs de pH et les teneurs en carbone, en P₂O₅ et en bases échangeables du substrat des esôbé sablonneux sont de l'ordre de grandeur de celles trouvées sous forêt à *Gilbertiodendron* établie sur des sols hydromorphes en région de Yangambi.

Au demeurant, des conditions édaphiques plus défavorables encore que celles rencontrées dans les esôbé sablonneux s'observent sur des podsols humiques qui portent néanmoins des groupements forestiers à *Aneulophus africanus* [134].

Dynamisme de la végétation

Pour suivre l'évolution du couvert et notamment l'arrivée d'immigrants ligneux, nous avons délimité dans ce même esôbé un plateau de 100 m² dans une des dernières plages encore sous graminées. Voici le détail des relevés à trois ans d'intervalle (cf p. 270).

Lors d'un troisième passage, en 1949, les bornes délimitant le carré avaient été enlevées à notre insu et l'emplacement exact du plateau ne put être retrouvé. A cette date, la colonisation

forestière s'étendait à toutes les plages herbeuses, et la végétation graminéenne était en voie de disparition dans tout l'esôbé.

Espèces	Inventaire 10/1943	Inventaire 6/1946
<i>Herbacées</i>	Recouvrement 40 %	Recouvrement 10 %
<i>Hyparrhenia diplandra</i>	2.2	—
<i>Bulbostylis laniceps</i>	2.2	+ .2
<i>Setaria restoidea</i>	2.3	+ .2
<i>Neurotheca longidens</i>	1.1	—
<i>Cyperus hensii</i>	+ .2	—
<i>Merremia tridentata</i>		
subsp. <i>angustifolia</i>	+ .1	+ .1
<i>Jardinea</i> sp	1.2	+ .1
<i>Afromomum</i> sp	—	+ .1 (2 pieds)
<i>Ligneuses</i>	Recouvrement 5 %	Recouvrement 20 %
<i>Maprounea membranacea</i>	1 pied	1 pied
<i>Cassipourea congoensis</i>	1 pied	3 pieds et 8 plantules
<i>Guibourtia</i> sp		1 pied et 1 plantule
<i>Ouratea</i> sp		1 plantule
<i>Xylopia</i> sp		3 pieds
<i>Garcinia</i> sp		4 plantules
<i>Lophira alata</i>		1 plantule
Espèces indéterminées		3 plantules

Cette progression des ligneux, déjà constatée dans l'esôbé en question entre 1925 et 1936 par W. ROBYNS [278], — la surface sous graminées est passée de 3 à 1 ha selon J. LOUIS, — amène cet auteur

...à considérer l'*Hyparrhenietum* comme une association herbeuse en voie de colonisation forestière, subissant une invasion lente et graduelle de la forêt qui s'étend petit à petit au détriment de l'esôbé. (Mais, poursuit-il,) il est hors de doute que l'*Hyparrhenietum* lui-même est ici une association édaphique (...) car le climax de la région est la forêt équatoriale.

On peut difficilement souscrire à cette thèse. Il semble plus exact de dire que la sous-association à *Cyperus hensii* est de nature primitive et représente un stade normal de la colonisation

des substrats alluvionnaires (sableux) récents, en présence d'un agent biotique: le feu.

2. *En esôbé sablo-argileux ou argileux*

Les substrats de cette nature sont de loin les mieux représentés; nous les étudierons dans trois sites.

a) *L'esôbé d'Ikongo-Watsa* (cfr p. 245)

Edaphologie

Un rapport de J. CROEGAERT [73] nous fournit la description et l'analyse des échantillons de profils en savane et en forêt marécageuse voisine.

Site	Profondeur (cm)	Description des horizons
Esôbé incinéré	0- 20	Couche humifère, beaucoup de racines;
	20- 40	Argile grise, infiltration d'humus par place, humide;
	40- 70	Argile grise avec taches rousses et brunes, gley.
Esôbé protégé (depuis 3-4 ans)	0- 15	Couche humifère;
	15- 35	Argile grise assez humide, quelques stries noires;
	35- 55	Argile grise avec taches brunes et rousses, gley;
	55-100	Gley argileux, gris.
Forêt marécageuse (en lisière de l'esôbé)	0- 20	Couche humifère tourbeuse se prolongeant en dessous de la nappe phréatique.
Forêt marécageuse (à quelques dizaines de m de l'esôbé)	0- 15	Litière de feuilles formant tapis;
	15- 30	Couche humifère, très légère;
	30- 45	Argile grise avec stries humifères;
	45- 70	Argile grise avec taches plus sombres.

Voici la synthèse des résultats d'analyse, seules les valeurs extrêmes sont reprises.

Site	Eléments fins (%)	pH	Bases échang. mg/100 g	Sesqui-oxydes (%)	P ₂ O ₅ mg/100 g	C (%)
Esôbé incinéré	85-84	4,0-3,7	2,6-1,5	17,9-6,8	4,0-0,6	7,3-0,3
Esôbé protégé	82-78	4,0-3,8	2,5-1,6	17,3-5,7	2,4-0,7	6,8-0,1
Forêt marécageuse	—	3,9	4,3	14,3	0,6	8,8
Forêt marécageuse	81	4,5-3,8	1,9-1,2	16,4-5,3	0,5-0,3	4,3-0,3

Comme dans le cas des esôbé sableux, les données analytiques ne permettent pas d'attribuer la persistance d'un couvert graminéen à des déficiences édaphiques. Ici aussi, il est difficile de voir dans ces substrats « des sols inaptes à la colonisation forestière ».

Dynamisme de la végétation

Si la nature du sol ne s'oppose pas à l'établissement des ligneux, quelle peut-être alors la cause de leur absence?

Pour répondre à cette question, nous avons également tenté de recourir à l'observation directe, par l'expérience suivante: la moitié de la surface de l'esôbé fut mise sous protection intégrale au début de 1944, l'autre fut incinérée annuellement; malheureusement, un incendie accidentel survenu en 1952 détruisit cet essai.

Durant la mise en défens (8 ans), on n'a guère enregistré de modifications floristiques si ce n'est l'installation de quelques pieds d'*Anthocleista liebrechtsiana* et d'*Harungana madagascariensis*, spécialement en lisière de la forêt. On note cependant une accumulation d'un abondant « mulch » et un vieillissement des graminées cespiteuses (manque de rajeunissement par le feu). La photo aérienne (*Planche VI*), prise en 1950, fait ressortir le contraste entre les zones protégées et non protégées.

Cette lenteur excessive dans l'arrivée de pionniers arbustifs dans les groupements herbeux sur terres lourdes est un fait bien connu dans toute la région des savanes guinéennes. Sur un tel substrat (plus de 80 % d'éléments fins), les graminées à système racinaire extrêmement puissant sont particulièrement tenaces et livrent aux plantules d'essences forestières, qui tentent de s'im-

planter sous leur couvert, une forte concurrence hydrique et photique.

b) *L'esôbé de Bokanga*

Edaphologie

La configuration de cet esôbé, l'emplacement des termitières, des îlots boisés et des plages à *Anthocleista librechtsiana* ainsi que l'état d'inondation à la mi-février 1944, sont reproduits à la figure 7 (cf p. 249).

Voici la description des profils creusés le long de l'axe A-B:

Site et n° des profils	Profondeur (cm)	Description des horizons
Bande forestière riveraine (P. 10)	0-5	Feuilles mortes en décomposition; feutrage de racines;
	5-25	C. argileuse brun noir, très collante;
	25-60	C. sablo-argileuse brun clair;
	60-110	Sable blanc; racines jusqu'à 60 cm;
	110	Nappe phréatique.
Esôbé (P. 11)	0-1	Chaumes de graminées peu décomposés;
	1-10	C. argileuse brun noir;
	10-40	C. argileuse gris beige avec taches de rouille;
	40-125	C. sablo-argileuse plus claire, quelques taches de rouille;
	110	Nappe phréatique;
	125 et +	Sable blanc jaunâtre.
Forêt marécageuse (P. 12)	0-5	Couche humifère peu décomposée;
	5-20	Argile gris sale à brun noir;
	20-40	Argile gris mastic;
	40	Nappe phréatique.

A l'analyse, les échantillons accusent les teneurs suivantes:

Site et n° des profils	Horizon (cm)	Granulométrie			pH	B.E (mg/ 100g)	P ₂ O ₅ (mg/ 100g)	C(%)
		Argile	Limon	Sable				
Bande forestière riveraine (P. 10)	5-25	40,7	7,0	52,3	4,2	1,1	4,3	5,2
	25-60	16,7	1,4	81,9	4,5	1,6	1,7	0,2
	60-110	—	0,1	99,9	4,8	0,1	0,9	—
Esôbé (P.11)	1-10	34,9	5,7	59,4	4,1	1,2	5,0	6,0
	10-40	37,2	5,5	57,3	4,4	1,0	1,5	0,6
	40-100	26,7	4,1	69,2	4,6	0,3	0,9	0,2
	100-125	3,8	1,1	95,1	4,8	0,2	0,1	—
Forêt marécageuse (P. 12)	5-20	58,0	8,5	33,5	4,1	1,4	1,5	7,9
	20-40	59,1	7,1	33,8	4,1	1,1	0,5	1,0

Ce dernier tableau n'appelle guère de commentaires. L'horizon de surface a sensiblement la même texture sous la forêt riveraine et dans l'esôbé, il est nettement plus argileux dans la forêt marécageuse; le socle sableux est plus superficiel sous la bande forestière riveraine (levée alluviale). Au point de vue de la richesse chimique, ces trois profils sont approximativement de même valeur.

Au vu de ces résultats, il est difficile d'attribuer à une cause édaphique l'existence de cet esôbé.

Dynamisme de la végétation

Qu'en est-il de la colonisation forestière?

Elle débute en différents points dans la partie médiane exceptionnellement soumise à l'inondation. Dans cette zone, la présence de termitières assez importantes (preuves d'une émergence permanente) favorise l'implantation d'espèces étrangères. Ce phénomène est d'observation courante dans les savanes guinéennes: les grosses termitières, — parce que le feu les épargne du moins partiellement, — jouent le rôle de « têtes de pont » où s'accrochent les pionniers de la série arbustive. Dans les esôbé, ces monticules constituent un site plus propice à la colonisation forestière que les sols engorgés situés en contrebas. Parmi ces espèces « termitophiles » on note principalement des rudérales non tolérantes aux feux comme *Sida rhombifolia*,

Triumfetta rhomboidea, *Aneilema nigrisianum*, *Melothria deltoidea*, *Ocimum* sp, etc. qui s'implantent dans le tapis d'*Hyparrhenia diplandra*; *Panicum maximum* et *Cyathula prostrata* se cantonnent plus particulièrement aux parties sommitales de la termitière. Enfin, des pionniers arbustifs de la série forestière marécageuse, dont *Mimosa pigra*, *Clappertonia ficifolia* et *Anthocleista liebrechtsiana* encerclent le monticule et remontent le bas des versants (19).

En dehors de ces noyaux de colonisation ligneuse établis sur les termitières, on note aussi l'existence de deux îlots forestiers situés dans la partie sud de l'esôbé.

un premier (voir la figure 7) paraît correspondre à celui décrit en 1936 par J. LOUIS [278] qui note parmi ses constituants: *Alchornea cordifolia*, *Harungana madagascariensis* et *Tetracera* sp. Fin 1943, ce petit massif est complètement fermé et tous les composants de la savane herbeuse ont disparu. En voici l'inventaire floristique à cette même date:

- Strate arborescente (8-10 m de haut): *Occhoccosmus africanus*, *Uapaca heudelotii*, *Crudia harmsiana*, *Castanola paradoxa*, *Tetracera alnifolia*, *Uvaria laurentii*;
- Strate arbustive (3-5 m de haut): *Pauridiantha canthiiflora*, *Commitheca liebrechtsiana*, *Ouratea arnoldiana*, *Baphia dewevrei*, *Synsepalum dulcificum*, *Calamus laurentii*, *Gru-milea* sp., *Garcinia* sp., *Dioscorea* sp., *Grewia seretii*;
- Strate suffrutescente et herbacée: *Hypolytrum nemorum*, *Anubias* sp., *Aframomum* sp., *Cercestis* sp., *Trachypbrynium braunianum*.

Dans cette liste on reconnaît de nombreux composants des formations ripicoles arborescentes.

Ce petit massif se rattache à la savane herbeuse périphérique par une ceinture étroite où dominent *Alchornea cordifolia*, *Stipularia africana*, *Anthocleista liebrechtsiana* et *Harungana*

(19) J. MYERS [251] signale également que dans les savanes de l'intérieur du plateau de la Guyane hollandaise, les termitières offrent des conditions favorables à l'installation de « forest fringe plants ». Selon cet auteur, « all this savannah vegetation seems to correspond to a fire climax ». J. LANJOUW [199] partage aussi cette opinion.

madagascariensis; des traces d'incendie y sont nettement apparentes.

Un second îlot forestier (voir la *figure 7*) se situe à quelques dizaines de mètres au nord du premier et légèrement en relief (? socle de termitière) par rapport à la savane qui l'entoure. Le cortège des termitières est enrichi ici de quelques *Xylopi* sp. et *Maprounea membranacea*.

La localisation des noyaux de colonisation forestière à des endroits protégés des feux et leur absence dans les plages périodiquement incendiées constituent des faits probants de la nocivité des feux sur la colonisation forestière des esôbé argileux.

c) *L'esôbé d'Ikengo* (cf p. 251)

Edaphologie

Tandis que les deux esôbé précédents sont situés sur les rives de la Ruki, celui d'Ikengo borde le fleuve. Cette savane herbeuse périodiquement inondée et ses abords méritaient une prospection pédologique détaillée; la *figure 8* donne l'emplacement des profils dont voici la description.

Site et nature du couvert	Profondeur (cm)	Description des horizons
1. Forêt périodiquement inondée - à 50 m de la lisière de l'esôbé	0-2	Litière peu décomposée, feutrée de racines;
	2-10	C. argileuse mêlée de débris organiques;
	10-40	C. argileuse noirâtre, très collante, densément parcourue par les racines;
	40-110	C. argileuse gris mastic, très compacte, taches de rouille abondantes, racines très rares;
	110-150	C. argileuse rouge brun avec concrétions latéritiques;
	150	Nappe phréatique.

Site et nature du couvert	Profondeur (cm)	Description des horizons
2. Forêt périodiquement inondée - à 15 m de la lisière de l'esôbé	0-2	Litière peu décomposée, racines en paillasson;
	2-10	C. argileuse noire, riche en matières organiques et en racines;
	10-50	C. argileuse gris noirâtre, compacte; racines;
	50-160	C. argileuse gris mastic;
	160	Nappe phréatique.
3. Forêt - à 10 m de la lisière de l'esôbé	0-1	Litière peu décomposée et racines;
	5-35	C. argileuse gris noirâtre, racines denses;
	35-100	C. argileuse gris mastic avec taches de rouille;
	100	Nappe phréatique.
4. Esôbé - à 10 m de la forêt - <i>Hyparrhenia</i> dominant et récemment brûlé	0-1	Chaumes décomposés, partiellement calcinés;
	1-30	C. argileuse noire à brunâtre, racines denses;
	30-80	C. argileuse gris mastic, quelques taches de rouille, radicules assez abondantes;
	80-150	C. argileuse gris mastic passant vers 1 m à une couche marbrée de gris et rouge ocracé, radicules jusque 1,25 m;
	150	Nappe phréatique.
5. Esôbé - partie centrale à <i>Hyparrhenia-Sectaria</i>	0-1	Chaumes partiellement décomposés;
	1-30	C. gris mastic avec stries noirâtres, racines;
	30-75	C. gris mastic, plus homogène;
	75-120	C. gris mastic, très clair, avec taches de fer abondantes dès 75 cm;
	120	Nappe phréatique.
6. Jachère à <i>Elaeis</i> - <i>Jardinea</i> et quelques <i>Hyparrhenia</i>	0-2	Litière peu abondante, débris ligneux;
	2-40	C. argileuse brun verdâtre, s'éclaircissant vers le bas, 1 concrétion de 6 cm de diam. (apport);
	40-150	C. argileuse gris mastic avec taches rouge ocracé, racines d' <i>Elaeis</i> jusque 1,50 m;
	150	Nappe phréatique.

L'analyse en laboratoire fournit les chiffres ci-après:

Site	Horizon (cm)	Granulométrie			Porosité	pH	C (%)	P ₂ O ₅ (mg/ 100 g)	B.E. (mg/ 100 g)
		Argile	Limon	Sable					
1. Forêt	2-10	71,5	10,7	17,8	—	3,2	—	—	2,8
	10-40	64,6	15,0	20,4	54,4	3,9	—	1,5	1,4
	40-110	68,0	13,8	18,2	40,7	4,0	0,5	1,2	1,3
	110-150	57,7	7,4	34,9	37,4	4,7	0,4	1,9	2,6
2. Forêt	2-10	61,4	11,7	26,9	—	3,6	—	—	3,1
	10-50	54,9	13,9	31,2	56,6	4,3	3,1	2,6	1,7
	50-160	59,0	13,9	27,1	44,9	4,7	0,4	1,1	1,5
3. Forêt	5-35	69,5	14,9	15,6	56,7	4,0	7,6	0,6	1,6
	35-100	60,7	15,9	23,4	40,7	4,1	0,5	1,3	1,3
4. Esôbé	1-30	68,5	14,7	16,8	47,4	4,0	7,7	0,7	1,8
	30-80	70,8	18,0	11,2	43,8	4,2	0,6	1,4	1,5
	80-150	57,5	9,2	38,3	38,8	4,4	0,3	1,3	2,4
5. Esôbé	1-30	78,9	13,9	7,2	54,0	4,1	5,4	0,7	1,9
	30-75	64,3	18,7	17,0	40,5	4,2	0,3	1,7	1,5
6. Jachère	2-40	60,9	17,2	21,9	44,7	3,9	1,7	1,0	1,0
	40-150	41,3	20,0	38,7	40,8	4,2	0,3	1,2	0,3

Ces valeurs ne mettent pas en évidence des différences significatives entre les profils sous forêt et sous savane. Un pH légèrement plus élevé de l'horizon du surface sous graminées est en relation avec l'incendie annuel (minéralisation); les teneurs en carbone, en P₂O₅ et en bases échangeables sont sensiblement égales sous les deux formations; quant à la porosité, elle est un peu moindre sous esôbé que sous forêt: c'est là une conséquence d'un sol moins bien protégé contre l'impact des pluies surtout après le passage des feux.

Annexes

1. Quelques données sur la microflore

Nous compléterons cette discussion sur l'édaphisme par quelques renseignements sur la microflore; l'examen de « contact-slides » placées dans différents profils a permis l'établissement du *tableau XV*.

TABLEAU XV. — Abondance de la microflore et abondance relative des formes trophiques (d'après H. LAUDELOUT)

Site	Horizons (cm)	Abon- dance totale	Microflore Abondance relative			
			des hyphes		des formes bactériennes	
			de champignons	végétatives d'ascomycètes	non sporulées	coccoides
Esôbé sablonneux d'Eala - rive droite	25	1	0	0	1	1
	75	0	—	—	—	—
	125	0	—	—	—	—
Esôbé argileux d'Ikongo-Watsa (non incinéré depuis 1 an)	2-4	3	1	1	3	1
	15-20	2	0	0	3	0
	40	1	0	3	0	0
	85	0	—	—	—	—
Esôbé argileux d'Ikongo-Watsa (non incinéré depuis 1 an)	2-4	3	1	1	2	1
	18	2	0	0	3	0
Esôbé argileux d'Ikongo-Watsa (non incinéré depuis 6 ans)	2-4	3	1	1	2	1
	20	2	0	0	3	0
Esôbé sablonneux sous pion- niers arbustifs denses	7-12	2	2	0	2	2
	42	0	—	—	—	—
Forêt périodiquement inondée	8-10	2	2	1	2	0
	25	1	1	0	2	0
Arboretum d'Eala - sol sablo- argileux	25	2	0	0	2	2
	60	0	—	—	—	—
	120	0	—	—	—	—
Champ de maïs, Eala - sol sablo-argileux	10-15	3	2	1	3	3
	45	1	1	0	2	1
	100	1	0	0	0	2
Champ d'hévéas, Eala - sol sablo-argileux	10	1	3	2	1	1
	50	0	—	—	—	—
	100	0	—	—	—	—

La caractérisation semi-quantitative (abondance totale) est exprimée au moyen d'une échelle allant de 1 à 3, l'indice 0 n'équivaut cependant pas à un manque complet de microorganismes mais signifie simplement que leur rareté ne permet pas d'interpréter les quelques images positives relevées sur les plaques. L'abondance relative des formes trophiques est rendue également par une échelle à 3 degrés.

L'examen de ces données appelle quelques remarques:

— L'abondance de la microflore est, comme on l'a constaté ailleurs, en rapport avec la nature du sol et de la végétation: le sol des esôbé sableux, sous un couvert très dispersé, est le moins fourni en microorganismes;

— Le sol des esôbé argileux, par contre, héberge une population microbienne beaucoup plus élevée et même supérieure à celles observées sous des formations forestières;

— L'effet de l'incinération est extrêmement prononcé sur les formes trophiques;

— Dans son ensemble, l'allure de la microflore dans les divers sites paraît en conformité avec les observations faites en Cuvette centrale par H. LAUDELOUT et G. GILBERT [202]; la microflore des esôbé ne traduit donc pas des déficiences particulières à ces substrats.

2. *Le cordon forestier bordant les esôbé rivulaires*

Dans l'analyse des processus de dépôt sur les rives et dans le flat alluvial, nous avons souligné la nette surélévation des bourrelets par rapport au placage d'alluvions situé plus en retrait. Le plan d'eau qui baigne ces levées y est donc moins profond et, de ce fait, les pionniers des groupements herbeux s'y installent, bien avant que la colonisation ne débute dans la basse-terrasse en contre-bas. Dès l'implantation d'une frange à *Vossia*, les atterrissements s'accélèrent, et des pionniers de la série forestière s'y accrochent et supplantent à la longue la prairie aquatique: ainsi naît le cordon forestier continu séparant la plaine herbeuse du lit de la rivière.

En arrière de cette digue, le plan d'eau est encore relativement profond et les matériaux déposés sont de plus en plus fins. L'installation d'une végétation herbeuse réclame ici des délais autrement longs que sur le bourrelet alluvionnaire et son devenir dépend de l'intervention des facteurs biotiques.

La colonisation forestière est également favorisée, sur le bourrelet des berges, par la nature plus légère du substrat.

Signalons encore que le cordon rivulaire peut porter, en lieu et en place d'une forêt périodiquement inondée, un rideau de *Raphia sese*. Dans ce cas, la digue naturelle n'est qu'un sol organique ou organo-minéral. Nous manquons cependant d'observations précises sur les facteurs déterminant l'accumulation de ces débris végétaux et sur la colonisation de ces sols organiques.

La figure 9 résume les stades successifs de l'installation d'un cordon boisé et d'une prairie aquatique sur les rives d'un cours d'eau.

e) Conclusions relatives aux esôbé rivulaires

Les faits observés à propos des sites occupés par les esôbé rivulaires, les caractéristiques de leur substrat et le dynamisme de leur végétation autorisent les conclusions suivantes.

1. Les esôbé rivulaires représentent bien, comme l'avait déjà signalé W. ROBYNS, des

...formations (alluvionnaires) riveraines dont le stade initial infra-aquatique est constitué par des prairies agrostologiques.

2. Deux types principaux de substrat se partagent les esôbé rivulaires:

a) Les esôbé sablonneux, — originellement les plus pauvres et à profil sans horizons différenciés ni structure, — subissent un lessivage dès qu'ils sont suffisamment exondés; les feux qui détruisent non seulement la végétation mais aussi la litière ne permettent pas l'enrichissement en matières organiques de l'horizon de surface; les pionniers forestiers sont principalement des espèces oligotrophes à croissance lente (*Cassipourea congensis* notamment).

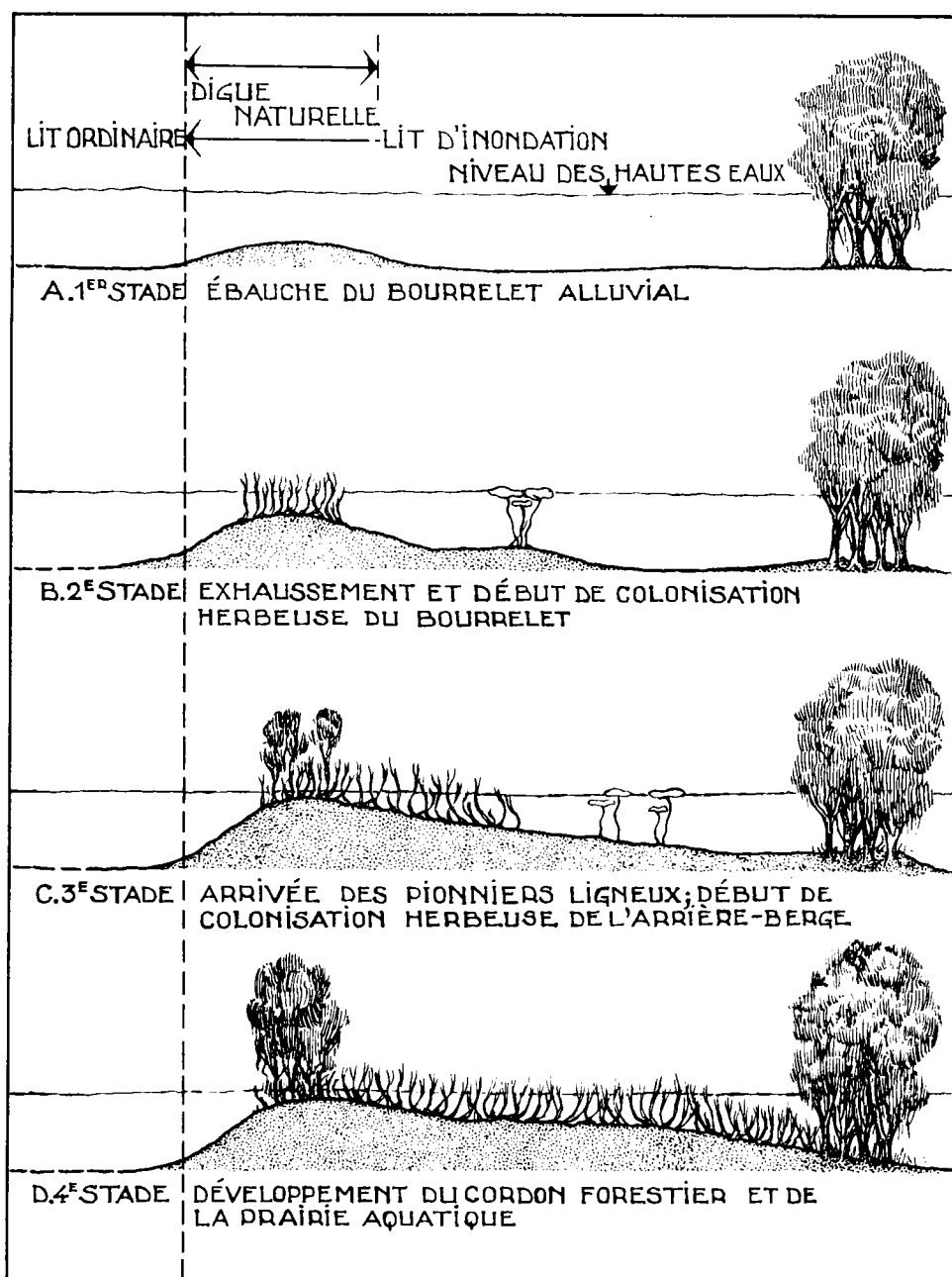


FIG. 9. — Phases successives d'implantation d'un cordon forestier et d'une prairie aquatique dans le lit d'inondation d'une grande rivière équatoriale.

b) Les esôbé sablo-argileux et les esôbé argileux, minéralement plus riches, connaissent des conditions pédologiques différentes: l'existence d'un plan d'eau temporaire déclenche le phénomène de gleyification. Dans ces conditions en effet, la présence d'anions humiques altère les minéraux et permet la réduction des sels de fer; ceux-ci ne sont pas lessivés et s'accumulent à certains niveaux du profil qui se marquent par des zones bleuâtres ou verdâtres, riches en fer ferreux. Le balancement de la nappe phréatique (zone alternativement réductrice et oxydante) fait remonter les sels ferreux vers la surface où ils précipitent (par oxygénation) à l'état d'oxydes ferriques (taches de rouille). Dans les cuvettes, la décomposition des matières organiques est entravée ou tout au moins ralentie: des micro-tourbières peuvent s'y installer. La grande compacité des sols à gley est bien connue: les graminées s'accommodent mieux de ces déficiences structurales que les ligneux et de ce fait, même protégés, les esôbé argileux se boisent plus lentement.

3. La composition floristique des groupements qui colonisent les esôbé rivulaires est en rapport avec la composition granulométrique des sédiments et leur degré d'hydromorphie (ressuement et aération du sol); les associations et sous-associations reconnues reflètent particulièrement bien le régime hydrique du substrat.

4. Les esôbé rivulaires ne résultent pas de déficiences édaphiques. Ils sont dûs à l'action d'un agent biotique: le feu. Si ce dernier n'intervient pas, la prairie aquatique à *Vossia* évolue naturellement vers des groupements ligneux (série des forêts périodiquement inondées).

5. Touchant l'évolution des savanes amphibies à *Jardinea* et des savanes périodiquement inondées à *Hyparrhenia-Setaria*, nous souscrivons à la thèse de W. ROBYNS qui écrit « qu'elles sont actuellement en voie de colonisation », mais là seulement où les feux ne les parcourent plus. « L'influence de l'incendie des herbes sur la marche de la colonisation forestière » est donc évidente: les feux qui dénudent périodiquement le sol en supprimant la végétation, et les débris organiques (litière), qui détruisent irré-

médiatement les plantules forestières, maintiennent forcément des peuplements d'herbes répondant à la définition du « groupement permanent ». Si le facteur mésologique défavorable est écarté, la colonisation forestière apparaît; l'établissement d'un couvert arbustif réclame des délais plus longs en esôbé argileux qu'en esôbé sableux: la concurrence hydrique et photique que les graminées cespiteuses livrent aux plantules forestières est autrement violente sur les alluvions lourdes que sur les sables; c'est un phénomène bien connu dans toute l'aire des savanes guinéennes.

6. Disons, dès maintenant, que la flore des associations des esôbé rivulaires se retrouve dans les savanes sèches (esôbé intercalaires) sur alluvions anciennes. L'origine et l'ancienneté de cette flore, commune aux deux types d'esôbé reconnus dans la Cuvette congolaise, seront discutées ultérieurement.

III. LES GROUPEMENTS DE BIOTOPES MARÉCAGEUX

Les faibles irrégularités du relief causent localement des entraves au drainage. Dans ces parties en dépression, le sol reste constamment inondé ou tout au moins engorgé. Semblables biotopes sont favorables au développement de « savanes marécageuses » voire de « microtourbières ».

Des habitats de cette nature se rencontrent aussi, mais plus rarement toutefois, dans les esôbé intercalaires, là où la concentration des eaux, par ruissellement ou par drainage latéral, contribue à former des nappes phréatiques superficielles.

1. L'association à *Sphagnum planifolium*, DEUSE 1960

Dans certaines petites cuvettes sans écoulement, les processus de décomposition des matières organiques sont considérablement ralentis; le milieu anaérobique ainsi créé est favorable au développement d'un horizon tourbeux.

C'est dans ces conditions, et généralement sous le couvert de *Jardinea*, que des sphaignes s'installent.

Ce groupement, rare dans la Cuvette, a été trouvé par R. BOUILLENNE et al. [38] et étudié ultérieurement par P. DEUSE

[98], dans les environs immédiats du lac Tumba; nous l'avons également rencontré dans l'esôbé d'Ilema (*Planche IV, fig. b*) où il est soumis au feu.

La stratification dans cette microtourbière, la seule que nous ayons pu étudier, se présente comme suit:

— Une strate supérieure, dominée exclusivement par *Jardinea* qui se développe en gros touradons, compte quelques éléments ligneux dont les tiges noircies attestent le passage du feu;

— Une strate inférieure à Eriocaulacées et Xyridacées;

— Une strate muscinale à *Sphagnum*, *Drosera*, *Lycopodium* et *Selaginella* s'établit entre les touradons de *Jardinea*.

Le *tableau XVI* fournit, à côté de notre unique relevé, les données floristico-sociologiques des 7 relevés effectués par P. DEUSE [98] dans les esôbé de Mbolo et de Tondo.

Les espèces suivantes sont retenues comme caractéristiques d'association:

— *Sphagnum planifolium*, répandue dans le nord du Cameroun, le Congo occidental (Bas-Congo, Kwango et Kasai) et dans l'Uganda;

— *Drosera madagascariensis* est un petit thérophyte à distribution africaine plurirégionale; dans le Secteur Forestier Central, il est limité aux stations marécageuses des esôbé;

— *Eulophia caricifolia*, Orchidée à distribution soudano-zambézienne, n'a sans doute qu'une valeur purement locale.

Cinq espèces apparentent manifestement cette association au *Rhynchosporium candidae* [131], décrit du Bas-Congo. Aussi la rattachons-nous à l'Alliance du *Drosero-Rhynchosporion* et à l'Ordre des *Sphagno-Xyridetalia*.

Le spectre géographique de l'ensemble spécifique normal (10 espèces) donne la répartition suivante:

5 espèces guinéennes,

2 espèces soudano-zambéziennes,

1 espèce plurirégionale africaine,

2 espèces pantropicales.

En périphérie de la Cuvette, des groupements à *Sphagnum planifolium* se rencontrent au Kwango, dans de petites clairières

TABLEAU XVI. — Association à *Sphagnum planifolium*, DEUSE 1960

Distribution géographique	Formes biologiques	N° des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8
		Surface (m ²)	100	20	50	150	30	200	200	200
		Strate supérieure								
		Hauteur (cm)	150			50	200	200	200	200
		Recouvrement (%)	80			30	50	100	100	70
		Strate inférieure et muscinale								
		Hauteur (cm)	25	5	10	10	10	10	10	10
		Recouvrement (%)	95	100	50	100	100	100	40	100
		<i>Caractéristiques de l'association</i>								
G(Sz)	Ch	<i>Sphagnum planifolium</i>	3.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
G-Sz	G	<i>Eulophia caricifolia</i>	+1					+1		
Pl.R.Af.	T	<i>Drosera madagascariensis</i>	+1							
		<i>Caractéristiques de l'alliance et de l'ordre (Sphagno-Xyridetalia, DUVIGNEAUD et SYMOENS 1951)</i>								
G	G	<i>Selaginella congoensis</i>	1.2			2-3.3				
G	G	<i>Xyris decipiens</i> var. <i>vanderystii</i>					2.2	+2		
G(Sz)	G	<i>Lycopodium affine</i>	+2							
Pant	G	<i>Rhynchospora glauca</i>	+2							
Pant	G	<i>Rhynchospora candida</i>								
G(Sz)	H	<i>Mesanthemum radicans</i>	+1			2.2			+1	
G-Sz	G	<i>Scleria nyasensis</i>	+2							

G	H	Jardinea gabonensis	4.5			1.3	2.3	1.3	1.3	1.3
Pant	Ch	Panicum parvifolium		+2		2.3	1.2	3.2	1.2	1.2
G	Ch	Heteranthoecia guineensis	2.2					2.2	2.2	1.2
Pant	G	Rhynchospora corymbosa				+1				
G-Sz	G	Cyrtosperma senegalensis					+1	+1	+1	
<i>Espèces hygrophiles</i>										
G-Sz	Ph	Stipularia africana	1.1			+2	+2			
G	H	Panicum nervatum				+2	+2			
G	Ph	Melastomastrum autranianum	2.3							
G	Ph	Dissotis multiflora				+1				
G(Sz)	H	Isachne buettneri	(+1)							
G-Sz	T	Schizachyrium brevifolium	3.3							
<i>Espèces compagnes</i>										
Pl.R.Af.	H	Bulbostylis abortiva	+1							
G	H	Bulbostylis laniceps								2.2
Pl.R.Af.	Ch	Ectadiopsis oblongifolia	1.1				2.3			
Pant	Ph	Cassytha filiformis	+1							

Relevé 1. Esôbé à dominance de *Jardinea*, partie centrale à *Spbagnum*; Ilema (Wendji); 2-VI-1958.

Relevés 2 à 6. Esôbé de Mbolo (lac Tumba).

Relevé 7. Esôbé de Tondo (lac Tumba).

en galerie, et dans la région d'Uvungi (territoire de Katakokombe) en savane.

Nos données édaphiques se limitent aux observations faites par P. JONGEN dans l'esôbé d'Ilema. Un profil, creusé durant la saison d'étiage des rivières (mars), dans la partie la plus déprimée de cette microtourbière, montre une nappe phréatique superficielle (10 cm) et les horizons suivants:

Profondeur (cm)	Nature des horizons	Perte au feu		N (%)	pH
		105°	Calc.		
0-5	Couche organique, feutrage de radicules et débris peu décomposés;	15,2	63,0	0,950	
5-10	Id., mais débris plus décomposés;	13,9	54,0	0,929	
10-19	Feutrage radiculaire abondant, c. organ. peu décomposée;	8,6	36,0	0,686	
19-29	C. organ. mélangée à de petites quantités de mat. minérales;	2,5	11,9	0,289	
29-45	Sable limoneux et sable fin, quelques grains rougeâtres;	0,1	0,5	0,013	5,1
+ de 45	Sable blanc grossier avec quelques poches noirâtres.	—	—	0,048	4,7

La granulométrie de l'horizon inférieur (+ de 45 cm) donne: 4,1 % d'éléments fins, 62,8 % de sable fin et 33,1 % de sable grossier.

2. L'association à *Selaginella congoensis* et *Lycopodium affine*

Plus commune que la précédente, cette association se rencontre dans des dépressions tant en esôbé intercalaires qu'en esôbé rivulaires.

Elle comporte:

— Une strate supérieure très uniforme, quasiment monospécifique dans les individus d'association les plus typiques: *Loudetia*

vanderystii, Graminée du Bas-Congo, du Kwango et de la région du lac Léopold II, atteint 40 à 75 cm de haut et 80 à 100 % de recouvrement, il forme de gros touradons;

— Une strate inférieure (et humifuse), de l'ordre de 20 cm de haut, est quantitativement fort variable d'un relevé à l'autre et comprend, à l'état dispersé, des plants de *Rhynchospora*, de *Xyris* et de diverses Cypéracées; la strate humifuse proprement dite se limite à *Selaginella*, *Lycopodium* et à *Utricularia tortilis*.

Le tableau XVII réunit 11 relevés dont les 6 premiers concernent des dépressions en esôbé intercalaires.

Examen du tableau

Les caractéristiques présumées de cette association se limitent aux trois espèces suivantes:

— *Selaginella congoensis* (20), connu du Moyen-Congo et du Kwango, et

— *Lycopodium affine* (21) qui s'étend à toute l'Afrique tropicale et aux Mascareignes, trouvent ici leur optimum écologique; ces deux fougères tapissent le sol et enserrrent les touradons de *Loudetia* et les touffes d'*Hyparrhenia*.

— *Neurotheca congolana*, espèce connue jusqu'ici du Secteur Forestier Central, du Bas-Congo et du Kasai n'est sans doute qu'une caractéristique locale.

L'âge du substrat paraît déterminant quant à la richesse floristique du groupement. On reconnaît en effet:

a) Un faciès pauvre en espèces (relevés 1 à 5), localisé sur des atterrissements récents, parmi des groupements de savanes amphibiennes ou périodiquement inondées.

b) Un faciès riche en espèces (relevés 7 à 11) caractérise des

(20) *Selaginella congoensis* ALSTON a été longtemps confondu avec *S. catbédriifolia*.

(21) D'après A. ALSTON [4] *Lycopodium carolinonium* est inexistant en Afrique; tout le matériel africain désigné sous ce nom appartient à l'espèce *L. affine*.

cuvettes de drainage éparses dans des savanes à *Hyparrhenia* sur alluvions anciennes des interfluves. On note ici la présence d'un lot d'espèces caractéristiques des *Sphagno-Xyridetalia* à côté de relictés des *Papyretalia* et de pionnières des *Hyparrhenietalia*.

c) Le relevé 6 forme en quelque sorte la transition entre les 2 faciès précédents: il intéresse les plages les plus basses d'une prairie aquatique en cours d'exondaison (ancien méandre recoupé), chronologiquement plus anciennes que les sites rivulaires (relevés 1 à 5).

Ecologie

La caractéristique essentielle de cet habitat est d'être mouilleux voire inondé une grande partie de l'année: les périodes de ressulement sont toujours courtes mais permettent le passage du feu. L'écologie du groupement est naturellement dominée par les fluctuations du plan d'eau; l'humidité au niveau du sol n'est toutefois pas suffisante pour permettre l'installation de Sphaignes qui sont remplacées par des Lycopodiacées.

Les géophytes sont bien adaptés à l'occupation furtive de ces milieux fluctuants; les Graminées en touradons s'accommodent aussi de ce substrat.

Types biologiques et distribution géographique

Les valeurs du spectre biologique sont les suivantes:

Spectre	Ph	Ch	H	G	T
brut	2,9 %	5,9 %	6,9 %	44,1 %	20,5 %
pondéré	0,1 %	0,1 %	82,7 %	8 %	9,1 %

Le spectre géographique de l'ensemble spécifique normal (15 espèces) donne les proportions suivantes:

- 10 espèces strictement guinéennes,
- 1 espèce guinéenne et soudano-zambézienne,
- 2 espèces plurirégionales africaines,
- 2 espèces pantropicales.

Cette association à caractère nettement guinéen se retrouve vraisemblablement en divers points de cette Région.

Au même titre que le *Sphagnetum* précédemment décrit et auquel elle est étroitement apparentée, l'association à *Selaginella-Lycopodium* appartient au *Sphagno-Xyridetalia*. P. DUVIGNEAUD et J. SIMOENS [131] ont souligné la similitude physionomique et la parenté floristique du *Rhynchosporium candidae* du Bas-Congo et de certaines tourbières de Sphaignes et de Cypéracées du Domaine Atlantique de l'Europe Occidentale. Notre association présente aussi certaines affinités floristiques avec des groupements marécageux et tourbeux établis sur dalles latériques dans l'Uele [205] et le Haut-Lomami [249]; les conditions d'habitat s'en différencient cependant par des périodes d'aridité moins marquées conséquence d'un climat plus humide et d'un substrat plus profond à régime hydrique autrement favorable à l'équateur que dans les savanes guinéennes du nord et du sud.

Edaphologie

Les données analytiques (22) ci-après montrent bien l'indifférence de ce groupement quant à la nature du substrat: l'engorgement du profil importe davantage que sa texture.

Profil en esôbé rivulaire (relevé 6)

Profondeur (cm)	Description des horizons	Granulométrie			Perte au feu		N (%)
		Éléments fins	Sables fins	Sables gross.	à 105°	calc	
0-4	C. organ. peu décomposée, nombreuses radicelles	—	—	—	4,7	22,1	0,34
4-10	C. minérale avec nombr. débris peu décomposés	—	—	—	2,9	12,5	0,30
1-10	Sable blanc grossier	2,8	70,5	26,7	—	—	0,09

(22) Ces données nous ont été aimablement fournies par J. JONGEN.

Profil sur alluvions anciennes (relevé 8)

Profondeur (cm)	Description des horizons	Granulométrie			pH	C (%)	P ₂ O ₅ (mg/100 g)	BE
		Eléments fins	Sables fins	Sables gross.				
0-40	Sable noirâtre peu riche en matières organiques	6,6	1,9	91,5	4,4	3,7	1,5	1,0
40-80	Sable gris à blanc	1,3	0,6	98,1	5,1	0,2	0,5	0,1

Il arrive qu'un horizon gleyifié (10 à 15 cm) s'intercale dans le profil sableux; c'est notamment le cas dans l'esôbé de Benkole (relevé 1).

B. Les relations syngénétiques existant entre les groupements étudiés

Les facteurs responsables des successions qui s'établissent dans les eaux et les biotopes alluvionnaires récents de la Cuvette équatoriale congolaise ressortissent à deux sortes de causes:

a) Causes intrinsèques: vitesse des phénomènes d'atterrissement, nature du substrat, durée relative des périodes de submersion et d'exondaison, possibilités de ressuiement temporaire ou engorgement permanent du profil;

b) Cause extrinsèque: intervention de l'homme par le truchement du feu.

Tenant compte de ces différents facteurs, nous schématisons à la *figure 10* le déroulement des successions au départ des plages d'eau libre, en détaillant uniquement les stades de la série herbeuse.

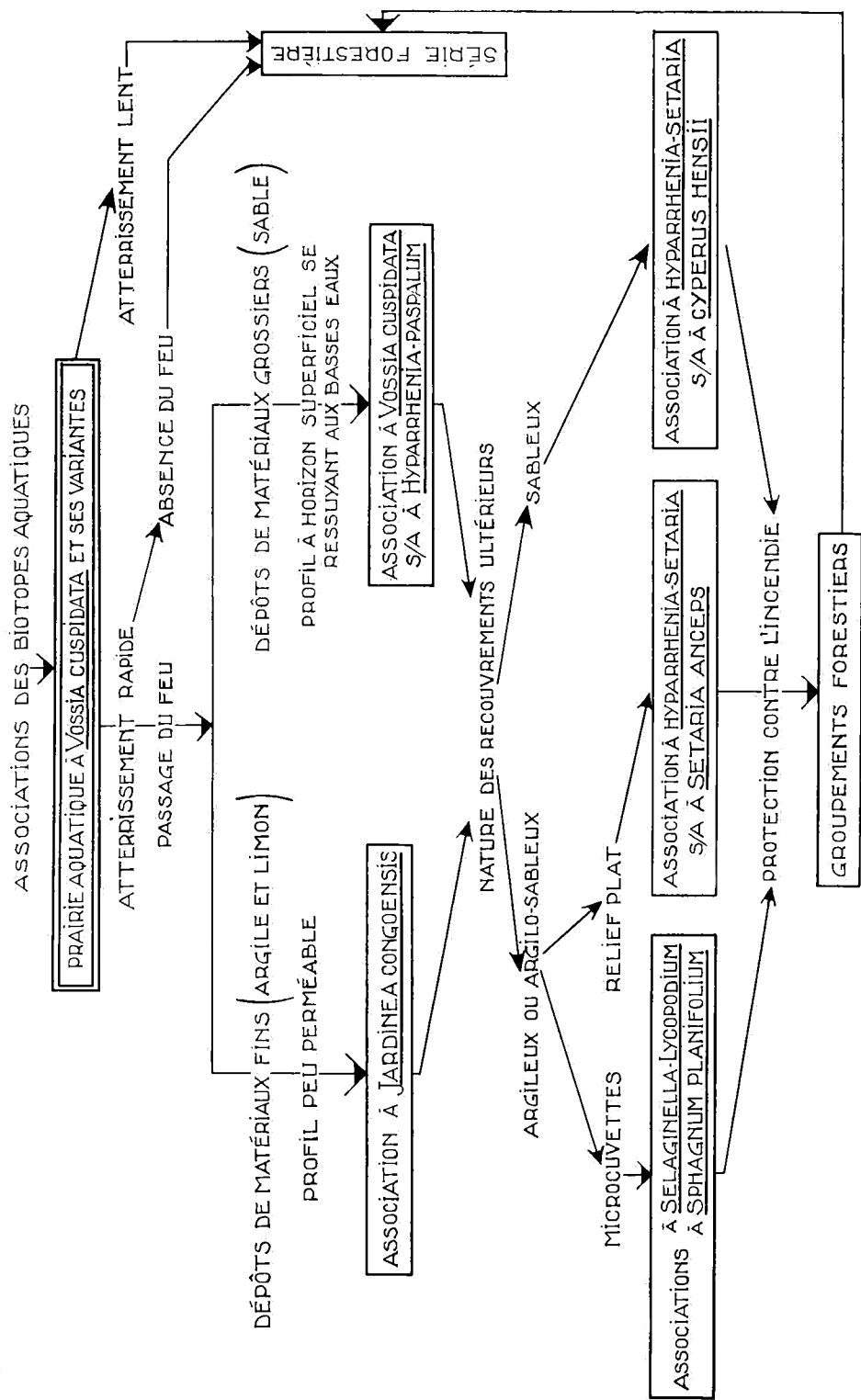


Fig. 10. — Esquisse des relations syngénétiques.



CHAPITRE VIII

LES SAVANES INTERCALAIRES DU SECTEUR FORESTIER CENTRAL

Les relations concernant la découverte des savanes intercalaires (ou esôbé) et l'essentiel des opinions formulées quant à leur origine ont fait l'objet d'un paragraphe précédent (p. 195).

On a vu que ces enclaves herbeuses en forêt équatoriale se répartissent en trois ensembles géographiques: un premier, à l'équateur même; un deuxième, sur la rive droite du Congo entre 2° et 3° lat. nord; un troisième, dans le Nord Sankuru, entre 2° et 3°30 lat. sud.

C'est principalement sur les plaines herbeuses sises à l'équateur qu'ont porté nos investigations; c'est d'ailleurs de ces clairières que la littérature fait principalement état.

§ 1. LES SAVANES INTERCALAIRES DE L'ÉQUATEUR ET DE SES ABORDS IMMÉDIATS

A. Description sommaire des esôbé prospectés

Les esôbé les mieux connus et les plus étendus se rencontrent au nord-est de Bikoro et à l'ouest du lac Tumba, entre Irebu et Gombe. Il ne fait aucun doute que le levé photogrammétrique du District de la Tshuapa permettrait d'en localiser bien d'autres.

a) *Les esôbé intercalaires de la route Bikoro-Coquilhatville*

Cet axe routier traverse ou côtoie plusieurs savanes de configuration et de surface très variables. Les photos aériennes relatives à cette partie du territoire de Bikoro se sont montrées inutilisables pour l'établissement d'un croquis donnant les em-

placements respectifs de ces plaines: de gros nuages masquent la végétation et aucun détail n'est discernable sur les clichés (1).

La *figure 11* fournit la situation approximative des esôbé du tronçon Bobanda-Liombo et leur localisation par rapport au réseau hydrographique. Ce croquis, basé sur les données d'un rapide cheminement, n'est qu'un simple schéma situant ces savanes dans le paysage topographique. Il met en évidence un fait important à savoir que, dans cette région relativement vallonnée pour la Cuvette, les esôbé occupent les dômes interfluviaux et descendent parfois jusqu'à proximité des rivières ou confinent à des forêts marécageuses.

Voici en même temps qu'une liste énumérative, une rapide description des esôbé visités.

1. *L'esôbé de Liombo*

Cet esôbé qui fait partie des terres concédées à la Société des Cultures Equatoriales, couvrirait originellement une dizaine d'ha. En 1944, nous l'avons trouvé partiellement complanté d'hévéas; des sujets de trois ans montrent peu de vigueur mais cette mauvaise croissance est partagée par des plants de même âge établis en bordure sur défrichement forestier. Dans les parties non plantées mais labourées, une couverture de *Pueraria phaseoloides*, se montre malvenante et en voie de disparition par endroits; le sol est sablo-argileux avec apparition de concrétions latéritiques vers 2 m de profondeur.

2. *L'esôbé de Loluwa*

J. LOUIS (en manuscrit) signale l'existence vers le Km 8 de la route, d'un esôbé à *Hyparrhenia* d'environ 50 ha, comportant de grosses termitières en cônes aplatis et quelques îlots d'*Alchornea cordifolia*; nous ne l'avons pas prospecté.

3. *L'esôbé de Mengi ou de Mbongi (2)*

Les terres du village de Yembe-Moke comportent une savane couvrant de 800 à 1 000 ha, légèrement vallonnée et contournant

(1) Au-dessus de la grande forêt équatoriale, les conditions météorologiques sont rarement propices aux prises de vues aériennes.

(2) Mbongi serait le terme par lequel les pêcheurs Ekonda désignent le vent de tempête qui s'abat occasionnellement sur le lac Tumba. Une forte brise souffle, par intermittence, sur cette vaste clairière: d'où l'appellation de Mbongi appliquée à cet esôbé.

les têtes de source de la rivière Ongo. L'*Hyparrhenia* domine sauf dans quelques dépressions marécageuses à *Selaginella-Lycopodium* ou plus rarement à *Sclerosperma mannii*, petit palmier du sous-bois des forêts marécageuses. Un îlot boisé (plus ou moins 30 ares) et quelques grosses termitières s'y remarquent également. Cet esôbé, comme d'autres d'ailleurs, sert parfois de lieu de sépulture.

4. L'esôbé de Ngondi

D'une surface de 50-60 ha, cet esôbé, traversé par la route, compte quelques termitières de 1,50-2 m de haut. La savane à *Hyparrhenia* est piquetée, par endroits, de quelques pieds d'*Anona arenaria* et de *Nauclea latifolia*. Autour d'anciennes cases construites en bordure de la route, quelques arbustes des recrus forestiers se sont implantés.

5. L'esôbé d'Elali-Yembe

Située sur les terres du village de Yembe-Monene, cette savane, que la route traverse approximativement suivant son grand axe, s'étend sur 2 à 300 ha. La figure 12 en donne les contours et certains détails topographiques et floristiques. Cette plaine en croupe légèrement ondulée compte, dans sa partie sud, de grosses termitières et d'autres du type « champignon ». En dehors de quelques plages marécageuses à *Selaginella-Lycopodium* ou à *Raphia* et de deux îlots boisés assez importants, l'*Hyparrhenia* domine dans cette grande savane bordée quasiment sur tout son pourtour de forêts marécageuses.

6. L'esôbé d'Iweko

Cet esôbé, qui s'intercale entre ceux de Mengi et d'Elali-Yembe, couvre une surface sensiblement égale à ce dernier. La savane à *Hyparrhenia* domine dans toute sa moitié est, la seule que nous avons parcourue. Peu avant notre visite, un incendie avait entamé la lisière forestière sur une profondeur de 8-10 m: des gaules de 10 cm de diamètre étaient mortes, mais des sujets de 30-40 cm de diamètre n'accusaient pas le contrecoup du passage du feu.

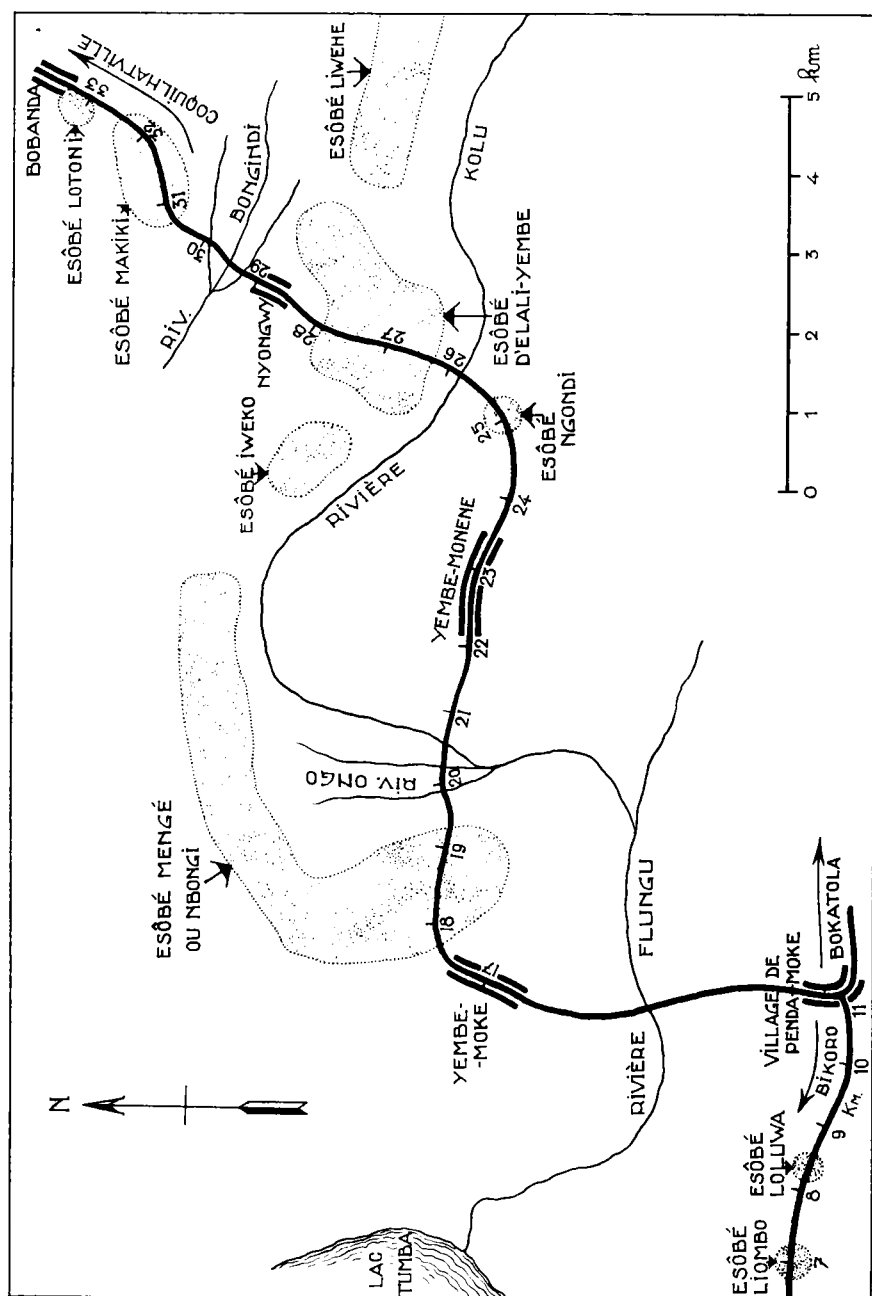


Fig. 11. — Croquis donnant l'emplacement approximatif des esbé de la route Bikoro-Coquilhatville.

7. *L'esôbé de Liwehe*

Cette vaste clairière de forme irrégulière (2-3 km de long et 150-400 m large) couvre approximativement 1 000 ha et sans doute davantage. Une bande forestière la sépare à l'ouest de l'esôbé d'Elali-Yembe: elle est sèche pour une partie (100 m) et marécageuse pour le reste (400 m). Sa végétation est identique à celle des savanes voisines.

8. *L'esôbé de Makiki*

Plus petit en surface (60 ha environ), cet esôbé, comme celui d'Elali-Yembe, est traversé par la route. *Anona arenaria* est assez bien représenté dans cette savane à *Hyparrhenia* qui comporte également quelques pieds d'*Hymenocardia ulmoides* et d'*Elaeis*. La forêt marécageuse l'encercle sauf du côté ouest où une mince bande de forêt sèche l'en sépare.

9. *L'esôbé de Lotoni*

Un petit esôbé ne dépassant guère 20 ha se rencontre sur les terres du village de Bobanda; une forêt sèche le ceinture.

Nature du substrat

A l'exception de l'esôbé de Loluwa que nous n'avons pas étudié, les autres esôbé ont fait l'objet d'examen du sol en place. En dehors des plages marécageuses, un même type de substrat se rencontre dans toutes ces savanes: un ferralsol de texture sablo-argileuse montre des concrétions latéritiques à des profondeurs variant entre 0,75 et 2 m.

Sous forêt périphérique de type sec, le profil est macroscopiquement semblable à celui sous savane.

Les caractéristiques du sol en place et les résultats de l'analyse physico-chimique seront traités dans un autre paragraphe.

b) *Les esôbé de la région d'Irebu-Gombe*

1. *L'esôbé des Lusankani*

Cet esôbé qui couvre au moins 1 000 ha, s'étend au nord d'Irebu au delà des installations militaires. Cette vaste plaine,

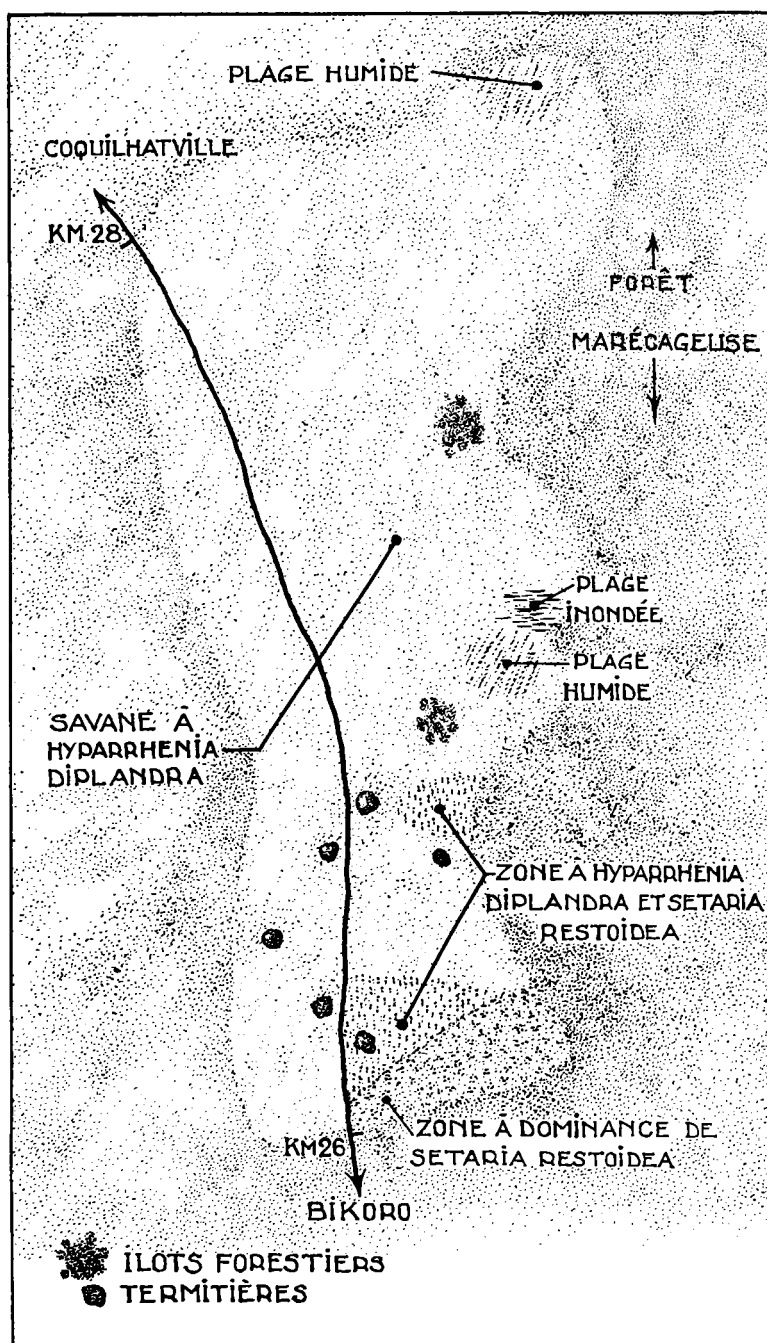


FIG. 12. — Esobé d'Elali-Yembe. Cartographie sommaire de la végétation.

bien fournie en termitières, offre sur une grande partie de sa surface l'aspect d'une savane à boqueteaux; ceux-ci vont de quelques ares à quelques ha. Les zones herbeuses sont essentiellement à dominance d'*Hyparrhenia*. Parmi des ligneux, *Anona arenaria* et *Borassus aethiopum*, ce dernier à l'état isolé ou par petits groupes, sont bien représentés. Les plages sur cuirasse latéritique superficielle portent un groupement à *Ctenium concinnum* tandis que les dépressions, assez fréquentes dans la partie nord-est qui confine à la forêt inondée, hébergent soit l'association à *Lycopodium-Selaginella* soit, plus souvent, un groupement à *Panicum nervatum* et *Trichopteryx dregeana*. Lors de notre passage une grande partie de ces zones basses venait d'être parcourue par le feu.

On rencontre également des plages sporadiques d'*Imperata* de quelques ares. D'après les habitants de l'endroit, il s'agirait d'anciens champs vivriers (manioc principalement) établis en savane herbeuse; leur contour assez régulier paraît bien confirmer cette origine.

Un autre fait intéressant mérite d'être signalé à propos de l'esôbé des Lusankani (3). Dans sa partie nord-ouest, à proximité du camp, l'autorité militaire a établi jadis des palmeraies; les quadrilatères plantés apparaissent sur la photo aérienne de la Planche XI. En 1944, ces *Elaeis* malvenants avaient 4-5 m de hauteur totale et comme l'entretien de ces plantations était délaissé depuis quelques années, un recru forestier assez dense les surcimait en de nombreux endroits: l'état de massif était quasi réalisé sur toute l'aire complentée mais des relicttes de la savane herbeuse (plages d'*Hyparrhenia*) persistaient ça et là (4).

Une large reconnaissance pédologique de cet esôbé a montré, en dehors des plages marécageuses, un substrat sablo-argileux

(3) D'après F. BOLESSE [34], les Lusankani constituent une petite peuplade, issue de la famille des Nkole, originaire de la rivière Luo, qui s'est établie aux abords du confluent du chenal du lac Tumba.

(4) D'après ce même auteur, la fondation du camp militaire d'Irebu remonte à 1890; il ajoute que le « commandant demanda aux Lusankani d'apporter des vivres au camp ». On comprend que les sols de l'endroit aient payé un lourd tribut au ravitaillement des recrues à l'instruction!

avec concrétions latéritiques passant à une véritable dalle en profondeur. Sur des pentes à peine marquées, l'érosion a mis la dalle à nu; c'est notamment le cas aux abords de Bakulekule, village d'installation très récente (5), où la dalle affleurante porte un groupement à *Ctenium*.

2. *Les esôbé de Mensili et de Menkole*

Deux vastes esôbé quasiment contigus sont traversés par la route menant à Gombe et, fait assez rare, des groupes de cases s'y rencontrent. L'établissement de larges coupe-feux autour de ces petits hameaux a favorisé l'implantation de plusieurs essences des recrues forestiers: les nombreux boqueteaux dominés par des *Elaeis* n'auraient pas d'autre origine. Lors de notre visite, les feux avaient parcouru la totalité de ces savanes.

Le sol de ces deux esôbé ne diffère pas de celui des Lusankani.

On nous a signalé également l'existence de grands esôbé aux approches de Gombe; nous n'avons pas eu l'occasion de les visiter.

c) *Les esôbé intercalaires de la région de Coquilhatville*

Aux alentours du chef-lieu de la Province de l'Équateur, la seule savane sèche rencontrée se situe sur les terres de Wangata-Watsiko, village localisé au sud-est de Coquilhatville et auquel on accède en pirogue en empruntant un des nombreux chenaux de la Ruki.

L'esôbé de Wangata-Watsiko

La figure 13 montre les contours de cette savane de quelque 12 ha (400 m de long sur 2 à 300 m de large), au relief légèrement bombé; ses limites longitudinales confinent à la forêt périodiquement inondée tandis que ses lisières transversales sont constituées par des forêts secondaires sur substrat sec (*Plan-*

(5) A propos de cette agglomération, F. BOLESSE [34] écrit ce qui suit: « après sa carrière à la Force Publique, l'ex-sergent IYANZA Maurice construisit Bakulekule. Puis, au fur et à mesure que les boys, travailleurs et autres anciens militaires furent licenciés, ils vinrent le trouver pour qu'il élargisse son village par de nouvelles constructions. Maintenant cette partie est bien développée ».

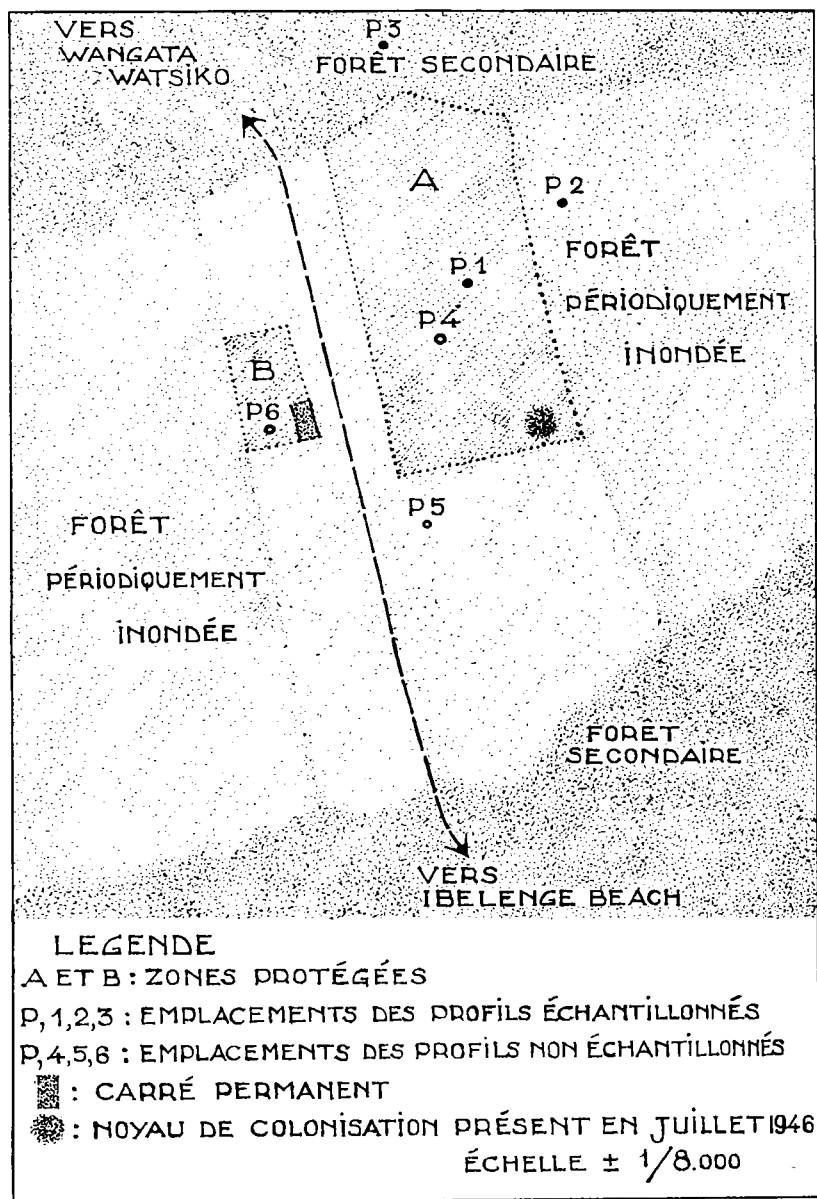


FIG. 13. — Esobé de Wangata-Watsiko. Zones protégées et emplacements des profils.

che XII); des termitières champignons abondent dans sa partie nord-ouest; on note également un petit îlot forestier établi sur une termitière aplatie (1 m de haut).

De 1944 à 1951, deux portions de cet esôbé furent protégées contre les feux tandis que le reste de la savane était brûlé chaque année. Une colonisation ligneuse s'est rapidement implantée dans les parties mises en défens mais, début 1952, un incendie accidentel parcourut tout l'esôbé, mettant ainsi un terme à cette expérience dont nous reparlerons par la suite.

B. Le substrat des esôbé intercalaires

Bien que l'examen du substrat ait porté sur l'ensemble des esôbé précédemment décrits, et, dans certains cas, fût étendu aux formations forestières périphériques, on ne reproduira ici que les caractéristiques (examen du sol en place et résultats analytiques) de quelques profils.

1. L'esôbé de Wangata-Watsiko

Le profilage (*figure 13*) a porté sur le sol sous esôbé, sous forêt périodiquement inondée et sous recru forestier post-cultural.

Sous esôbé (profil 1)

- 0-1 cm Débris de chaumes de graminées;
- 1-20 Couche argileuse noire, grasse au toucher, bourrée de racines;
- 20-35 Couche sablo-argileuse gris-glaque;
- 35-60 Couche ocre-jaune, présence de petites concrétions latéritiques;
- 60-85 Couche ocre-jaune, avec grosses concrétions;
- 85 Banc latéritique.

Remarque: Cinq autres profils examinés dans cet esôbé de 12 ha, montrent une même succession d'horizons; la profondeur du banc latéritique oscillant entre 60 cm (lisière de la forêt) et 150 cm (centre de l'esôbé).

Sous forêt périodiquement inondée (profil 2)

- 0-5 cm Débris végétaux en décomposition abondamment parcourus par des radicelles;
- 5-25 Couche argileuse noire très grasse au toucher, collante, devenant gris glauque vers la base;
- 25-80 Couche argileuse jaunâtre avec concrétions augmentant en densité et en diamètre vers le bas;
- 80 Banc latéritique. ...

Sous recru forestier (profil 3)

- 0-1 cm Mince couche de litière;
- 1-10 Couche sableuse humifère, sans structure;
- 10-40 Couche sablo-argileuse ocre foncé avec infiltration d'humus;
- 40-90 Couche ocre-jaune paraissant plus argileuse que la précédente avec grosses concrétions passant à de gros blocs en profondeur;
- 90 Banc latéritique démantelé.

2. L'esôbé de Mengi

Différents profils examinés dans cet esôbé, dont le grand axe est estimé à 4-5 km, se montrent très uniformes (plages marécageuses sur sable blanc exceptées).

Voici la description de deux d'entre eux.

Sous *Hyparrhenia diplandra* (profil 4)

- 0-1 cm Chaumes de graminées partiellement calcinés;
- 1-20 Couche sablo-argileuse gris brunâtre;
- 20-160 Couche sablo-argileuse, jaune ocre, plus collante, uniforme sur toute l'épaisseur, concrétions vers 1,20 m passant à un cailloutis vers 1,60 m; radicelles présentes jusqu'à 1,40 m.

Sous un îlot forestier de 30 ares (profil 5)

- 0-5 cm Litière et débris ligneux;
- 5-15 Couche sablo-argileuse gris brunâtre;

- 15-100 Couche sablo-argileuse jaunâtre plus claire en profondeur;
- 100-160 Couche sablo-argileuse, plus collante que celle des horizons supérieurs; radicelles jusque 1,50 m; concrétions dès 1,20 m;
- 160 Cailloutis latéritique.

Remarque: Sur les versants de ce grand esôbé, le banc latéritique est plus superficiel (40 à 70 cm).

3. *L'esôbé d'Elali-Yembe*

Les profils examinés dans cet esôbé montrent une grande uniformité mais le niveau d'apparition des concrétions est fonction de la situation topographique (ligne de crête, versant ou bas de pente).

Voici la description de deux profils sous savane et d'un profil sous forêt.

Sous esôbé, partie centrale (profil 6)

- 0 cm Litière pratiquement absente;
- 0-40 Couche sablo-argileuse brun noir, peu collante;
- 40-130 Couche jaune brunâtre; racines jusqu'à 0,80 m; concrétions éparses dans tout l'horizon.

Sous esôbé à 100 m de la lisière de la forêt (profil 7)

- 0 cm Litière absente;
- 0-30 Horizon sablo-argileux brun noir; traces de charbon de bois (6);
- 30-130 Couche jaunâtre un peu collante; radicelles abondantes jusqu'à 1,20 m; concrétions éparses dans tout l'horizon mais beaucoup plus denses vers 1,30 m;
- 145 Banc latéritique démantelé.

(6) G. COÛTEAUX [72] qui a prospecté le sol de certains esôbé, note également la présence « de morceaux de charbon de bois à 58 cm de profondeur » dans l'esôbé de Liombo.

Sous forêt sèche, à 50 m de l'esôbé (profil 8)

- 0-5 cm Matières organiques et feuilles mortes;
- 5-25 Couche sablo-argileuse brun noir; concrétions abondantes (petit diamètre);
- 25-100 Couche jaune rougeâtre; concrétions sur toute l'épaisseur;
- 110 Cailloutis et gros blocs latéritiques.

4. *L'esôbé de Liwehe*

Deux profils respectivement creusés sous savane et sous forêt montrent les horizons suivants.

Sous esôbé (profil 9)

- 0 cm Quelques débris de chaumes;
- 0-30 Sol ocre rouge foncé, humifère; racines abondantes;
- 30-110 Sol ocre foncé avec concrétions (dès 40 cm) augmentant en densité et en diamètre avec la profondeur; racines jusqu'à 75 cm.

Sous forêt (profil 10)

- 0-0 cm Litière peu décomposée;
- 5-60 Sol ocre rouge à brun cannelle;
- 60-110 Sol ocre foncé; concrétions à partir de 75 cm;
- 120 Banc latéritique.

La nature texturale et quelques constantes chimiques des échantillons prélevés dans ces profils figurent au *tableau XVIII*.

Il ressort des données de ce tableau que:

- La texture des substrats sous savane ne diffère pas de celle sous forêt périphérique;
- La valeur du pH est du même ordre de grandeur dans les deux habitats;
- La teneur en P_2O_5 et en bases échangeables est sensiblement égale dans les deux formations; cette pauvreté chimique marquée est propre aux terrains de la Cuvette en général.

Ces profils ne décèlent donc aucune différence essentielle: tant sous savane que sous forêt sèche ou inondée, il s'agit d'un même matériau parental. Le niveau d'apparition des concrétions

TABLEAU XVIII. — Caractéristiques analytiques des sols des esôbé intercalaires et des sols sous forêt de lisière.

Site	N° du profil	Prof. (cm)	Granulométrie			pH	C (%)	P ₂ O ₅ mg/100	B.E. mg/100
			Argile 0-0,002	Limon 0,002 à 0,02	Sable 0,02 à 2				
<i>Esôbé de Wangata-Watsiko</i>									
— Sous esôbé	1	20	26,7	6,0	67,3	4,7	5,7	0,5	2,0
		35	25,8	6,4	67,8	5	1,2	0,5	1,8
		60	34,3	5,3	60,2	4,7	—	0,5	3,7
— Sous forêt périodiquem. inondée	2	25	31,4	6,8	61,7	4,6	4,5	0,5	1,5
		80	35,5	5,7	58,8	5,7	1,0	0,5	3,5
— Sous recru forestier	3	10	27,5	5,5	67	4,7	5,8	0,5	1,6
		40	29,6	6,0	64,4	4,2	1,5	1,4	1,7
		90	31,3	6,0	62,7	5,0	0,5	0,5	2,1
<i>Esôbé de Mengi</i>									
— Sous esôbé	4	20	18,8	2,9	78,4	4,7	2,2	0,3	0,9
		160	23,3	2,7	74	4,9	0,5	0,8	1,0
— Sous ilot forestier	5	15	24,3	3,1	72,6	4,5	2,8	1,7	0,7
		100	21,7	3,3	75,0	4,8	0,9	0,9	0,6
		100	26,8	2,7	70,5	4,3	0,5	0,9	0,9
<i>Esôbé d'Elali-Yembe</i>									
— Sous esôbé-partie centrale	6	40	21,3	3,2	75,5	4,3	1,8	0,3	1,0
		130	26,3	2,8	70,9	4,5	0,5	0,8	1,4
— Sous esôbé en lisière	7	35	22,6	2,7	74,7	4,1	2,4	0,3	1,0
		130	29,3	3,2	67,5	4,2	0,7	0,8	1,4
— Sous forêt sèche	8	25	—	—	—	4,4	2,7	0,7	1,3
		100	28,8	4,0	67,2	4,8	1,1	3,5	1,9
<i>Esôbé de Liwebe</i>									
— Sous esôbé	9	30	17,6	3,1	79,3	4,4	1,9	0,4	1,1
		110	20,7	2,5	76,8	4,5	0,8	1,5	1,3
— Sous forêt sèche	10	60	17,4	2,8	79,8	4,4	1,4	0,6	1,1
		110	19,8	3,4	76,8	4,4	0,7	2,2	1,3

ou du banc latéritique est en relation avec le modelé des interfluvies (crêtes ou versant ou bas de pente); le matériel meuble est généralement plus épais sous esôbé que sous forêt.

Ainsi l'étude pédologique des savanes équatoriales congolaises ne met pas en évidence des déficiences ou des carences particulières du substrat (7); de ce fait, la thèse d'une origine édaphique de ces formations doit être rejetée.

C. La végétation des esôbé intercalaires

A l'exception de quelques petites dépressions marécageuses ou périodiquement inondées hébergeant l'association à *Selaginella-Lycopodium* et de quelques plages, au demeurant assez rares, de latérite affleurante, la physionomie des esôbé intercalaires comme celle des esôbé rivulaires est dominée par la prédominance de l'*Hyparrhenia diplandra*. C'est également l'association à *Hyparrhenia-Setaria* légèrement modifiée (sous-association à *Elyonurus hensii*), qui se retrouve dans ces savanes sèches.

Le tableau XIX groupe dix relevés effectués dans les esôbé les plus représentatifs.

On retrouve ici le lot des caractéristiques des esôbé rivulaires qui s'est enrichi d'un certain contingent d'espèces de savane sèche dont:

— *Elyonurus hensii*, petit hémicryptophyte cespiteux des savanes guinéennes congolaises sur substrats déjà arides; au Bas-Congo notamment, ce graminé caractérise les sols les plus pauvres et les plus dégradés (*Crossopterygeto-Elyonuretum*, R. DEVRED 1956);

— *Trichopteryx dregeana*, Graminée plurirégionale africaine, partage la même écologie et offre le même type biologique que l'espèce précédente;

— *Anona arenaria* et *Nauclea latifolia*, deux phanérophyles très abondants dans les savanes guinéennes font ici une timide

(7) En Guinée ex-française, H. JACQUES-FÉLIX et R. BETREMIEUX [186], comparant un sol forestier à un sol de savane de même origine, écrivent: « Ces deux sols identiques jusqu'à la modification du couvert végétal sur l'un d'eux, ont conservé de grandes ressemblances et le changement de végétation plus ou moins récent non daté, n'a encore modifié de façon nette que les caractéristiques de l'horizon supérieur ».

[illegible]

LÉGENDE DES RELEVÉS

1. Esobé de Wangata-Watsiko, partie brûlée depuis 6-8 mois; groupement à *Hyparrhenia*; 12-X-1943.
2. Même esobé, plage récemment incinérée; groupement à *Pyrreus*, en pleine floraison; 12-X-1943.
3. Même esobé et même emplacement que le n° 1; relevé de J. LÉONARD; 18-VIII-46.
4. Grand esobé de Lusankani (Irebu); groupement à *Hyparrhenia*; 3-III-1944.
5. Esobé de Wangata-Watsiko; partie récemment incinérée; groupement à *Pyrreus*; 11-X-1943.
6. Même esobé et même emplacement que le n° 5, incinéré entretemps; 8-III-1944.
7. Esobé d'Elali-Yembe (200 ha), route Bikoro-Coquilhatville; groupement à *Hyparrhenia*; 22-II-1944.
8. Même esobé et mêmes conditions; 22-II-1944.
9. Esobé de Liwehe (3-400 ha) à l'E. d'Elali-Yembe; plage incinérée depuis 1 mois; 23-II-1944.
10. Esobé de Mengi, route Bikoro-Coquilhatville; groupement à *Hyparrhenia*; 23-II-1944.

apparition: ce sont les seuls représentants arbustifs qui aient pu gagner les clairières herbeuses du Congo équatorial (8).

On remarque par contre l'absence de *Setaria anceps* affectonnant les sols lourds et celle des deux différentielles des esôbé rivulaires sablonneux: *Cyperus bensii* et *Merremia tridentata* subsp. *angustifolia*.

La périodicité de la végétation, déjà apparente dans la sous-association typique des esôbé rivulaires, se marque davantage dans nos esôbé intercalaires. L'incendie plus régulier et plus complet de ces vastes clairières est à l'origine de trois aspects saisonniers aisément observables:

— La « pelouse » à *Pycnus scaetiae* et à *Bulbostylis laniceps*; cette synusie vernale est en pleine floraison peu après le passage du feu;

— La « prairie » à *Trichopteryx dregeana*, à *Monocymbium ceresiiforme* et à *Elyonurus bensii* atteint environ 60 cm de hauteur après quelques semaines: à ce stade les thérophytes, principalement *Polygala gilletiana* et *Neurotheca longidens*, s'empres-sent de fleurir;

— La « savane » à *Hyparrhenia* enfin, ne tarde pas à mas-quer les deux faciès précédents et représente le stade de maturité saisonnière du groupement.

Le spectre biologique traduit, dans toutes les synusies, une do-minance massive des hémicryptophytes cespiteux

	Hémicrypto- phytes	Théro- phytes	Phanéro- phytes
Nombre d'espèces	10	4	2
Spectre brut	62,5 %	25 %	12,5 %
Spectre pondéré	98 %	1,5 %	0,5 %

L'analyse géographique des 16 espèces de l'ensemble spécifi-que normal donne la répartition suivante:

(8) C'est à la suite d'une détermination erronée que la présence de *Maprounea africana* a été signalée dans les esôbé [278, 13]; il s'agit de *M. membranacea*, petit arbre très commun dans toutes les formations forestières de la Cuvette. *M. africana*, abondant dans les savanes guinéennes du sud, n'a jamais été récolté dans le Secteur Forestier Central.

- 8 espèces guinéennes,
6 espèces guinéennes et soudano-zambéziennes,
2 espèces plurirégionales africaines.

D. L'évolution de la végétation des esôbé intercalaires

Le dynamisme de la végétation de ces savanes a pu être observé dans les régions de Coquilhatville et d'Irebu.

1. Dans l'esôbé de *Wangala-Watsiko* couvrant quelque 12 ha, deux blocs de 4 ha et de 0,60 ha furent mis en défens de feu pendant 5 1/2 ans (octobre 1943-mars 1949). La figure 14 reproduit le dispositif de l'essai de protection; la photographie aérienne (Planche XII) est particulièrement expressive du résultat obtenu: le contraste est bien apparent entre les zones protégées et les parties brûlées annuellement.

Un carré permanent de 100 m², situé dans le bloc I (4 ha), fut analysé à trois ans d'intervalle; en voici l'inventaire floristique:

Espèces	Octobre 1943	Juillet 1946
<i>Hyparrhenia diplandra</i>	5.5	3.5
<i>Bulbostylis laniceps</i>	4.5	2.2
<i>Setaria restoidea</i>	+ 2	+ 2
<i>Monocymbium cerasiiforme</i>	+ 2	+ 2
<i>Neurotheca longidens</i>	+ 2	+ 1
<i>Pycnus scaetiae</i>	1.2	2.2
<i>Polygala gillettiana</i>	+ 1	—
<i>Osbeckia congolensis</i>	—	+ 2
<i>Elyonurus hensii</i>	+ 1	+ 1
<i>Trichopteryx dregeana</i>	1.2	—
<i>Brachiaria kotschyana</i>	+ 2	1.2
<i>Indigofera paracapitata</i>	—	+ 1
<i>Setaria sphacelata</i>	+ 2	+ 2
<i>Borreria stricta</i>	+ 1	+ 1
<i>Indigofera microcalyx</i>	+ 1	—
<i>Cassia mimosoides</i>		3 plantules
<i>Melastomastrum segregatum</i>		42 plantules
<i>Rauwolfia mannii</i>		3 plantules
<i>Macaranga spinosa</i>		3 plantules
<i>Xylopia aethiopica</i>		3 plantules

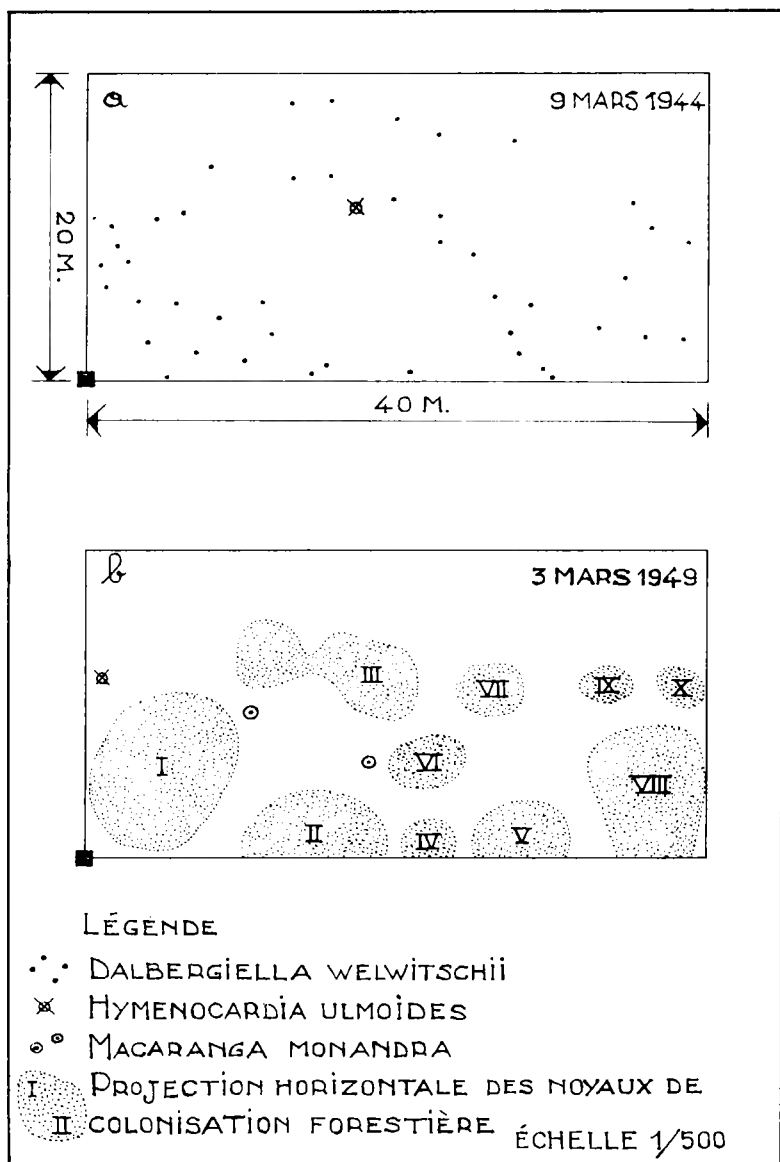


FIG. 14. — Esôbé de Wangata-Watsiko. Projection horizontale d'un carré permanent dans la partie mise en défens.

Au total, la végétation, en dehors d'une diminution du couvert herbeux, n'accuse guère de changement qualitatif mais on note déjà l'apparition de plantules de suffrutex (*Melastromastrum*) et d'essences de recrues forestiers (*Macaranga*, *Rauwolfia* et *Xylopia*).

Dans l'ensemble de ce bloc protégé, apparaissent à l'état dispersé d'autres espèces pionnières de la série forestière: *Hymenocardia ulmoides*, *Harungana madagascariensis*, *Cecropia leucocoma*, *Psorospermum tenuifolium* et de nombreux *Anthocleista liebrechtsiana*; *Mikania scandens* est également présent.

Un noyau de colonisation plus important (20 à 30 m²) a pris naissance dans le coin S.E. (figure 13); il s'agit d'un îlot de 3 m de haut comprenant dans sa strate dominante:

- *Caloncoba welwitschii* (3 pieds de 3 m de haut);
- *Hymenocardia ulmoides* (6 pieds de 2,50 m);
- *Harungana madagascariensis* (2 pieds de 2 m);
- *Cecropia leucocoma* (3 plants de 75 cm).

En sous-étage on trouve des plantules (non dénombrées) des espèces suivantes: *Bridelia stenocarpa*, *Allophylus africanus*, *Ouatea arnoldiana*, *Pentadiplandra brazzeana*, *Maprounea membranacea*, *Psorospermum febrifugum*, *Maesobotrya floribunda* var. *hirtella*, *Melastromastrum* sp, *Aframomum* sp, *Cissus* sp et *Nephrolepis* sp.

Un second carré permanent de 8 ares fut délimité à l'extrémité NW du bloc II (0,60 ha); voici le détail de la composition floristique de ce plateau en octobre 1943:

<i>Hyparrhenia diplandra</i>	5.5	<i>Neurotheca longidens</i>	+ .1
<i>Setaria restoidea</i>	+ .2	<i>Monocymbium cerasiiforme</i>	+ .1
<i>Bulbostylis laniceps</i>	4.5	<i>Trichopteryx dregeana</i>	+ .1
<i>Brachiaria kotschyana</i>	+ .2	<i>Borreria stricta</i>	+ .1
<i>Elyonurus hensii</i>	+ .1	<i>Vigna multinervis</i>	+ .1
<i>Osbeckia congolensis</i>	+ .1	<i>Cucurligo pilosa</i>	+ .1
<i>Schizachyrium platyphyllum</i>	+ .1	<i>Cassia mimosoides</i>	+ .1
<i>Setaria sphacelata</i>	+ .1	<i>Indigofera paniculata</i>	+ .1
<i>Polygala gilletiana</i>	+ .1		

Les chaméphytes ligneux se limitent à quelques pieds d'*Eriosema laurentii* tandis que les phanérophytes comprennent quelques sujets de *Dalbergiella welwitschii* et d'*Hymenocardia ulmoides*; 1 germination d'*Harungana madagascariensis* est également notée.

Ce même plateau visité 5 1/2 ans plus tard (mars 1949) a notablement changé d'aspect. Des pionniers de la série forestière occupent environ 50 à 60 % de la surface; ils se répartissent en dix noyaux de colonisation de diamètre variable et dont la hauteur va de 1,50 à 4,50 m. La projection horizontale des surfaces couvertes par ces îlots est reproduite à la figure 14 tandis que le tableau XX en donne l'inventaire spécifique et numérique.

Dans la partie non protégée de ce même esôbé, on note la présence d'un petit îlot forestier (250 m²) établi sur une termitière surplombant de 1,50 m le niveau de la savane environnante; cet îlot se présente comme suit (octobre 1943):

— Une partie centrale de 7-8 m de large dont le dôme, constitué par deux pieds d'*Ocithoccosmus africanus* de 6-7 m de haut, abrite de jeunes sujets d'espèces de recrues comme *Harungana madagascariensis*, *Macaranga spinosa*, *Hymenocardia ulmoides*, *Allophylus africanus*, *Maprounea membranacea*, *Maesobotrya floribunda* var. *hirtella*, *Erythrococca oleracea*, *Ouratea arnoldiana*, *Rauwolfia manni* et une souille lianeuse composée principalement de *Roureopsis obliquifoliata*, *Hugonia platysepala*, *Byrsocarpus viridis*, *Ficus exasperata*, *Dichapetalum* sp, *Vigna* sp, tandis qu'au sol dominant des fougères (*Pteris* sp, *Nephrolepis* sp), *Cyperus fertilis*, *Geophila* sp et *Bufoestia* sp;

— Une frange périphérique de 4-5 m de largeur consiste en un fourré mixte de graminées (*Hyparrhenia* principalement) et de ligneux de 1 à 3,50 m de haut parmi lesquels dominent *Dalbergiella welwitschii* (9), *Clappertonia ficifolia* et *Clerodendron formicarum*; en lisière, *Ipomea involucrata*, *Costus afer*, quelques plants de *Macaranga zenkeri* et de *Vismia laurentii* ainsi que de nombreuses plantules de *Maesobotrya floribunda* var. *hirtella* s'aventurent dans la savane herbeuse.

(9) *Dalbergiella welwitschii* est connu au Congo dans le Secteur Forestier Central et au Kasai. C'est par oubli que cette espèce n'a pas été traitée dans le vol. VI de la Flore du Congo Belge et du Ruanda-Urundi.

A titre expérimental, et principalement en vue de juger des effets du feu sur de tels noyaux de colonisation, un incendie fut allumé (fin octobre 1943), autour de cet îlot, par temps sec et vent assez fort. Après le passage du feu l'état du bosquet se présente comme suit:

— La frange périphérique est complètement détruite mais la partie centrale a peu souffert (fanaïson partielle des cimes);

— La surface originelle est réduite des 4/5.

Fin juillet 1946, nonobstant l'incendie annuel qui parcourt ce secteur non protégé, l'îlot est en bonne voie de recouvrer ses dimensions primitives; un relevé floristique n'a pu être fait par suite d'interventions humaines qui s'étaient produites entretemps.

Le rôle des termitières comme site favorable à l'établissement de noyaux forestiers n'est pas moins déterminant ici. Nombre de ces monticules portent un groupement mixte à graminées (*Hyparrhenia* et *Panicum maximum*) et à suffrutex principalement rudéraux (*Triumfetta*, *Sida*, *Clappertonia*, *Mimosa pigra*); à un stade de la succession plus avancé, on trouve, sous un dôme le plus souvent formé par *Ocithocosmus africanus* et *Morinda lucida*, un sous-étage comprenant: *Craterispermum brachyneatum*, *Pavetta membranifolia*, *Ixora radiata*, *Maesobotrya floribunda* var. *birtella*, *Mallotus oppositifolius*, *Vismia laurentii*, *Psychotria* spp., *Fromomum* sp et *Costus* spp., etc.

2. Dans le vaste esôbé des Lusankani (Planche XI), la nappe graminéenne est interrompue par de nombreux boqueteaux et d'imposantes termitières à divers stades de colonisation forestière.

Un pionnier forestier important est ici *Borassus aethiopum* (10): il est en effet à l'origine de nombreux noyaux de colonisation. Le rônier, dont les jeunes plants résistent aux feux, vit parfois en petits groupes sous lesquels le tapis graminéen s'amenuise et permet aux suffrutex et aux ligneux hygrophiles des recrues de

(10) D'après A. CHEVALIER [62], ce palmier serait domestiqué depuis des millénaires par les Noirs d'Afrique mais son exploitation n'a jamais dépassé le stade de protoculture. Jadis, à l'équateur, les fruits étaient consommés en période de disette: l'homme a donc favorisé sa dispersion; les éléphants qui

TABLEAU XX. — Inventaire floristique et dénombrement des espèces hygrophiles (ligneuses et herbacées) colonisant un plateau de 8 ares, après 5½ ans de protection (esôbé de Wangata-Watsiko)

Noyaux de colonisation	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X	
	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d	D	d
<i>Dalbergiella welwitschii</i>	1		1	1	1		1		1	1			1		1					
<i>Psorospermum tenuifolium</i>	3	16		1				9		6		5				12				
<i>Maprounea membranacea</i>	1	5		5							3					2				
<i>Gaertnera</i> spp.	1	1		3				3								2				
<i>Anthocleista squamata</i>	1	3	1												1					
<i>Harungana madagascariensis</i>		3	1	2			1	5	1	24						6				
<i>Hymenocardia ulmoides</i>		8		2	1			4		3						5	1			
<i>Xylopia aethiopica</i>			2							1										1
<i>Macaranga spinosa</i>												1	1						1	
<i>Allophylus africanus</i>						1														
<i>Maesobotrya floribunda</i> var. <i>hirtella</i>	4	39		1			2	1												
<i>Memecylon</i> sp.		11		3																
<i>Anthocleista liebrechtsiana</i>		10		5				1								7				
<i>Macaranga monandra</i>			13		7							2				3				
<i>Rauwolfia mannii</i>	1		2																	
			2													3				

s'implanter (10^{bis}). Les bosquets dominés par les *Borassus* sont rarement intacts (coupe de perches) et comprennent principalement: *Ficus capensis*, *Occhiocosmus africanus*, *Fagara macrophylla*, *Xylopia aethiopica*, *Hymenocardia ulmoides*, *Macaranga spinosa*, *Vernonia conferta*, *Rauwolfia vomitoria*, *Canthium* divers spp. et de nombreuses lianes des genres *Cnestis*, *Byrsocarpus*, *Agelaea*, *Dichapetalum*, *Strophanthus*, etc.

Dans cet esôbé, l'intervention humaine s'est également manifestée par des cultures (plages d'*Imperata*) et des plantations d'*Elaeis*. Une surface d'une vingtaine d'ha fut plantée de palmiers et soustraite aux feux de brousse pendant plusieurs années mais la mauvaise venue des *Elaeis* fit bientôt perdre tout espoir de production et conséquemment les sarclages d'entretien furent abandonnés. Une souille ligneuse put ainsi s'installer dans les interlignes et fin 1944, elle atteignait par endroit le stade de bas-perchis (7-8 m de haut) et surcimait les palmiers. Les nombreuses cépées de tous âges attestent qu'un furetage continu s'y pratique; sans ces éclaircies répétées, l'état de massif serait pratiquement réalisé. Des fragments de l'association à *Hyparrhenia*-*Setaria* encerclent encore, çà et là, des palmiers malingres.

L'exploitation de ce reboisement naturel rendait précaire toute analyse de sa végétation. Sur une surface de 1 ha, nous avons dénombré environ 80 espèces appartenant au cortège floristique des recrues forestiers sur terrains dégradés.

On est en droit de conclure que:

— La mise en défens se traduit par l'arrivée immédiate d'essences pionnières des groupements forestiers secondaires. Il s'agit surtout d'espèces ornithochores et anémochores qui s'im-

fréquentent occasionnellement ces vastes clairières sont également très friands des fruits du rônier et contribuent aussi à sa dissémination. Le *Borassus* est d'ailleurs bien représenté dans les savanes des environs de Bolobo et a pu être introduit de cette région: un trafic intense existait autrefois entre le centre de négoce de Tshumbiri et l'importante agglomération d'Irebu. En Ubangi-Chari, le *Borassus* est également d'importation récente et les peuplements marquent habituellement l'emplacement d'anciens villages [312]. Les peuplements de Casamance auraient la même origine [22]; dans ce territoire, comme en Guinée portugaise [55], le rônier se montre d'une grande utilité et ses peuplements font l'objet d'aménagement.

(10^{bis}) L'importance des rôniers dans le processus de cicatrisation des savanes de la Basse-Côte d'Ivoire a été évoquée par J. MIÈGE [242].

plantent suivant un processus analogue à celui décrit pour les savanes du Bas-Congo [148];

— Dans les esôbé établis sur des substrats bien pourvus en éléments fins, le rôle des termitières dans la recolonisation forestière est évident;

— Le pouvoir dynamogénétique du *Borassus* est particulièrement élevé.

§ 2. LES SAVANES INTERCALAIRES DU NORD DU SECTEUR FORESTIER CENTRAL

Nos connaissances phytosociologiques sur les clairières herbeuses de cette région sont fragmentaires; elles se limitent aux données qu'a bien voulu nous communiquer notre ancien collaborateur C. EVRARD (in litt.). A propos des savanes de la région de Bumba, il écrit:

Des esôbé très étendus se rencontrent dans cette région. Ils viennent d'une dégradation poussée d'une forêt secondaire installée sur les sols légers de l'Itimbiri. Parmi ces substrats fort sableux, certains sont apparentés aux sables podzoliques. Les groupements forestiers antérieurs à ces savanes postculturales sont à *Hymenocardia ulmoides* et *Xylopia aethiopica* (11).

La composition floristique de ces groupements herbeux les apparente manifestement aux esôbé intercalaires de la région de Coquilhatville; leur âge récent et des altérations du couvert (cultures) expliquent l'abondance de représentants des friches.

Quant aux substrats de ces clairières, nous avons signalé précédemment que les pédologues les rattachaient aux ferralsols de plateaux de type Yangambi. L'analyse d'échantillons prélevés sous savane et d'autres sous forêt n'accuse aucune différence marquante.

(11) Rappelons que les périmètres dont il est question se situent dans des territoires livrés à la riziculture de terre ferme et que l'extension des savanes intercalaires y a progressé au cours de ces dernières décennies.

Voici deux relevés effectués dans ces savanes.

N° du relevé	1	2
Strate supérieure - Hauteur (cm)	200	160
- Recouvrement (%)	90	95
Strate inférieure - Hauteur (cm)	30	40
- Recouvrement (%)	3	10
<i>Espèces du cortège des esôbé</i>		
<i>Hyparrhenia diplandra</i>	5.5	4.5
<i>Tephrosia barbigera</i>	+ .1	+ .1
<i>Brachiaria kotschyana</i>	+ .1	+ .1
<i>Indigofera paracapitata</i>	+ .1	+ .1
<i>Desmodium ramosissimum</i>	+ .1	
<i>Fimbristylis exilis</i>	+ .1	+ .1
<i>Cucurlogo pilosa</i>	—	+ .1
<i>Oldenlandia herbacea</i>	+ .1	
<i>Oldenlandia affinis</i>	—	+ .1
<i>Imperata cylindrica</i>	—	1.4
<i>Espèces des friches et des savanes en général</i>		
<i>Brachiaria brizantha</i>	2.2	
<i>Schizachyrium brevifolium</i>	+ .1	
<i>Digitaria uniglumis</i> var. <i>major</i>	+ .1	
<i>Pennisetum polystachyon</i>		+ .1
<i>Laggera alata</i>	+ .1	
<i>Vigna unguiculata</i>	+ .1	+ .1
<i>Desmodium velutinum</i>		+ .1
<i>Vigna micrantha</i>	+ .1	
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	+ .1	+ .1
<i>Crotalaria ononoides</i>		+ .1
<i>Uraria picta</i>		+ .1
<i>Abrus canescens</i>		+ .1
<i>Indigofera simplicifolia</i>		+ .1
<i>Striga asiatica</i>		+ .1

Relevé 1. — Environs d'Alberta, route Bumba-Lisala; esôbé à *Hyparrhenia*; 30-VI-1957.

Relevé 2. — Loeka, environs de Bumba; esôbé à *Hyparrhenia*; 30-I-1958.

§ 3. LES SAVANES INTERCALAIRES DU SUD DU SECTEUR FORESTIER CENTRAL

La forêt du Nord Sankuru est parsemée de clairières herbeuses dont les caractéristiques physiographiques et édaphiques ont fait l'objet d'une étude de A. RION [in 278]; nous avons résumé l'essentiel de ces relations au Chapitre VI.

Des prospections forestières dans les territoires de Lodja et de Katakokombe nous ont amené à rencontrer quelques unes de ces clairières. Il s'agit de savanes herbeuses piquetées çà et là de quelques arbustes et petits arbres dont *Albizia ealaensis*, *Hymenocardia acida* et *Bridelia stenocarpa*.

Floristiquement, les clairières du Nord Sankuru, comme les savanes de Bumba, rappellent les esôbé de l'équateur.

Une cause édaphique peut-elle être invoquée pour expliquer leur présence? Voici, à ce propos, les résultats d'analyse d'échantillons provenant de profils voisins mais situés sous différents couverts.

Nature du couvert	Profon- deur (cm)	Granulométrie (en microns)			pH	C (%)	N	P ₂ O ₅ (mg/100 g)	B.E.
		0-20	20-200	200- 2 000					
Savane	20	11	60,1	28,9	5,8	0,76	44	11,6	1,2
	45	11,4	60,1	28,5	5,5	0,48	28	5,0	1,0
	85	14,1	58,3	27,6	5,2	0,15	13	4,9	1,0
	+85	14	58,3	27,2	5,2	0,08	10	4,0	1,3
Forêt primitive	15	14	56,5	29,5	4,7	1,07	66	3,8	0,5
	40	18	58	24	4,7	0,46	38	3,7	0,7
	65	19,6	58	22,4	4,7	0,17	24	2,8	0,7
	100	24,5	63,4	22,1	4,6	0,15	17	2,4	1,0
Lande à <i>Pteridium</i>	20	16,2	53,2	29,6	4,4	1,92	125	4,2	1,2
	40	15,7	56,0	28,3	5,0	1,37	73	4,8	0,6
	60	16,5	57,2	26,3	4,8	0,64	43	4,9	0,4
	100	14,8	57,5	27,7	4,9	0,21	20	2,4	0,8
	+100	19,0	54,9	26,1	4,8	0,17	20	2,4	0,9

Les trois relevés ci-après ont trait à ces clairières.

N° du relevé	1	2	3
Surface (m ²)	400	1 000	1 000
Strate supérieure - Hauteur (cm)	150	175	100
- Recouvrement (%)	90	85	20
Strate inférieure - Hauteur (cm)	< 10	10-20	25
- Recouvrement (%)	30	50	70
<i>Espèces du cortège des esôbé</i>			
Hyparrhenia diplandra	4.4	4.5	1.2
Hyparrhenia filipendula	2.4	1.2	1.2
Brachiaria kotschyana	4.5	1.2	+2
Bulbostylis laniceps	3.3	3.3	3.3
Setaria restioidea	1.2	+1	1.3
Indigofera paracapitata	1.2	+1	+1
Elyonurus hensii	—	+1	2.2
Ctenium concinnum	—	2.2	2.2
Borreria stricta	+1	+1	+2
Pycnus scaetiae	1.2	+2	+1
Emilia graminea	+1	—	+1
Monocymbium cerasiiforme	—	+1	—
Eriosema glomeratum	+1	—	—
<i>Espèces des friches et des savanes en général</i>			
Afromomum stipulatum	2.2	1.2	—
Pentadiplandra brazzeana	+1	—	+1
Pteridium aquilinum	1.1	—	—
Imperata cylindrica	1.2	+1	—
Andropogon schirensis	1.2	—	—
Cyperus zollingeri	+1	+1	—
Cyperus tenax	—	1.2	—
Abrus canescens	+1	—	+1
Digitariopsis major	—	+1	—
Dissotis capitata	+1	—	—

Relevé 1. Entre Lukavukavu et Djovamputu (territoire de Lodja); savane intercalaire de 1,5 ha; 7-VI-1952.

Relevé 2. Village d'Oshisha lieu dit « Oswa wa Londjadi » (territoire de Katokombe); savane intercalaire d'environ 200 ha; 12-VI-1952.

Relevé 3. Environs de Katokombe; savane intercalaire de 20 ha récemment incinérée; sol nu sur environ 50 % de la surface; 11-VI-1952.

Au vu de ces données analytiques, il semble bien que ces savanes ne souffrent pas de déficiences édaphiques susceptibles d'entraver ou de retarder l'installation d'un couvert forestier.

§ 4. LES AFFINITÉS FLORISTIQUES

ENTRE LES SAVANES ÉQUATORIALES ET LES SAVANES GUINÉENNES

Nous avons déjà souligné précédemment que les esôbé rivulaires (savanes périodiquement inondées) et les esôbé intercalaires (savanes sèches) de l'équateur, bien que génétiquement différents, présentaient un cortège floristique très apparenté qui permettait de les réunir dans une même association.

La texture du sol est déterminante: les trois sous-associations reconnues correspondent à des constitutions granulométriques bien définies. Le *tableau XXI* met les caractéristiques édaphiques en parallèle avec l'ensemble spécifique normal de chacune des sous-associations.

Les esôbé (rivulaires) sableux sont évidemment les plus pauvres, et la sous-association à *Cyperus hensii* qui les colonise, traduit à la fois la pauvreté et l'aridité d'un tel substrat.

La composition floristique des deux autres sous-associations ne laisse pas de doute quant à l'appartenance de ces groupements à l'Ordre des *Hyparrhenietalia diplandrae*.

L'association des esôbé présente beaucoup d'affinités avec des groupements décrits du Bas-Congo (Savane à *Bridelia-Sarcocephalus-Hyparrhenia diplandra*, DUVIGNEAUD 1949 — Association à *Hyparrhenia diplandra* et *Aframomum stipulatum*, DEVRED 1956). Parmi les espèces communes aux esôbé et aux savanes du Bas-Congo, on relève: *Hyparrhenia diplandra*, *Brachiaria brizantha*, *Schizachyrium platyphyllum*, *Digitaria uniglumis* var. *major*, *Imperata cylindrica*, *Cyperus zollingeri*, *Desmodium ramosissimum*, *Indigofera simplicifolia*, *Cyclocarpa stellaris*, *Abrus canescens*, *Cucurligo pilosa*, *Borreria stricta*, *Nauclea latifolia* et *Anona arenaria*.

La flore des savanes de la région de Lodja-Katakokombe est la plus apparentée à l'association à *Hyparrhenia diplandra* et

Aframomum stipulatum sous-association à *Andropogon schirensis* que R. DEVRED [100] a reconnue dans les sols lourds schisto-calcaires du Kwilu-Madiata où elle s'établit par épuisement du sol consécutif à la surculture et à des jachères herbacées inadéquates. *Pteridium aquilinum* et *Aframomum stipulatum* sont des indicatrices de déforestation relativement récente et traduisent des conditions mésologiques favorables au retour des ligneux.

La composition floristique des savanes de la région de Bumba autorise leur rattachement aux groupements herbeux postculturaux établis sur des sols légers surcultivés et comportant, à côté d'espèces locales, beaucoup d'éléments que l'on retrouve dans les esôbé.

La végétation des esôbé intercalaires n'est donc qu'une forme appauvrie des savanes « dérivées » (groupements de dégradation) du pourtour de la forêt équatoriale.

§ 5. L'ORIGINE DES SAVANES INTERCALAIRES

Si le sol et le climat sont mis hors cause, quelle peut être alors l'origine de ces savanes qui, aux temps actuels, ne représentent plus qu'un « faciès de feu » ?

Pour expliquer la présence insolite de ces enclaves herbeuses dans un paysage forestier, sous un climat et sur des sols aptes à porter une sylvie équatoriale, il faut faire appel à l'action de l'homme.

Nous sommes ainsi amené à traiter du mode de « mise en place » de ces savanes et à discuter du passé historique de ces régions.

A. Le processus de savanisation en forêt équatoriale

Il est définitivement admis que les fronts nord et sud de la forêt équatoriale ont effectué un important recul. Ce retrait des

lisières forestières en direction de l'équateur s'il remonte à la période de pénétration en forêt des peuplades de savane, s'est néanmoins considérablement accentué au cours des dernières décennies en raison de l'introduction de certaines cultures (coton et maïs principalement).

Quelques auteurs s'expliquent plus difficilement qu'au cœur même du massif sylvatique guinéo-congolais, des savanes puissent s'installer par un processus analogue: l'hypothèse d'une origine édaphique de ces enclaves herbeuses les satisfait davantage. Rappelons à leur intention que la savanisation en région équatoriale relève de deux causes connexes:

1. La surculture des sols forestiers originellement pauvres qui, à l'abandon de la sole, aboutit à l'implantation de stades herbeux presque irréversibles ou exigeant tout au moins de longs délais pour le retour d'un couvert forestier protecteur et régénérateur de leur fertilité; l'apparition d'essences excessivement frugales et de plages graminéennes sont des signes manifestes de cet état précaire.

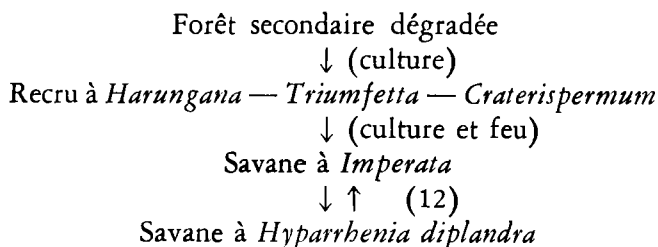
2. Le passage périodique des incendies qui écarte définitivement toute possibilité de réinstallation d'un recru forestier, au bénéfice des graminées et autres pyrophytes; le feu constitue d'autre part un agent d'érosion fort efficace (altération des horizons superficiels voire leur enlèvement dans le cas de fortes pentes).

On comprendra aisément que la première de ces causes a joué fréquemment en divers points de la forêt équatoriale congolaise, soit que les terrains déforestés se montraient particulièrement fragiles, soit que la pression démographique nécessitait la remise en culture de jeunes jachères forestières.

Un peu partout dans la Cuvette, des traces de savanisation récentes s'observent aux abords des villages. C'est toutefois dans les régions rizicoles et cotonnières que ce phénomène a revêtu une allure explosive, contrecoup du passage d'une économie de subsistance à une économie de marché.

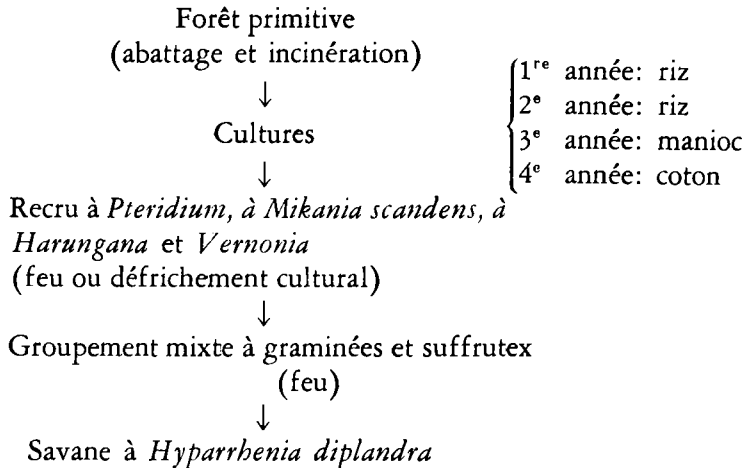
Dans les régions livrées aux cultures vivrières sarclées (riz de coteau dans le bas Itimbiri notamment), la fragilité des groupe-

ments forestiers est d'observation courante. La surculture de recrues forestiers trop jeunes (fertilité du sol non reconstituée) et l'action concomitante des feux aboutissent à la série régressive classique:



Dans les territoires du Nord Sankuru (régions de Lodja et de Katakombé principalement), les cultures cotonnières précédées par des « avant-cultures » de riz sur sols pauvres (10 à 15 % d'éléments fins) ont rapidement raison des peuplements forestiers.

Le cycle cultural pratiqué induit la succession régressive du type suivant:



Ainsi, l'implantation de certaines cultures dans le sud et le nord du Secteur Forestier Central est entrée localement en con-

(12) La remise en culture des savanes à *Hyparrhenia* permet à l'*Imperata* de se réinstaller durant la jachère; des constatations identiques ont été faites dans certains esôbé de l'équateur (Bondo et Lusankani).

flit avec l'équilibre fort précaire de certains groupements forestiers: les savanes intercalaires en sont les « stigmates » les plus évidents.

B. Le passé historique des territoires englobant des esôbé intercalaires

Si les esôbé intercalaires constituent des sortes « d'artefacts » dont l'homme est la cause première, on peut espérer trouver dans l'histoire du peuplement humain de la forêt équatoriale congolaise des indications capables de nous éclairer sur l'ancienneté de ces savanes et les circonstances de leur établissement. Faute de documents sûrs, on ne peut s'avancer très loin sur ce terrain.

Que connaît-on du « fait humain » dans le centre de la Cuvette, ou d'une façon plus générale dans la boucle du Congo, durant l'ère d'anarchie qui a précédé la pacification européenne?

Les vicissitudes historiques des populations sont fort mal établies et la tradition livre peu de renseignements. Toutefois des déductions pleines d'intérêt en ce qui nous concerne, ressortent de certains faits historico-génétiques qui méritent d'être relatés ici; nous les empruntons à H. BAUMANN et D. WESTERMANN [20].

Traitant de la pénétration de la civilisation paléo-méditerranéenne à l'équateur, ces auteurs écrivent:

Une série de peuples forts intéressants se rencontrent dans la boucle du Congo. Selon M. MAES, le groupe Mongo-Koundou, à l'intérieur de la boucle, comprend en dehors des Mongo (Lolos) et des Koundou, les Ekonda, Boyela, Ipanga, Akela, Bokala, Yaelima, Dengese, Nkutchu, Mongandu, Bolia et Tumba. Selon G. HULSTAERT, les Bosakas se rattacheraient, ainsi que les Boyelas, aux Mongo-Koundou, tandis que les Mbole, Linga (Koutou, Nkole) et Ngombe constituent des groupes à part et représenteraient, dans la boucle du Congo, une couche apparemment plus ancienne, couche qui aurait été comprimée par les Mongo-Koundou immigrés à une date relativement récente (13). Le R.P. SCHEBESTA voit dans les Ngombes un

(13) On trouvera dans la carte linguistique du R.P. VAN BULCK [330], la localisation géographique de la plupart de ces peuplades.

élément plus récent, et les rattache aux Ngalas; ils sont très dispersés (...) Les Mongo-Koundou sont visiblement des immigrés venus du nord, des envahisseurs récents de la boucle du Congo. Si nous ne le savions pas par leurs traditions qui renvoient toutes au nord, au delà « de la grande eau », nous l'apercevions à leur civilisation qui rappelle souvent d'une manière frappante les régions de savanes au nord et au nord-ouest de l'Ubangi (...). La similitude (de différents objets: armes et ustensiles) jointe à d'autres faits, indique un lien génétique commun (entre les Mongo, les peuples du Kordofan et de l'Afrique du Nord) (...). On peut allonger la liste (des similitudes et des ressemblances), et reconnaître ainsi l'invasion relativement récente d'une civilisation du type soudanais au cœur de la forêt vierge (...).

Ces ethnographes terminent leur étude du cercle congolais du nord (14) en insistant sur des faits fondamentaux dont voici l'essentiel:

(Ce cercle) est une zone forestière dont la civilisation à l'aspect pygmée a été transformée à une date assez récente par une invasion de tribus soudanaises (...). L'adoption de la langue bantoue fut sans doute accompagnée par l'introduction dans la région, d'éléments de la civilisation ouest-africaine venant du sud; ceux-ci furent transformés dans la forêt comme le fut la langue bantoue. Il ne survécut de cette civilisation que ce qui était susceptible d'être conservé dans la forêt et qui pouvait s'amalgamer avec celles des Paléo-soudanais et des Pygmées qui constituaient une base. Les tribus soudanaises (...) que l'on rencontre aujourd'hui au nord, sur l'orée de la forêt, ne sont que les brisants les plus récents de la vague de migration permanente nord-sud de Soudanais. Beaucoup d'autres de ces immigrants ont abandonné leurs idiomes soudanais en faveur du bantou; c'est ce qu'ont fait (...) les Mongo-Koundou au centre; malgré cela leur civilisation trahit par de multiples traits leur origine septentrionale.

Selon ces mêmes auteurs, ces civilisations anciennes ou assez modernes doivent occuper plus ou moins les sites actuels depuis une période antérieure à notre Moyen Age.

(14) L'extension géographique de ce cercle de civilisation coïncide avec la partie orientale de la région forestière (guinéo-congolaise) et se confond avec la forêt congolaise et l'aire d'extension de la « race sylvestre »; il représente « le domaine principal du développement de la variante septentrionale de la civilisation ouest-africaine (...) caractérisée par le fait que les seuls éléments de la civilisation spécifiquement ouest-africaine qui ont pu être conservés, lorsque le milieu le permettait, sont ceux qui dépendent essentiellement de l'environnement; par ailleurs, cette civilisation ouest-africaine a été détruite ou transformée par celle des Pygmées, plus ancienne, par celle dite paléonégritique et par celle plus récente apportée du nord par les peuples envahisseurs venant du Soudan » [20].

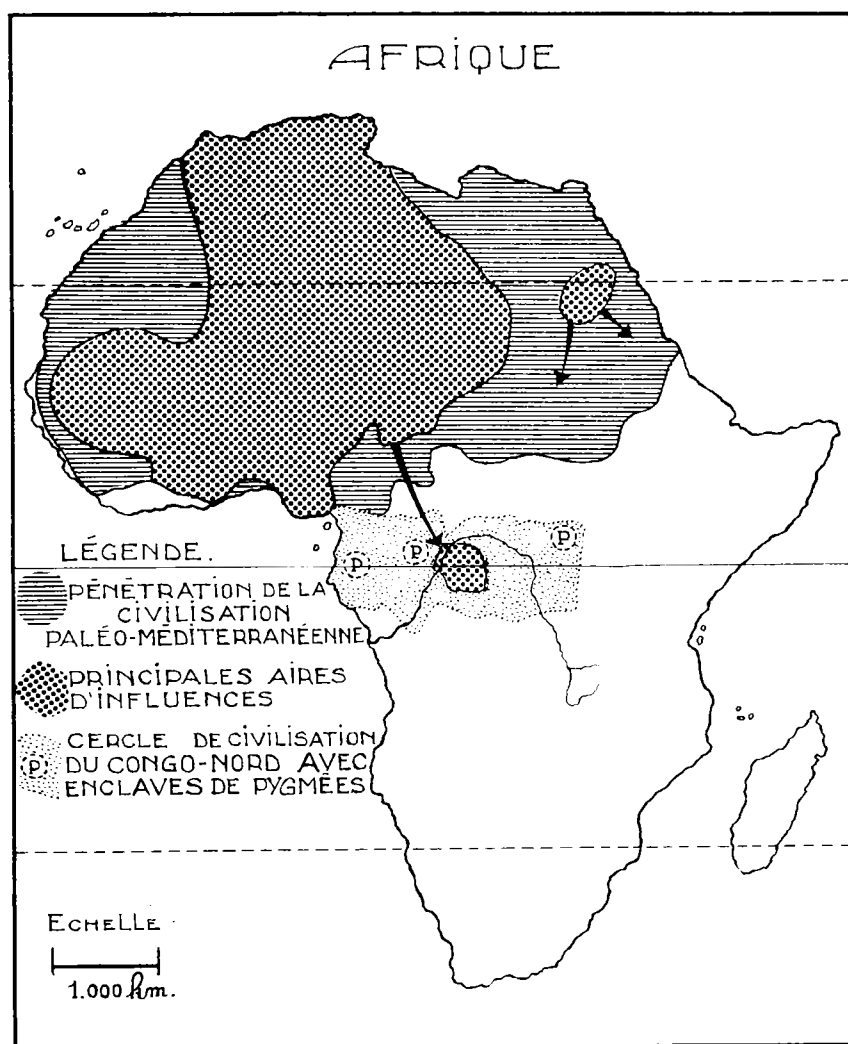


FIG. 15. — Limite de pénétration en Afrique de la civilisation paléo-méditerranéenne et principales aires d'influence (d'après H. BAUMANN et D. WESTERMANN [20]).

La *figure 15* montre, de façon assez saisissante, que la pointe la plus méridionale de cette civilisation paléo-méditerranéenne correspond précisément à l'aire d'extension principale des savanes équatoriales congolaises; il faut voir, pensons-nous, dans cette constatation plus qu'une simple coïncidence.

Des considérations relatives à des temps plus rapprochés de nous, valent également d'être rapportées ici.

Il semble bien qu'à l'arrivée des Belges à l'équateur, la population encore très élevée par rapport à celle d'aujourd'hui, avait déjà payé un lourd tribut aux guerres tribales et au commerce des esclaves.

Les estimations de population, avancées à l'époque de la pénétration belge en Afrique, paraissant très imprécises, A.J. WALTERS [353], par l'entremise de son périodique *Le Mouvement Géographique*, organisa un référendum (15). L'enquête ainsi menée fournit différents chiffres parmi lesquels nous retiendrons ceux relatifs aux régions englobant les savanes intercalaires.

Ainsi, C. FIEVEZ [137] estime que le long du fleuve, entre Lukolela et Lulonga, sur une bande longue de 200 km et large de 5 km, la population atteint 20 hab./km². Dans le District de l'Equateur, qui s'étendait alors sur 312 500 km², le taux d'occupation est de l'ordre de 10 à 20 hab./km². Irebu comptait 5 000 habitants, les rives du lac Tumba « 30 à 40 000 certainement », estimation ultérieurement ramenée à 26 000.

Dans la région d'Upoto (Lisala-Bumba) où F. THONNER [108] reconnaît d'importantes formations herbeuses, E. WILVERTH [354] constate de son côté une occupation humaine très dense. Sur une surface de 4 000 km² comprenant les rives et l'hinterland du fleuve, il évalue la population à 90 000 âmes soit 22 hab./km²! Il écrit:

Le détail suivant pourra, mieux que des chiffres, faire saisir la densité de la population en certains points de ce district. Je suis un jour parti à 6 h du matin du poste d'Upoto et j'ai marché durant 6 h vers le nord pour arriver à midi au village de Mokwami. Le long

(15) Ce référendum, écrit-il, « ne sera pas populaire, c'est-à-dire que ceux qui ne connaissent rien à la question et qui n'ont pas été au Congo, ne pourront y prendre part » (*sic*).

de ce trajet, d'environ 30 km, je n'ai fait que traverser des villages se succédant presque sans interruption.

Quelle que soit la valeur de ces recensements peu orthodoxes, on doit néanmoins reconnaître que la boucle du Congo avait jadis une densité de population élevée comparativement au taux démographique actuel.

Diverses causes nosologiques et sociologiques sont avancées pour expliquer le dépeuplement marqué de certains territoires de la Cuvette. Il en est une autre qui semble bien avoir opéré de terribles éclaircies dans la population de la partie ouest du District de l'Equateur et qui, d'après le R.P. BOELAERT [33], le dévastait encore durant les années 1889-1893, période durant laquelle Ch. LEMAIRE organisa puis commanda ces territoires. Ce missionnaire écrit à ce propos:

(Cette traite bantoue) a duré bien plus longtemps et a fait bien d'autres ravages que la traite arabe (pratiquée plus à l'est); elle drainait les caravanes d'esclaves vers l'embouchure du Congo (...). De groupement à groupement, ce commerce s'était étendu du bas Fleuve vers le haut. Les Bakongo apportent aux Bateke des fusils, de la poudre, du sel, des étoffes et les échangent contre des esclaves et de l'ivoire. Les Bateke font le même troc avec les Bobangi de Tshumbiri, Bolobo, Lukolela. Ceux-ci étendent le commerce aux Boloki et Eleku des environs de Coq, qui razzient les rivières de l'intérieur: Lulunga, Maringa, Ikelemba, Ruki, Busira, Momboyo. Le fleuve Congo est devenu l'un des centres de traite les plus actifs: des acheteurs noirs parcourent l'intérieur et razzient des villages pour amener des longues théories de malheureux. Des Ekonga, il y avait une route de caravane gardée et fortifiée, qui passait par les Bolia pour atteindre le Fleuve (...) GLAVE, qui, de 1886 à 1889, a commercé dans les rivières Maringa, Ikelemba et Ruki, trouve dans chaque village des esclaves exposés pour la vente. Rien qu'à Basankusu, on en offrait cinq cents en un jour.

Il poursuit par une citation de S. HINDE [170]:

Peu de temps après l'établissement de la station de l'Équateur, les résidents découvrirent qu'un trafic humain était pratiqué sur une grande échelle par les natifs de la région entre cette station et le lac Tumba. Les plus hardis étaient les tribus d'Irebo, dont la coutume était de remonter la rivière Lulongo en grandes bandes armées et de razzier les indigènes riverains. (...) Lorsque les razzieurs avaient réuni un nombre suffisant de prisonniers pour remplir leurs canots, ils redescendaient dans le Congo, et conduisaient leurs prises dans l'Oubangi, où on les vendait aux natifs pour servir de nourriture.

On rappellera enfin que, durant ces dernières décennies, beaucoup d'ethnies du centre de la Cuvette, et particulièrement les Mongo-Kundu, ont accentué de façon alarmante leur régression démographique; on a incriminé principalement des facteurs sociaux et nosologiques comme responsables de la diminution de la fertilité enregistrée depuis le début du siècle: ces peuplades ont des taux de remplacement (rapport entre deux générations successives) bien souvent inférieurs à l'unité, ce qui traduit l'état d'une population profondément atteinte dans son pouvoir de régénération.

De cette incursion dans le domaine ethnographique et démographique, il convient de retenir:

a) Que le centre de la Cuvette a connu à une date assez récente une invasion de tribus soudanaises

...et que de leur civilisation ne survécût que ce qui était susceptible d'être conservé dans la forêt [20].

Le mode de tenure fait normalement partie des éléments de civilisation apportés par les immigrants; aussi, est-il plausible d'admettre qu'ils ont tenté de l'appliquer à leur nouveau terroir. Toutefois, la fragilité des sols équatoriaux a eu rapidement raison du système d'agriculture soudanaise (16) et, devant les mécomptes enregistrés (chute de production), les arrivants ont dû adopter le système d'exploitation des Bantous (17). Il n'est pas impossible d'ailleurs que ces Soudanais aient délibérément maintenu les savanes nouvellement créées pour en retirer certains matériaux et notamment des chaumes pour la couverture des toits (18);

b) Que la population a dû atteindre par endroits des densités insoupçonnées actuellement et ce, dans des territoires où les terres arables étaient limitées aux croupes des interfluves (cas de la route Coquilhatville-Bikoro). Cette surcharge devait rapi-

(16) Rappelons que le système d'agriculture soudanais consiste à exploiter à fond la fertilité de la savane ou de la forêt: la sole est abandonnée quand l'insuffisance de la récolte dénote l'épuisement du sol.

(17) Ce système d'exploitation implique une jachère forestière plus ou moins longue entre deux cycles culturels successifs.

(18) Les chaumes d'*Hyparrhenia diplandra* seraient couramment utilisés pour la couverture des toits à Lukolela.

dement se traduire par une dégradation excessive des sols et, le feu aidant, amener la disparition du couvert ligneux;

c) Que l'intense trafic d'esclaves qu'ont connu ces territoires, a vraisemblablement nécessité l'établissement de camps de rassemblement ou de transit dont il convenait de rendre la surveillance aussi aisée que possible; les grandes clairières herbeuses bien dégagées offraient d'incontestables facilités à cet effet.

Ces considérations historico-génétiques nous amènent à conclure que si les formations végétales sont, au premier chef, la résultante du climat et secondairement du sol, à l'échelle régionale le peuplement humain a pu exercer une action non moins déterminante sur le tapis végétal: l'explication de certains paysages doit donc tenir compte des faits sociologiques plus ou moins anciens.

Le milieu forme un tout, et l'étude des savanes intercalaires équatoriales ne peut négliger celles des populations et de leurs vicissitudes historiques sous peine de ne fournir, pensons-nous, que des explications tronquées. Ici aussi le fait humain est inséparable des facteurs physiques.

CHAPITRE IX

LES ÉLÉMENTS FLORISTIQUES ET LEUR ORIGINE

Si, dans leur ensemble, les biotopes herbeux aquatiques et palustres ont été assez peu prospectés, par contre, la flore des esôbé rivulaires et surtout des savanes intercalaires a été bien inventoriée.

L'analyse phytogéographique portera naturellement sur l'ensemble des communautés végétales étudiées; ce sera toutefois la statistique floristique des esôbé qui retiendra, au premier chef, notre attention.

§ 1. LA FLORULE DES PELOUSES FLOTTANTES ET DES PRAIRIES AQUATIQUES

Nous traitons globalement sous cette rubrique de la composition floristique de sept associations et groupements, à savoir: l'association à *Pistia-Lemna*, celle à *Nymphaea-Utricularia*, le groupement à *Eichhornia*, l'association à *Vossia*, le groupement à *Cyperus nudicaulis* et la papyraie.

Notre liste énumérative n'est pas exhaustive: les pionnières, transgressives des groupements sylvicoles, n'y figurent pas; seuls y sont repris les constituants du cortège floristique normal des associations.

Le *tableau XXII* résume ces données phytogéographiques et taxonomiques.

Les Ptéridophytes et les Spermatophytes se répartissent géographiquement comme suit:

I. *Elément guinéen*

<i>Cyrtosperma senegalense</i>	<i>Rottboellia purpurascens</i>
<i>Heteranthoecia guineensis</i>	<i>Scleria goossensii</i>
<i>Melastomastrum autranianum</i>	<i>Stipularia africana</i>

II. *Espèces de liaison*

A. A distribution guinéenne et soudano-zambézienne:

<i>Azolla africana</i>	<i>Panicum subalbidum</i>
<i>Clappertonia ficifolia</i>	<i>Sacciolepis interrupta</i>
<i>Melastomastrum segregatum</i>	

B. A distribution guinéenne, soudano-zambézienne et malgache

<i>Aeschynomene cristata</i>	<i>Echinochloa stagnina</i>
<i>Cyperus nudicaulis</i>	

C. A distribution guinéenne, soudano-zambézienne, méditerranéenne et malgache:

<i>Cyperus papyrus</i>	<i>Echinochloa pyramidalis</i>
------------------------	--------------------------------

III. *Espèces plurirégionales*

A. Espèces paléotropicales ou d'Afrique et d'Amérique tropicales

<i>Commelina diffusa</i>	<i>Utricularia foliosa</i>
<i>Dryopteris gongylodes</i>	<i>Utricularia stellaris</i>
<i>Nymphaea lotus</i>	<i>Vossia cuspidata</i>

B. Espèces pantropicales:

<i>Brachiaria mutica</i>	<i>Oryza perennis</i>
<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Panicum parvifolium</i>
<i>Fuirena umbellata</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
<i>Leersia hexandra</i>	

*Lemna paucicostata**Mimosa pigra**Polygonum pulchrum**Rhynchospora corymbosa*

C. Espèces subcosmopolites:

*Ceratophyllum demersum**Spirodela polyrrhiza**Wolffia arrhiza*

En résumé, ces groupements d'hydrophytes et d'hélophytes sont donc floristiquement très pauvres (36 espèces) et composés principalement de Monocotylées éminemment sociales et à large distribution: c'est là un caractère habituel de ces communautés herbeuses.

§ 2. LA FLORULE DES ESÔBÉ RIVULAIRES ET INTERCALAIRES

L'association à *Hyparrhenia-Setaria*, l'association à *Sphagnum* et celle à *Selaginella-Lycopodium* se partagent les esôbé. Les deux dernières, rappelons-le, n'intéressent que des surfaces très limitées.

A. Répartition géographique et appartenance systématique

Dans la liste ci-dessous, nous n'avons pas repris les transgressives des prairies aquatiques et des forêts marécageuses qui parsèment les esôbé rivulaires, ni les espèces des recrus forestiers et certains thérophytes rudéraux présents, çà et là, dans les esôbé intercalaires. Ainsi compris, le cortège floristique des esôbé *sensu lato* compte quelque 136 espèces (1) qui, du point de vue de leur appartenance phytogéographique, se ventilent comme suit:

(1) Les espèces récoltées seulement dans les savanes intercalaires du nord (région de Bumba) et du sud (Lodja-Lomela) sont marquées d'une *; celles uniquement connues dans les esôbé du sud le sont de deux **.

I. Élément guinéen

A. Espèces limitées aux Secteurs congolais (et gabonais).

1. Espèces des Secteurs du Bas-Congo et du Kwango et qui, dans le Secteur Forestier Central, sont limitées aux esôbé.

<i>Andropogon patris</i>	<i>Polygala gilletiana</i>
<i>Crotalaria sessilis</i>	<i>Setaria restoidea</i>
<i>Jardinea gabonensis</i>	<i>Xyris decipiens</i> var.
<i>Loudetia vanderystii</i>	<i>vanderystii</i>
<i>Neurotheca congolana</i>	<i>Xyris vanderystii</i>
	<i>Ystia stagnina</i>

2. Espèces des Secteurs du Bas-Congo et du Kwango présentes dans les stations ouvertes du Secteur Forestier Central.

<i>Coleus dupuisii</i>	<i>Scleria bequaertii</i>
<i>Cyperus erectus</i> var.	<i>Selaginella congoensis</i>
<i>schlechteri</i>	<i>Xyris imitatrix</i>

3. Espèce des savanes guinéennes congolaises (et gabonaises) présente dans les stations ouvertes du Secteur Forestier Central:

Elyonurus hensii

B. Espèces s'étendant à une grande partie de la Région guinéenne, certaines la débordant par endroits:

1. Espèces subomni à omniguinéennes:

<i>Andropogon brazzae</i>	<i>Nauclea latifolia</i>
<i>Anona arenaria</i>	<i>Panicum nervatum</i>
<i>Aneilema nigrisianum</i>	<i>Schizachyrium platyphyllum</i>
<i>Bulbostylis laniceps</i>	<i>Scleria spicaeformis</i>
<i>Cyperus hensii</i>	<i>Setaria anceps</i>
<i>Hyparrhenia familiaris</i>	<i>Vigna multiflora</i>
<i>Jardinea congoensis</i>	<i>Vigna nigrisiana</i>

2. Espèces guinéennes à irradiations soudano-zambéziennes:

<i>Hyparrhenia diplandra</i>	<i>Mesanthemum radicans</i>
<i>Isachne buettneri</i>	<i>Sphagnum planifolium</i>
<i>Lycopodium affine</i>	

II. *Elément soudano-zambézien*

<i>Andropogon schirensis</i> **	<i>Digitaria uniglumis</i>
<i>Belmontia chionantha</i>	var. <i>major</i> *
<i>Bulbostylis puberula</i> **	<i>Digitariopsis major</i> **
<i>Bulbostylis pusilla</i>	<i>Dissotis canescens</i>
<i>Borassus aethiopum</i>	<i>Otomeria elatior</i>
<i>Cucurlogo pilosa</i>	<i>Panicum dregeanum</i>
<i>Digitaria brazzae</i> **	<i>Rhynchelytrum amethysteum</i>
	<i>Schizachyrium semiberbe</i> **
	<i>Xyris capillaris</i>

III. *Espèces de liaison*A. *Espèces à distribution guinéenne:*1. *Espèces à distribution guinéenne et soudano-zambézienne:*

<i>Aframomum stipulatum</i> *	<i>Indigofera pulchra</i>
<i>Anthocleista liebrechtsiana</i>	<i>Indigofera simplicifolia</i>
<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Loudetia phragmitoides</i>
<i>Brachiaria kotschyana</i>	<i>Monocymbium ceresiiforme</i>
<i>Calanthe corymbosa</i>	<i>Neurotheca longidens</i>
<i>Crotalaria goreensis</i>	<i>Oldenlandia lancifolia</i>
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	<i>Osbeckia congolensis</i>
<i>Crotalaria ononoides</i>	<i>Polygala acicularis</i>
<i>Ctenium concinnum</i>	<i>Pycneus scaettae</i>
<i>Cyclosurus striatus</i>	<i>Scleria niasensis</i>
<i>Digitaria polybotrya</i>	<i>Scleria canaliculato-triquetra</i>
<i>Dissotis brazzae</i>	<i>Sporobolus pyramidalis</i>
<i>Eriosema laurentii</i>	<i>Tephrosia barbigera</i>
<i>Eulophia caricifolia</i>	<i>Utricularia tortilis</i>
<i>Fimbristylis complanata</i>	<i>Vausagesia africana</i>
<i>Indigofera microcalyx</i>	<i>Vigna micrantha</i>
<i>Indigofera paniculata</i>	<i>Vigna multinervis</i>
<i>Indigofera paracapitata</i>	

2. *Espèces à distribution guinéenne, soudano-zambézienne et malgache:*

<i>Bulbostylis abortiva</i>	<i>Eriosema parviflorum</i>
<i>Crotalaria longipedunculata</i>	<i>Rhytachne rottboelloides</i>
<i>Desmodium ramosissimum</i>	<i>Scleria melanomphala</i>
<i>Eleocharis variegata</i>	<i>Trichopteryx dregeana</i>
<i>Eriosema glomeratum</i>	<i>Xyris hildebrandtii</i>

3. Espèce à distribution guinéenne, soudano-zambézienne, afro-australe et malgache:

Drosera madagascariensis

B. Espèces sans distribution guinéenne:

1. Espèces à distribution soudano-zambézienne et afro-australe:

<i>Ectadiopsis oblongifolia</i>	<i>Setaria sphacelata</i>
<i>Merremia tridentata</i> subsp. <i>angustifolia</i>	

2. Espèces à distribution soudano-zambézienne et malgache:

<i>Cyperus aromaticus</i>	<i>Emilia graminea</i>
---------------------------	------------------------

IV. Espèces plurirégionales

- A. Espèces paléotropicales ou d'Afrique et d'Amérique tropicales:

<i>Borreria stricta</i>	<i>Indigofera hirsuta</i>
<i>Cassia mimosoides</i>	<i>Murdannia sinica</i>
<i>Cephalostigma perrottetii</i>	<i>Murdannia simplex</i>
<i>Cyclocarpa stellaris</i>	<i>Oldenlandia affinis</i>
<i>Cyperus tenuiculmis</i>	<i>Oldenlandia herbacea</i>
<i>Desmodium adscendens</i>	<i>Paspalum commersonii</i>
<i>Desmodium velutinum</i>	<i>Platostoma africanum</i>
<i>Eragrostis gangetica</i>	<i>Scleria parvula</i>
<i>Hyparrhenia filipendula</i>	

B. Espèces pantropicales:

<i>Axonopus compressus</i>	<i>Rhynchospora glauca</i>
<i>Cassytha filiformis</i>	<i>Sauvagesia erecta</i>
<i>Cyperus sphacelatus</i>	<i>Schizachyrium brevifolium</i>

<i>Eragrostis squamata</i>	<i>Schwenkia americana</i>
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	<i>Scleria birtella</i>
<i>Fimbristylis exilis</i>	<i>Scoparia dulcis</i>
<i>Imperata cylindrica</i>	<i>Torenia thouarsii</i>
<i>Ophioglossum ellipticum</i>	<i>Vigna campestris</i>
<i>Rhynchospora candida</i>	<i>Vigna unguiculata</i>

Le tableau XXIII donne la répartition phytogéographique et taxonomique de l'ensemble floristique caractérisant les esôbé; les données qu'il condense méritent examen.

a) Du point de vue de la répartition géographique des éléments.

L'élément guinéen intervient seulement pour 25,7 % et ne compte aucune endémique dans le Secteur Forestier Central. Des 35 espèces qu'il comporte, 15 sont des représentants des Secteurs du Bas-Congo et du Kwango-Kasai; 1 transgresse les limites de ces deux Secteurs et se retrouve dans les savanes gabonaises; les 19 restantes, largement répandues dans la Région guinéenne, sont principalement des hygrophiles établies dans les dépressions humides, présentes çà et là dans la zone des savanes guinéennes méridionales.

L'élément soudano-zambézien ne comprend que 15 espèces (11 %) dont 9 sont connues des esôbé du Congo équatorial et du nord (Bumba), 1 se limite aux savanes intercalaires du nord et du sud tandis que les 5 autres ne dépassent pas les clairières herbeuses du sud (Lomela-Lodja).

Dans le lot des *espèces de liaison* (37,5 %), parmi les espèces présentant une distribution guinéenne (46 espèces soit 90,2 %), près de 80 % sont limitées aux Régions guinéenne et soudano-zambézienne; les plantes étrangères à la Région guinéenne sont en fort petit nombre (5 espèces soit 9,8 %).

Le groupe des *espèces plurirégionales* se monte à 35 espèces soit 25,7 % de l'ensemble de la florule.

b) Sous l'angle de la richesse floristique

On ne manquera pas d'être frappé par la pauvreté spécifique et l'homogénéité de nos groupements; cette dernière particularité

est indépendante de l'âge relatif des biotopes et de leur origine primitive (esôbé rivulaires) ou dérivée (esôbé intercalaires).

On soulignera également le fait que, malgré leur isolement géographique, les esôbé ne renferment aucune espèce endémique (2); les espèces physionomiquement dominantes sont des plantes à très large distribution.

B. Les formes biologiques

La répartition est la suivante:

Catégories	Ph	Ch	H	G	T
Nombre d'espèces	5	20	44	27	40
Proportion (%)	3,5	14,6	32,2	19,7	30

Ce spectre biologique accuse, par rapport à celui des savanes d'Afrique tropicale, une pauvreté marquée en phanérophytes et un taux assez faible de chaméphytes. Cette constatation, elle aussi, plaide en faveur d'une origine récente des esôbé.

C. L'origine de la flore

Il a été fait mention au chapitre VI des thèses formulées sur l'ancienneté des esôbé et de leur flore; rappelons-les brièvement.

Pour W. ROBYNS [278], il a pu exister, dans les forêts humides et marécageuses de la fin du Secondaire et du début du Tertiaire, des savanes édaphiques semblables aux esôbé actuels; leur flore aurait donné naissance aux savanes climatiques contemporaines. G. TROUPIN [322] estime aussi que les esôbé de la Cuvette centrale ont pu constituer le centre d'origine d'une partie des espèces peuplant de nos jours les savanes soudano-zambéziennes. P. DEUSE [98] enfin, fait également remonter la flore des savanes équatoriales à la fin du Tertiaire.

(2) Il semble que dans le matériel récolté par P. DEUSE [97], les espèces présumées nouvelles se soient avérées connues lors de leur examen en cabinet.

TABLEAU XXIII. — Répartition géographique

Groupes systématiques → Eléments phytogéographiques ↓	Répartition (en nombre d'espèces et en %)	BRYOPHYTES				PTÉRIDOPHYTES			
		Sphagnacées	Ophioglossacées	Selaginellacées	Lycobodiacees				
I. Elément guinéen	35 (25,7 %)								
A. Espèces limitées aux Secteurs congolais (et gabonais)	16 (45,7 %)						1		
B. Espèces à très large distribution guinéenne	19 (54,3 %)								1
II. Elément soudano-zambézien	15 (11 %)								
III. Espèces de liaison	51 (37,5 %)								
A. Avec une distribution guinéenne	46 (90,2 %)								
B. Sans distribution guinéenne	5 (9,8 %)								
IV. Espèces plurirégionales	35 (25,7 %)								
A. Paléotropicales ou d'Afrique et d'Amérique tropicales	17 (48,5 %)								
B. Pantropicales	18 (51,5 %)								
		1	1	1	1				

Selon ces auteurs, les quelques rares espèces de la flore des savanes soudano-zambéziennes encore présentes dans les esôbé de la Cuvette, et qui n'y jouent d'ailleurs qu'un rôle très effacé, seraient les témoins attardés, dans ces stations, de la flore savani-cole tertiaire: le gros de l'essaim aurait définitivement migré, ne laissant derrière lui qu'une arrière-garde, forte seulement de quelques espèces plus tolérantes.

appartenance systématique de la florule des esôbé

SPERMATOPHYTES

MONOCOTYLÉES						DICOTYLÉES																	
Cypéracées	Palmarcées	Xyridacées	Commélinacées	Amaryllidacées	Zingibéracées	Orchidacées	Annonacées	Lauracées	Droséracées	Papilionacées	Polygalacées	Malvacées	Mélastomatiacées	Loganiacées	Gentianacées	Asclépiadacées	Convolvulacées	Labiées	Solanacées	Scrophulariacées	Lentibulariacées	Rubiacées	Composées
2		3							1	1	1				1			1					
4			1				1			2											1		
2	1	1		1									1								1		
7		1			1	2				16	1		2	1	1				1	1	1		
1																1	1						1
2			2							5					1			1				3	
4		2						1		2		1							1	2			
22	1	7	3	1	1	2	1	1	1	26	2	1	3	1	4	1	1	2	2	3	3	3	1

On s'explique difficilement cette survivance à l'équateur de plantes savaniques datant de la fin du Secondaire et du début du Tertiaire. N'est-il pas aussi plausible de considérer ces éléments, non comme des relictés, mais comme des immigrants soudano-zambéziens en provenance des savanes guinéennes; celles-ci leur auraient servi de relais, les stations ouvertes en forêt équatoriale leur offrant des conditions d'habitabilité analogues à celles qu'ils

connaissent en périphérie de la grande forêt? Plutôt que de « survivants », c'est « d'envahisseurs récents » qu'il s'agirait; au demeurant, certains d'entre eux n'ont pas encore dépassé la région des esôbé du sud (Sankuru).

Quelles voies de pénétration ont pu emprunter ces « trans-fuges » dans leur progression en direction de l'équateur?

1. La présence de représentants savanicoles dans les esôbé rivulaires ne demandent pas, semble-t-il, de longues explications si l'on se rappelle que les cours d'eau constituent un moyen puissant de propagation des diaspores. En période de crue, des éléments de reproduction, en provenance des parties amont des bassins sous couvert herbeux, atterrissent facilement sur les dépôts des biefs inférieurs et des embouchures; des relais temporaires ne manquent pas tout au long de ces puissantes rivières, peuplées d'oiseaux aquatiques de toutes sortes. Un cas remarquable de pareille migration nous est fourni par la présence dans la flore des îles du fleuve à Yangambi (0°49 lat. N) d'éléments des forêts mésophiles subéquatoriales du pourtour septentrional de la Cuvette, éléments que l'on ne retrouve pas en forêt de terre ferme.

Une autre voie importante de pénétration dans la Cuvette d'éléments de la flore sèche afro-tropicale est le « couloir littoral » atlantique, milieu

...fort propice à une profonde avancée d'éléments xérophiles dans l'aire des forêts denses ombrophiles [213].

2. Le problème du peuplement végétal des esôbé intercalaires est commun à toutes les clairières sur substrats secs en région forestière équatoriale. Les déboisements à des fins culturelles sont à l'origine de ces biotopes azonaux; ces défrichements qui s'échelonnent depuis les marges actuelles de la grande forêt jusqu'à son centre, ont ouvert la porte aux espèces de savanes. Ainsi se sont créées et se créent encore des stations jouant le rôle de relais hautement favorables à la pénétration en direction du centre équatorial. Le feu est venu au secours de ces Andropogonées cespiteuses et de ces thérophytes savanicoles: ces incendies saisonniers écartent les pionniers de la recolonisation forestière.

Cette allusion au cheminement présumé de certains composants de la flore actuelle des esôbé, nous amène à examiner son *spectre de dissémination*.

En fonction des catégories reconnues par DANSEREAU et LEMS [in 212] dans leur système de classification fondé sur les dispositions morphologiques des diaspores, on obtient la répartition suivante:

Ptérochores	12 (8,8 %)	Sarcochores	6 (4,4 %)
Pogonochores	3 (2,2 %)	Sporochores	7 (5,1 %)
Desmochores	12 (8,8 %)	Sclérochores	96 (70,6 %)

Le lot des espèces à diaspores adaptées à la dispersion à moyenne distance (Sclérochores, Desmochores et Ptérochores) représente 88,2 % du total, les 11,7 % restants ont des diaspores susceptibles d'être disséminées à plus longue distance.

La flore des esôbé est, en majeure partie, constituée d'éléments à diaspores non charnues relativement légères (Sclérochores), ne montrant pas de dispositifs particuliers, mais susceptibles d'être disséminées par divers agents. Ces plantes banales sont précisément celles qui peuplent les clairières (cultures, jachères herbeuses, lieux rudéraux en général); quelques espèces à diaspores accrochantes ou adhésives (Desmochores) ou charnues (Sarcochores), véhiculées par l'homme et les animaux, s'y ajoutent. Quant aux espèces à diaspores minuscules (Sporochores), à appendices plumeux (Pogonochores) ou aliformes (Ptérochores), elles sont fort restreintes.

Par son spectre de dissémination, notre florule présente donc tous les aspects d'une flore rudérale et messicole à laquelle se mélangent quelques espèces desmochores ou pogonochores, trans-fuges des savanes guinéennes périphériques.

CHAPITRE X

CONSIDÉRATIONS SUR L'AGRICULTURE VIVRIÈRE EN CUVETTE ÉQUATORIALE ET SUR LA MISE EN VALEUR DES PAYS-BAS CONGOLAIS

Une étude écologique des biotopes alluvionnaires de la Cuvette congolaise appelle irrésistiblement des constatations et des réflexions d'ordre agronomique.

Si dans le domaine de l'expérimentation agricole en terres basses les éléments d'appréciation sont plutôt limités (1), nous n'avons pas cru pour cela devoir laisser dans l'ombre cette question qui nous paraît capitale dans l'expansion économique et sociale du Congo équatorial.

§ 1. LA PRODUCTIVITÉ DES SOLS DU CONGO ÉQUATORIAL

Les conditions naturelles de cet immense territoire en font une région à structure économique peu diversifiée; tout le développement de la Province de l'Équateur notamment repose sur sa production agricole qui, jusqu'ici, est restée extensive. D'une façon générale, les cultures pratiquées sont médiocrement payantes, si dans le calcul de leur rentabilité on prend en considération le travail du paysan.

L'agriculture, tant vivrière qu'industrielle, s'est adressée aux sols des bas plateaux. Lors de la pénétration européenne au

(1) Une première expérimentation a débuté dans le bief supérieur du fleuve, entre Yangambi et Isangi, sur de jeunes îles au stade herbeux ou boisé [250].

Congo, les moyens de l'époque — limités à la hâche, au sabre d'abattis et au feu — cantonnaient les pionniers de l'agriculture congolaise au sol des forêts de terre ferme. Longtemps d'ailleurs il a été de tradition de dépeindre ces sols comme les « greniers » du Congo: la réalité est cependant plus modeste et ce renom de richesse n'est plus qu'une légende. On ne conteste plus actuellement l'extrême fragilité de la fertilité de ces sols forestiers: déboisés et soumis à l'action continue des incendies, du rayonnement solaire et des pluies qui s'y déversent en cataractes, ces substrats sont brûlés, lessivés et ravinés. Les cultures de plantes sarclées dites épuisantes (cultures « ouvertes ») sont soumises aux incertitudes climatiques qui compromettent fréquemment les résultats escomptés.

La fumure minérale n'y est point rentable par suite du prix prohibitif des engrais importés. Techniquement du reste, l'utilisation de fertilisants chimiques sur défriches de sols forestiers réclame encore des mises au point: à côté de résultats encourageants obtenus sur des sols sableux alluvionnaires [76], d'autres sont parfois contradictoires et bien souvent décevants. Si l'on se rappelle qu'il a fallu plus d'un siècle d'expérimentation pour mettre au point la fumure N-P-K en Europe occidentale, dans des conditions de sol et de climat autrement propices, on comprendra qu'en région tropicale, comme le dit H. GREENE [160],

...« a great deal remains to be done » avant que la fumure minérale n'entre dans la pratique agricole courante.

Faut-il ajouter d'autre part que la jachère forestière est un anachronisme aux temps actuels (2)! Bien qu'elle permette de restaurer la fertilité des sols forestiers après culture, elle empêche néanmoins toute forme d'intensification et impose des servitudes foncières dont peuvent difficilement s'accommoder les collectivités rurales en expansion.

L'agriculture herbagère en tant que système d'exploitation intensive s'affirme plus prometteuse. Elle consiste, rappelons-le, à substituer à la jachère forestière improductive une culture

(2) L'agriculture nomade, souvent qualifiée de primitive, n'est cependant pas dépourvue d'une certaine sagesse. Les populations qui s'y livrent depuis des temps reculés connaissent les signes de fatigue et d'usure des sols forestiers. La culture itinérante, en harmonie avec le milieu, leur permet d'exploiter le sol sans le détruire en recourant à de longues jachères forestières, pratique possible dans une économie de subsistance.

d'herbes à la fois fourragères et régénératrices de la fertilité du sol (3) : l'assolement cultural inclut ici une sole herbeuse. Ce mode de tenure des terres implique naturellement l'intégration de l'élevage à l'agriculture, politique qui ne peut être envisagée dans un proche avenir parmi des populations forestières ignorant tout de la zootechnie.

Si jadis la Cuvette centrale, du fait qu'elle constituait un « désert démographique » pourvu de « vastes potentialités en terres cultivables », n'a guère engagé les Pouvoirs publics de la période coloniale à y entreprendre des aménagements agricoles et des améliorations foncières (4), aujourd'hui le problème se présente différemment aux responsables du nouvel État.

Devant la poussée démographique que connaît la Province de l'Équateur (5), et la raréfaction des sols à même de produire des cultures céréalières quelque peu rentables, les dirigeants du pays se doivent d'envisager une autre forme d'agriculture que celle sur brûlis, fût-elle « cantonnée » dans des « paysannats » (6).

(3) La possibilité de restaurer les sols forestiers par la pratique des friches herbeuses a été longtemps contestée. Il est maintenant démontré qu'une culture d'herbes, exploitée ou non, peut redonner une fertilité satisfaisante à certains sols agricoles.

(4) Dans notre ancienne colonie, la plus grande partie des capitaux placés dans l'exploitation de sa production primaire, son sol, a été consacrée à l'extension des possibilités productives de l'extraction minière, beaucoup plus rémunératrice que les investissements engagés dans les spéculations agricoles. Certes, en fait de cultures de plantes industrielles, des sociétés capitalistes ont consenti des investissements en matériel mais elles n'ont pas entrepris d'améliorations foncières difficilement sinon jamais amortissables. Il est évident que, sous régime colonial, le système foncier en vigueur n'engageait pas à des placements à long terme, peu rémunérateurs pour des investisseurs privés.

(5) Selon des prévisions basées sur des enquêtes démographiques entreprises durant les années 1956 et 1957, le taux d'accroissement annuel serait de 1,9 % dans cette Province. Sauf ralentissement toujours possible, la population doublerait en 38 ans [288]. D'après P. GOUROU [158], le taux de natalité dans le District de la Tshuapa serait de 31‰ (43‰ pour l'ensemble du Congo); il semble bien que la crise de population Mongo soit surmontée: le territoire le moins prolifique, celui d'Ikela, accuse un taux de naissance de 25‰.

(6) On a parfois fait grand cas de ces paysannats, et certains y ont vu, à tort, une forme d'agriculture intensive. Ce cantonnement des cultures imposant une certaine discipline culturale a certes permis l'obtention de meilleurs rendements en même temps qu'une protection de forêts. Mais le « système des couloirs » en région forestière n'a pas résolu le problème de la culture continue et n'est pas toujours adapté aux conditions locales, notamment dans la région de Coquilhatville où J. DENIS [91] estime que le système de répartition en couloirs entre familles se heurte à deux obstacles: l'un physique (difficulté de mise en place et d'orientation nord-sud), l'autre humain (problème de répartition des terres).

Dans le secteur de l'économie rurale, — et ceci n'est pas particulier au Congo, — tous les moyens employés depuis 30 ans et plus pour accroître le revenu du paysan se sont révélés jusqu'ici, sinon inefficaces, tout au moins insuffisants.

Il est certain qu'un plan d'expansion de l'agriculture en région forestière équatoriale, visant au développement de la prospérité intérieure, réclame une localisation des spéculations en rapport avec la valeur des sols. Si les terres de plateau, malgré leur niveau de fertilité relativement bas, conviennent à la culture des plantes arborescentes, — les techniques employées dans ces spéculations, faut-il le rappeler, relevant davantage de la sylviculture que de l'agriculture, — c'est en terres basses qu'il faut rechercher des périmètres convenant à une agriculture paysanne, rémunératrice et permanente. C'est donc dans les « bas-pays » qu'il faut récupérer et valoriser certaines zones pour en faire de vrais terroirs agricoles, à sols fertiles et à ressources hydrauliques importantes. Dans de tels sites, on est en droit d'espérer un maximum de production permanente de chaque hectare de terrain utilisé, et ceci pour une période indéfinie; en même temps, les méthodes de production ou d'exploitation employées ne mettront pas en danger d'autres ressources: bois, eau, etc. (7).

Avec beaucoup de pertinence, F. BEZY [31] fait remarquer que ...si on veut considérer l'investissement futur en agriculture, non comme une œuvre de bienfaisance, mais comme une contribution efficace au développement économique, il faudra le polariser au profit d'une élite restreinte (...) (et que) l'instauration d'une agriculture moderne au Congo requerra la mise en œuvre d'importants capitaux et exigera des populations un effort d'adaptation dont peu de Congolais sont actuellement capables dans les milieux ruraux.

Dans le choix des périmètres à retenir et dans celui de leur classement, on tiendra compte, poursuit-il, des qualités pédologiques des terres, du coût de transport des produits vers les marchés de consommation intérieure ou les ports d'exportation, de l'aptitude des populations à exercer des activités agricoles et leur esprit d'entreprise.

(7) Même dans la Province de l'Équateur, forestière s'il en est, l'agriculture « stérilisante » a réduit sérieusement les forêts de terre ferme particulièrement aux abords des centres. Les ressources en bois s'amenuisent d'année en année, et l'on est loin des 25 à 30 % de terrains convenablement boisés, taux admis dans un État « idéal ».

Cet économiste s'élève également contre la dispersion des capitaux « sur tout le territoire de ce vaste pays »; il insiste sur la nécessité absolue de « polariser le développement économique en agriculture comme dans les autres secteurs de l'activité » si l'on veut que l'agriculture congolaise soit rentable.

Certaines terres basses du Congo équatorial nous paraissent répondre à la définition de « pôles de développement » dont F. BEZY préconise la création, en même temps qu'il réclame la poursuite

...d'études approfondies pour localiser les futurs pôles de croissance et déterminer les secteurs de l'activité où il faut encourager leur épanouissement.

Rappelant le caractère essentiellement économique du problème de la distribution des investissements, — ce qui n'est guère contestable, — cet auteur souligne que

...ce n'est donc pas un problème technique. Sans doute l'aspect technique doit-il être pris en considération, mais il ne constitue qu'une donnée du problème. Les techniciens (agronomes, ingénieurs, etc.) seront donc consultés, mais seul l'économiste est capable de découvrir la solution valable. Et malheureusement, on ne s'improvise pas économiste: un des malheurs de ce pays est qu'on a presque toujours confié aux techniciens le soin de résoudre les problèmes économiques.

Sans vouloir entrer dans cette discussion, disons qu'il appartient à l'agronome de déterminer les « aptitudes » des terres vis-à-vis de telle ou telle culture; à l'économiste de choisir la spéculation la plus rentable dans la conjoncture du moment.

En résumé, l'agriculture dans la Cuvette congolaise doit poursuivre, en priorité, l'accroissement de la productivité, condition essentielle de progrès social et de stabilité politique. Elle doit rechercher les rendements les plus payants, — qui ne sont pas nécessairement les plus élevés, — par les moyens les plus efficaces mais aussi les moins préjudiciables au sol.

Pour répondre à ces impératifs agro-économiques, il convient donc de s'adresser à des sols suffisamment fertiles, à des techniques agricoles éprouvées et à des cultures dont les produits échappent au maximum aux fluctuations des marchés.

Sans système de culture cohérent et rationnel, on ne peut prétendre aménager réellement l'économie agricole d'un pays [162].

§ 2. LES IMPLICATIONS D'UNE INTENSIFICATION DE L'AGRICULTURE VIVRIÈRE DANS LA CUVETTE CONGOLAISE

A considérer le long couloir alluvial congolais, on est tenté de songer aux grandes plaines du Sud-Est asiatique qui connaissent un peuplement humain important et où se pratique une riche agriculture « hydraulique » (8). Les analogies ne manquent pas entre le « delta » du Congo-Ubangi et certains biefs des grands fleuves d'Extrême-Orient [359]; une étude récente, portant sur les sols du bassin inférieur du Mékong [125], souligne aussi l'intérêt de ces sols alluviaux comme rizières potentielles (9).

Des conditions assez semblables aux nôtres se retrouvent également au Brésil, dans la région de Para do Belem (1°28 lat. S) où, d'après P. GOUROU [156],

...les paysans exploitent avec obstination et routine les mauvaises terres faciles à travailler selon les techniques qu'ils connaissent (...) (mais sont incapables, faute de moyens, de mettre en valeur) les terres alluviales modernes bien que celles-ci soient très fertiles (10).

Dans le Congo équatorial, l'attention des pédologues s'est avant tout portée, on le comprend, sur les sols des forêts de terre ferme: de ce fait, les caractéristiques des alluvions récentes

(8) K.A. WITTFOGEL [357] réserve le terme d'agriculture « hydraulique » à toute situation dans laquelle l'abondance des ressources en eau nécessite d'importants aménagements; la construction et l'utilisation de ces ouvrages relèvent des pouvoirs publics. « L'hydroagriculture », par contre, repose sur un approvisionnement en eau très limité; l'irrigation s'y pratique à l'échelle de petites communautés rurales. L'agriculture « pluviale » ne peut compter que sur les précipitations pour assurer ses besoins en eau.

(9) En conditions optimales (cultures de sidération et engrais), on a enregistré en Inde des productions de paddy dépassant 10 tonnes à l'ha [7]; en terre ferme, des récoltes de 2 1/2 tonnes à l'ha sont plutôt exceptionnelles. On rappellera que les emblavures de riz, pour la campagne 1962-1963, couvraient 154 000 000 d'ha dont 75 % pour l'Asie. Le riz vient en tête des productions céréalières mondiales avec 258,5 millions de tonnes; le blé et le maïs fournissent respectivement 250 et 220 millions de tonnes pour des surfaces cultivées de 205 et de 106 millions d'ha [135]. Depuis 25 ans la consommation du riz est en hausse constante même en dehors des zones traditionnellement rizicoles; les raisons en sont: l'augmentation du revenu, l'évolution des pratiques ménagères (méthodes culinaires appropriées) et, dans le Sud-Est asiatique, l'accroissement démographique [56].

(10) Les expériences conduites par l'Instituto Agronomico do Norte à Belem prouvent que ces terres basses, inondées ou inondables, peuvent produire, couramment et sans fumure, 4 tonnes de paddy à l'ha [156].

sont peu connues (11). Les autochtones de leur côté ne pratiquent pas l'agriculture « fluviale »: originaires des plateaux du nord peu drainés, ils n'ont pas connu la culture des alluvions. A l'égal de ceux du pays de Belem, et selon l'heureuse expression de P. GOUROU,

...il est permis de dire que les paysans (des bas-pays congolais) travaillent quelques mètres trop haut.

Parmi les techniques capables de tirer parti de certains de ces biotopes alluvionnaires, la riziculture de submersion (riz flottant, riz semi-flottant) est la première à retenir. D'autres modes de valorisation consisteraient dans l'utilisation des laisses d'inondation comme assiettes pour des cultures de décrues [256].

La valeur fertilisante du limonage saisonnier par les crues reste à déterminer (12). A ce propos, voici des données résultant de mesures poursuivies dans le delta de l'Oueme (Dahomey). Dans une zone marécageuse proche de l'embouchure, M. LAMOUROUX [198] enregistre, après 45 jours d'immersion, des dépôts de l'ordre de 19 tonnes à l'ha dont 1 585 kg de matières organiques, 106 kg d'azote, 24 kg de P_2O_5 total, 82 kg de CaO, 49 kg de K_2O et 18 kg de Na_2O ; en période de crue, la charge variait entre 0,52 et 0,57 kg par m^3 . Cet auteur estime que dans cette zone basse du Tigbodji, une telle fertilisation peut compenser les exportations des cultures trois années sur quatre, sauf peut-être en potasse.

Des processus capables d'encourager la sédimentation dans les larges dépressions situées en retrait des levées des berges mériteraient d'être expérimentés.

Le colmatage de ces basses terrasses pourrait être accéléré, aux endroits les plus favorables, par la construction de diguettes. Certains groupements herbeux du flat alluvial conviendraient mieux que d'autres comme assiettes de bassin de sédimentation

(11) Le peu d'intérêt manifesté à l'endroit de ces dépôts fluviaux ressort bien du rapport général clôturant les assises de la 3^e Conférence Interafricaine des Sols (Dahaba, 1959). On lit, à propos de trois communications traitant des plaines inondées que « ces documents présentaient un caractère surtout documentaire et n'ont pas donné lieu à grande discussion »! Les thèmes proposés pour la prochaine conférence n'y font pas davantage allusion.

(12) Il serait dangereux de soustraire définitivement ces alluvions au limonage régulier des crues; ce serait tarir leur source de fertilité.

en vue de créer des polders (13). On retiendrait de préférence les peuplements à dominance de graminées prostrées-radicantes, à enracinement profond (*Echinochloa pyramidalis*, *Brachiaria mutica*).

Dans les savanes amphibies à *Jardinea*, gramen cespiteux dont l'action filtrante est peu prononcée, on pourrait tenter l'introduction d'espèces à pouvoir de sédimentation élevé comme *Tithonia diversifolia*, Composée utilisée en Extrême-Orient pour fixer des digues et provoquer des atterrissements. Faut-il rappeler ici les résultats spectaculaires, obtenus sur les plages zélandaises, par l'implantation, dans les fruticées à *Salicornia*, du *Spartina townsendii*, Graminée du littoral méridional de l'Angleterre qui, introduite en 1924, s'est rapidement naturalisée sur les côtes de Hollande [346] et en d'autres points du littoral atlantique.

Le creusement de canaux de colmatage, permettant de dérouter les eaux de crue vers les bas-fonds, est également un procédé bien connu. Des travaux de cette nature sont projetés dans les plaines basses de la Cuvette amazonienne où l'on s'inquiète aussi de retenir la masse énorme de dépôts charriés par l'Amazonie [49].

La récupération de ces biotopes alluvionnaires implique des études topographiques géomorphologiques, hydrauliques et pédologiques approfondies; les implications agronomiques et économiques dépendent de la réalisation de ces travaux. L'établissement d'un plan de recherches interdisciplinaires, au départ d'un inventaire général des données déjà acquises, est un préalable élémentaire à tout projet de mise en valeur: en matière d'aménagements hydro-agricoles, il ne faut pas improviser!

L'exploration des « masses d'eau » et des « paluds » de la Cuvette congolaise représente une étude d'envergure mais le champ de vision des problèmes qu'elle pose tant du point de vue piscicole qu'agricole, doit être à son échelle. La Nature équatoriale offre de vastes possibilités: il appartient à l'Homme de les étudier d'abord, pour mieux les exploiter ensuite.

(13) Au Surinam, une « inhabited swamp region » du littoral a été transformée en un riche polder où le riz est pratiquement cultivé en monoculture; cette spéculation agricole entièrement mécanisée est considérée comme rentable [113, 257].

De telles entreprises paraîtront sans doute ambitieuses et surtout onéreuses, mais comme l'écrit pertinemment L. PAPPY [261] à propos de l'aménagement de la vallée du Sénégal:

Si l'on ne devait envisager que le profit immédiat, il faudrait renoncer à faire bénéficier l'Afrique des progrès des techniques modernes et sans doute aussi à améliorer les conditions de vie des Africains.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ABDIN, G.: Luminosity measurements in Aswan reservoir. Egypt (*Hydrobiologia*, I, p. 169-177, 1948).
- [2] ADJANOHOUM, E.J.: Étude phytosociologique des savanes de Basse-Côte d'Ivoire (*Vegetatio*, XI, p. 1-38, 1962).
- [3] AHN, P.: The savanna patches of Nzima, south-western Ghana (*Journ. W. Afr. Sc. Assoc.*, 5, p. 10-25, 1959).
- [4] ALSTON, A.H.G.: The ferns and fern allies of West Tropical Africa (London, 89 p., 1959).
- [5] ANDREWS, F.W.: Water plants in the Gezira canals (*The Annals of Appl. Biol.*, XXXII, p. 1-14, 1945).
- [6] ANDREWS, F.W. in TOTHILL, J.D.: Agriculture in the Sudan (London, 974 p., 1948).
- [7] ANGLADETTE, A. et CHABROLIN: Compte rendu du Comité international du riz. New-Delhi (*L'Agron. Trop.*, XVII, p. 75-88, 1962).
- [8] ARENS, K.: O cerrado como vegetação oligotrófica (C.R. XVIII^e Congr. Int. Géogr. Rio de Janeiro, p. 308-317, 1959).
- [9] AUBERT, G. et DUCHAUFFOUR, P.: Projet de classification des sols (C.R. VI^e Congr. Int. Sc. Sol. Paris, p. 579-604, 1956).
- [10] AUBERT DE LA RUE, E.: Aspects de la forêt guyanaise (C.R. Séances Soc. Biogéogr., n° 240, p. 33-36, 1951).
- [11] — : Sur l'origine naturelle probable de quelques savanes de la Guyane française et de l'Amazonie brésilienne (C.R. Séances Soc. biogéogr., n° 305-306-307, p. 50-54, 1958).
- [12] AUBREVILLE, A.: Étude des forêts de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun. Les grandes plaines gabonaises (Min. France d'Outre-Mer, *Bull. Scient.* n° 2, 131 p., 1948).
- [13] — : Contribution à la paléohistoire des forêts de l'Afrique tropicale (Paris, 98 p., 1949).
- [14] — : Érosion sous forêt et érosion en pays déforesté dans la zone tropicale humide (*Bois et For. des Trop.*, n° 68, p. 3-14, 1959).
- [15] — : Étude écologique des principales formations forestières végétales du Brésil et contribution à la connaissance des forêts de

- l'Amazonie brésilienne (Centre Techn. For. Trop., Nogent-sur-Marne, 268 p., 1961).
- [16] — : Savanisation tropicale et Glaciations quaternaires (*Adansonia*, II, 1, p. 16-91, 1962).
- *[17] BALL, S.H.: A description of first of Aswan Cataract of the Nile (Nat. Printing Depart., Cairo, 1907).
- [18] BATTISTINI, R.: Le problème de la déviation naturelle des eaux de la Mahajamba vers le Kamoro (*Mém. Inst. Sc. Madagascar*, IX, série D., p. 239-262, 1959).
- [19] BAULIG, H.: Le problème des méandres (*Bull. Soc. Belge d'Et. Géogr.*, XVI, p. 103-143, 1948).
- [20] BAUMAN, H. et WESTERMANN, D.: Les peuples et la civilisation de l'Afrique (Paris, 603 p., 1957).
- [21] BEARD, J.S.: The savanna vegetation of North Tropical America (*Ecol. Monogr.*, 23, p. 149-215, 1953).
- [22] BELLOUARD, P.: Le rônier en Afrique occidentale française (*Bois et For. des Trop.*, n° 14, p. 117-126, 1950).
- [23] BENOIST, R.: La végétation de la Guyane française (*Bull. Soc. Bot. France*, LXXI, p. 1 169-1 177, LXXII, p. 1 066-1 078, 1924-25).
- [24] BEQUAERT, J.: Esquisse de géobotanique congolaise (*L'Agron. trop.*, V, p. 17-38, 1913).
- [25] BERG, A.: Analyse des conditions impropres au développement de la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes*, dans certaines rivières de la Cuvette congolaise (*Bull. Agr. Congo belge*, L, p. 365-393, 1959).
- [26] — : Rôle écologique des eaux de la Cuvette congolaise sur la croissance de la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes* (MART.) SOLMS (ARSOM, Bruxelles, 120 p., 1961).
- [27] BERNARD, E.: Le climat écologique de la Cuvette congolaise (INEAC, Bruxelles, 240 p., 1945).
- [28] — : L'évapotranspiration annuelle de la forêt équatoriale congolaise et de son influence sur la pluviosité (C.R. 11^e Congr. Sylvic. Rome, p. 201-204, 1954).
- [29] — et FRÈRE, M.: Une expression pratique de l'évaporation potentielle d'une surface naturelle en climat tropical (*Miscellanea Geofisica*, Serv. Met. Angola, Loanda, 1956).
- [30] BESANCON, J.: L'homme et le Nil (Paris, 396 p., 1957).

(*) Un astérisque devant le numéro indique une citation indirecte.

- [31] BEZY, F.: Principes pour l'orientation du développement économique au Congo (*Zaire*, XIII, p. 3-56, 1959).
- [32] BEWS, J.W.: The world's grasses. Their differentiation, distribution, economics and ecology (London, 408 p., 1929).
- [33] BOELAERT, E.: Charles Lemaire, premier commissaire du District de l'Équateur (*Bull. I.R.C.B.*, XXIV, p. 50-535, 1953).
- [34] BOLESSE, F.: Essai historique sur les Lusankani (*Aequatoria*, XXIII, p. 100-111, 1960).
- [35] BOURCART, J.: Essai de définition des vases des eaux douces (*C.R. Ac. Sc. Paris*, 212, p. 448, 1941).
- [36] — : Sur les boues et les limons déposés par les cours d'eau (*C.R. Ac. Sc. Paris*, 212, p. 651-652, 1941).
- [37] BOUILLENNE, R.: La région des Furos (*Bull. Soc. belge*, LVII, p. 19-27, 1925).
- [38] —, MOUREAU, J. et DEUSE, P.: Esquisse écologique des faciès forestiers et marécageux des bords du lac Tumba (ARSOM, Bruxelles, 42 p., 1955).
- [39] BRIEN, P.: La plaine de Kamolondo, son aspect naturel, sa faune, ses feux de brousse (*Ann. Soc. Roy. Zool. Belg.*, 69, p. 119-137, 1938).
- [40] BULTOT, F.: Carte des régions climatiques du Congo belge (INEAC, Bur. climat., Commun. n° 2, 15 p., 1950).
- [41] — : Saisons et périodes sèches et humides au Congo belge et Ruanda-Urundi (INEAC, Bur. climat., Commun. n° 9, 70 p., 1954).
- [42] — : Étude statistique des pluies intenses en un point et sur une aire au Congo belge et au Ruanda-Urundi (INEAC, Bur. climat., Commun. n° 11, 90 p., 1956).
- [43] — : A propos de l'ouvrage de F.W. LOCKERMANN, « Zur Fluss-hydrologie der Tropen und Monsunasiens » (*Bull. A.R.S.C.*, N.S., IV, p. 1 266-1 267, 1958).
- [44] — : Sur le régime des rivières du bassin congolais (*Bull. A.R.S.C.*, N.S., V, p. 442-456, 1959).
- [45] — : Cotes hydrométriques et débits maxima et minima probables de quelques cours d'eau congolais (*Bull. ARSOM*, N.S., V, p. 992-1 011, 1959).
- [46] — : Sur la détermination des moyennes mensuelles et annuelles de l'évaporation réelle et de l'écoulement dans le bassin congolais (*Bull. ARSOM*, VIII, p. 816-838, 1962).
- [47] CAHEN, L.: Géologie du Congo belge (Liège, 580 p., 1954).
- [48] CAILLEUX, A.: Biogéographie mondiale (Paris, 127 p., 1953).

- [49] CAMARGO, F.: Problems of Humid Tropical Regions. Report on the Amazon Region (UNESCO, 1958).
- [50] CAMEROON, V.L.: A travers l'Afrique (traduction française de Mme H. LOREAU, Paris, 2 vol., 1878).
- [51] CAMUS, C.: Problèmes posés par les Papyrus du Lualaba supérieur (*Bull. A.R.S.C.*, N.S., III, p. 1 165-1 185, 1957).
- [52] CAPART, A.: Exploration hydrobiologique du lac Tanganika, 1946-1947. Sondages et carte bathymétrique (Publ. I.R.S.N.B., II, 16 p., 1949).
- [53] —: Exploration hydrobiologique du lac Tanganika, 1946-1947. Le milieu géographique et géophysique (Publ. I.R.S.N.B., I, p. 1-27, 1952).
- [54] CARTER, J.S.: The papyrus swamps of Uganda (Cambridge, 25 p., 1955).
- [55] CASTEL-BRANCO et TORDO, G.C.: Acerca do Equilibrio Biologico dos povoamentos de « Cibes » *Borassus* spp na Guiné Portuguesa (Min. do Ultramar, Lisboa, 52 p., 1956).
- [56] CHATEAU, R.: La riziculture dans le monde. Quelques données nouvelles (*Les Cahiers d'Outre-Mer*, n° 64, p. 394-412).
- [57] CHATTERJEE, D.: Note on the origin of wild and cultivated rice (*Indian Journ. Gen. and Pl. Breed.*, 11, p. 18-22, 1951).
- *[58] CHAVANNE, J.: Reisen und Forschungen im alten und neuen Kongostaate in den Jahren 1884 und 1885 (Yena, 1887).
- [59] CHEVALIER, A.: Sur la dégradation des sols tropicaux causés par les feux de brousse et sur les formations régressives qui en sont la conséquence (*C.R. Ac. Sc. Paris*, 184 p., 1929).
- [60] —: Le palmier à l'huile à la Côte d'Ivoire (*Rev. Bot. Appl. et d'Agr. Trop.*, n° 116, p. 213-229, 1931).
- [61] —: Le territoire géobotanique de l'Afrique tropicale et ses subdivisions (*Bull. Soc. Bot. France*, LXXX, p. 4-26, 1933).
- [62] —: Répartition géographique et exploitation des palmiers *Borassus* (*Rev. Bot. Appl. et Agr. trop.*, 29, p. 585-592, 1949).
- [63] — et ANGLADETTE, A.: Le riz (Paris, 128 p., 1948).
- [64] CLERFAYT, A.: Composition des eaux des rivières au Congo. Influence des facteurs géologiques et climatiques (*Bull. Centre belge études et docum. des eaux*, n° 31, p. 26-31, 1956).
- [65] COLE, M.M.: The distribution and origin of the savanna vegetation with particular reference to the « campos cerrados » of Brazil (C.R. XVIII^e Congr. Int. Géogr. Rio de Janeiro, p. 339-345, 1959).

- [66] COLLET, L.W.: Les débits solides (C.R. Congr. Int. Océan Hydrogr. et Hydrol. contin., Madrid, 1931).
- [67] COQUILHAT, C.: Sur le Haut-Congo (Paris, 533 p., 1888).
- [68] CORBEL, J.: L'érosion chimique des granits et silicates sous climats chauds (*Rev. Géomorph. dyn.*, n° 1-2, p. 4-8, 1957).
- [69] — : Vitesse de l'érosion (*Zeitschr. für Geomorph.*, 3, p. 1-28, 1959).
- [70] CORNET, J.: Les formations post-primaires du Bassin du Congo (*Ann. Soc. Géolog. Belg.*, X, p. 193-279, 1894).
- [71] — : Les dislocations du bassin du Congo. I. Le graben central de l'Upemba (*Mém. Ann. Soc. Géol.*, XXXII, 32 p., 1905).
- [72] COUTEAUX, G.: Essai d'interprétation de l'origine des sols de la région d'Eala (*inédit*, 1938).
- [73] CROEGAERT, J.: Rapport sur les sols des esôbé d'Eala (*inédit*, 1947).
- [74] C.S.A.: Réunion de spécialistes en matière de phytogéographie, Yangambi (Publ. C.C.T.A., n° 22, 35 p., 1956).
- [75] — : Colloque sur l'*Eichhornia crassipes*, Léopoldville (Publ. C.C.T.A., n° 27, 32 p., 1957).
- [76] CULOT, J. et MEYER, J.: Possibilité de cultures vivrières continues en conditions équatoriales (3^e Conf. Interafr. Sols Dalaba, 1959, Publ. C.C.T.A., n° 50, II, p. 831-840, 1961).
- [77] DAGET, J.: Données récentes sur la biologie des poissons dans le delta central du Niger (*Hydrobiologia*, vol. IX, p. 321-347, 1957).
- [78] DAMAS, H.: Recherches hydrobiologiques dans les lacs Kivu, Édouard et Ndalaga. Mission H. DAMAS, 1935-1936 (Publ. I.P.N., Explor. Parc Nat. Albert, XX, 128 p., 1937).
- [79] — : Étude limnologique de quelques lacs ruandais. I. Le cadre géographique (I.R.C.B., Bruxelles, 92 p., 1954).
- [80] — : Étude limnologique de quelques lacs ruandais. II. Étude thermique et chimique (I.R.C.B., Bruxelles, 116 p., 1954).
- [81] — : Étude limnologique de quelques lacs ruandais. III. Le plancton (I.R.C.B., Bruxelles, 67 p., 1955).
- [82] DANSEREAU, P.: La végétation du Canada (C.R. IX^e Congr. Int. Bot. Montréal, Résumés, II, p. 86, 1959).
- [83] DAVEY, J.T.: The african migratory locust in Central Niger delta. I. Climate and Vegetation (*Locusta*, n° 5, 115 p., 1957).

- [84] —, DESCAMPS, M. et DEMANGE, R.: Prairies aquatiques et groupements herbeux temporairement inondés du delta central du Niger (*Bull. IFAN*, série A, Sc. nat., XXI, p. 61-112, 1951).
- [85] DAVIES, H.R.S.: Effects of the water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the Nile Valley (*Nature*, 184, p. 1 085, 1959).
- [86] DEBENHAM, F.: Study of an african swamp (London, 88 p., 1952).
- [87] DE BONT, A.F. et MAES, H.: La conductivité électrique de quelques rivières katangaises (*Hydrobiologia*, VIII, p. 279-287, 1956).
- [88] DE HEINZELIN, J.: Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord-oriental du bassin du Congo (INEAC, Bruxe'les, 168 p., 1952).
- [89] DE KIMPE, P.: Le contrôle de la Jacinthe d'eau (*Bull. Agr. Congo belge*, XLVIII, p. 105-151, 1957).
- [90] — : La lutte contre les Jacinthes d'eau par l'administration belge au Congo de 1955 à 1960 (*Africa-Tervuren*, VIII, 3, p. 76-80, 1962).
- [91] DENIS, J.: Coquilhatville. Éléments pour une étude de Géographie sociale (*Aequatoria*, XIX, p. 137-151, 1956).
- [92] DESCAMPS, M.: Observations relatives au criquet migrateur africain et à quelques autres espèces d'*Acridae* du Nord Cameroun (*L'Agron. trop.*, VIII, p. 567-613, 1953).
- [93] DERRUAU, M.: Précis de Géomorphologie (Paris, 395 p., 1956).
- [94] DE SAINT-HILAIRE, A.: Histoire des plantes les plus remarquables du Brésil et du Paraguay (Paris, 340 p., 1824).
- [95] — : Tableau géographique de la végétation primitive dans la province de Minas Geraes (Paris, 49 p., 1837).
- [96] DEUERLING, O.: Die Pflanzenbarren der Afrikanischen Flusse mit Berücksichtigung der wichtigsten Pflanzenlichen Verlandungs-Erscheinungen (*Munch. Geogr. Studien*, Munchen, 253 p., 1910).
- [97] DEUSE, P.: Etudes botaniques (*Folia Scient. africae centr.*, I, n° 2, p. 12, 1955).
- [98] — : Étude écologique et phytosociologique de la végétation des Esôbé de la région Est du lac Tumba (Congo) (ARSOM, Bruxelles, 115 p., 1960).
- [99] DEVRED, R. in DENISOFF, I. et DEVRED, R.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 2. MVUAZI (Bas-Congo). Notice explicative (INEAC, Bruxelles, 40 p., 1954).

- [100] — : Les savanes herbeuses de la région de Mvuazi (Bas-Congo) (INEAC, Bruxelles, Sér. sc., n° 65, 115 p., 1956).
- [101] DEVROEY, E.J.: Le bassin hydrographique congolais, spécialement celui du bief maritime (I.R.C.B., Bruxelles, 172 p., 1941).
- [102] — : Inventaire de nos connaissances des richesses hydrographiques du Congo belge (*Bull. I.R.C.B.*, XIX, p. 275-298, 1948).
- [103] — : Observations hydrographiques du bassin congolais, 1932-1947 (I.R.C.B., Bruxelles, 161 p., 1948).
- [104] — : Observations hydrographiques au Congo belge et au Ruanda-Urundi, 1948-1950 (I.R.C.B., Bruxelles, 175 p., 1951).
- [105] — : Notice de la carte des eaux superficielles du Congo belge et du Ruanda-Urundi (in *Atlas général du Congo*, I.R.C.B., 7 p., carte, 1951).
- [106] — : Annuaire hydrographiques du Congo belge et du Ruanda-Urundi pour les années 1951-1958 (*ARSOM*, Bruxelles, 1952-1959).
- [107] DE WILDEMAN, E.: Mission Émile LAURENT, 1903-1904, I (Bruxelles, 617 p., 1905-1907).
- [108] — : Étude sur la flore des Districts des Bangala et de l'Ubangi (*Plantae Thonnerianae congolenses*, II, 465 p. 1911).
- [109] — : Documents pour l'étude de la Géobotanique congolaise (*Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, LI, p. 5-406, 1912).
- [110] — : Mission forestière et agricole du Comte J. DE BRIEY au Mayumbe (Bruxelles, 468 p., 1920).
- [111] — : Les forêts congolaises et leurs principales essences économiques (*Bibliothèque Congo*, n° XIX, 214 p., 1926).
- [112] — et DURAND, Th.: *Plantae Thonnerianae congolenses* (Bruxelles, 49 p., 1900).
- [113] DE WIT, Th.P.M.: The Wageningen rice in Surinam ('S Gravenhague, 293 p., 1960).
- [114] D'HOORE, J.: Comparaisons pédologiques entre les continents sud-américain et africain (zones intertropicales) (*Sols Africains*, IV, p. 5-19, 1959).
- [115] DIELS, L. et MATTECK, F.: *Pflanzengeographie* (Berlin, 195 p., 1958).
- [116] DONIS, C.: Essai d'économie forestière au Mayumbe (Publ. INEAC, Sér. sc. n° 37, 92 p., 1948).
- [117] DRAR, M.: The problem of the Sudd in relation to stabilizing and smothering plants (*Botaniska Not.*, 1, p. 32-46, 1951).

- [118] DRUDE, O.: Manuel de Géographie botanique (trad. par G. POIRAULT, Paris, 552 p., 1897).
- [119] DUBOIS, A.: Méthodes et moyens de lutte employés contre l'érosion (2^e Conf. Interafr. Sols. Léopoldville, *Bull. Agr. Congo belge*, XL, p. 615-619, 1954).
- [120] DUBOIS, J.: Sur une classification des sols de delta soumis à des influences salines appliquée au Bas-Sénégal (2^e Conf. Interafr. Sols, Léopoldville, *Bull. Agr. Congo belge*, XL, p. 1 119-1 124, 1954).
- [121] DUBOIS, J.Th.: Composition chimique des affluents du Nord du lac Tanganika (*Bull. A.R.S.C.*, N.S., IV, p. 1 226-1 233, 1958).
- [122] — : Note sur la chimie des eaux du lac Tumba (*Bull. ARSOM*, V, p. 1 322-1 334, 1959).
- [123] DUBOIS, L.: Rapport sur la possibilité d'introduction du coton dans le sud du Territoire des Boyela (*inédit*, 1931).
- [124] — : La Jacinthe d'eau au Congo belge (*Bull. Agr. Congo belge*, XLVI, p. 893-900, 1955).
- [125] DUDAL, R.: Les sols du bassin du Mékong inférieur et leur utilisation (*Pédologie*, X, p. 24-47, 1960).
- [126] DUPLAQUET, L.: Une tournée forestière en Oubangi-Chari (*Rev. Eaux et For.*, LXXVI, p. 381-389, 1938).
- [127] DUPONT, E.: Lettres sur le Congo (Paris, 724 p., 1889).
- [128] DU TOIT, R.: Weeds in S. Africa (*Agriculture and Forestry*, 1938).
- [129] DUVIGNEAUD, P.: Les savanes du Bas-Congo. Essai de Phytosociologie topographique (*Lejeunia*, mém. n° 10, 192 p., 1953).
- [130] — : Les formations herbeuses (savanes et steppes) du Congo méridional (*Les Natur. belges*, XXXIV, p. 66-75, 1953).
- [131] — et SYMOENS, S.: Contribution à l'étude des associations tourbeuses du Bas-Congo (*Trav. Assoc. Limnol. théor. et appl.*, XI, p. 100-104, 1951).
- [132] DYKSTERHUIS, D.J.: The savannah concept and its use (*Ecology*, 38, p. 435-442, 1957).
- [133] ÉRHART, H.: La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. Biostasie et rhexistasie (Paris, 90 p., 1956).
- [134] ÉVRARD, C.: L'association à *Aneulophus africanus* BENTH., forêt périodiquement inondée sur podzol humique, au Congo belge (*Bull. Jard. bot. État*, Bruxelles, XVII, p. 335-349, 1957).

- [135] F.A.O.: Rapport de la F.A.O. sur les produits 1963 (Rome, 288 p., 1963).
- [136] FERWERDA, J.D.: Tropische landbouwplantenteelt in verband met licht en temperatuur (Wageningen, 16 p., 1961).
- [137] FIEVEZ, C.: Le District de l'Équateur (*Le Mouv. géogr.*, p. 176, 1895).
- [138] FOURMARIER, P.: Le bassin du Congo. Notes de géographie physique (*Ann. de Géogr.*, p. 49-69, 1932).
- [139] FOURNIER, F.: Climat et Érosion. La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques (Paris, 201 p., 1960).
- [140] FRANÇOIS, J.: Rapport sur l'écologie de la Jacinthe d'eau (Laboratoire d'Écologie Végétale, Louvain, *inédit*, 1960).
- [141] FURON, R.: Sur la géologie du Gabon (*C.R. Ac. Sc. Paris*, 142, p. 168-169, 1931).
- [142] — : L'érosion du sol (Paris, 213 p., 1947).
- [143] GAUTIER, J.: La culture du cotonnier en Afrique équatoriale française (*Rev. bot. appl. et Agr. trop.*, Paris, n° 279-280, p. 3-10, 1946).
- [144] GAY, P.A.: The riverain's flora the Nile (5th Ann. Rep. of Hydrom. Research Unit, Univ. of Khartoum, 7 p., 1958).
- [145] — : Ecological studies of *E. crassipes* (MART.) SOLMS in the Sudan. I. Analysis of spread in the Nile (*Journ. of Ecology*, 48, p. 183-191, 1960).
- [146] — et BERRY, L.: The water Hyacinth: a new Problem on the Nile (*The Geogr. Journ.*, CXXV, p. 89-91, 1959).
- [147] GÉRARD, Ph.: Une année d'observations microclimatiques en forêt secondaire à Bambesa (Uele-Congo) (11^e Congr. Sylv. Rome, p. 206-209, 1954).
- [148] GERMAIN, R.: Note sur les premiers stades de la reforestation naturelle des savanes du Bas-Congo (*Bull. Agr. Congo belge*, XXXVI, p. 16-25, 1945).
- [149] — : Reconnaissance géobotanique dans le Nord du Kwango (Publ. INEAC, Série sc. n° 43, 22 p., 1949).
- [150] — : Les associations végétales de la plaine de la Ruzizi en relation avec le milieu (Publ. INEAC, Série sc. n° 52, 321 p., 1952).
- [151] — : Préliminaires à une étude des groupements herbeux des biotopes alluvionnaires et des clairières du Congo équatorial (*Bull. ARSOM, N.S.*, VII, p. 430-450, 1961).

- [152] — et ÉVRARD, C.: Etude écologique et phytosociologique de la forêt à *Brachystegia laurentii* (Publ. INEAC, Bruxelles, Série sc n° 67, 105 p., 1955).
- [153] GESSNER, F.: Hydrobotanik (Berlin, 2 vol., 1955-1959).
- [154] GILSON, P. et VAN WAMBEKE, A.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 6. YAN-GAMBI: Planchette 2 - Note explicative (Publ. INEAC, Bruxelles, 35 p., 1956).
- [155] GOLDING, F.D. and GWYNN, A.M.: Notes on the vegetation shore of lake Tchad (*Kew Bull.*, p. 631-643, 1939).
- [156] GOUROU, P.: Le pays de Belem (Brésil) (*Bull. Soc. belge Et. géogr.*, XVIII, p. 19-36, 1949).
- [157] — : La densité de la population rurale au Congo belge (A.R.S.C., Bruxelles, 168 p., 1955).
- [158] — : Progrès de la connaissance géographique au Congo belge et au Ruanda-Urundi en 1958 (*Bull. Soc. belge Et. géogr.*, XXVIII, p. 157-196, 1959).
- [159] GRAHAM, R.A.: Polygonaceae - Flora of East Tropical Africa (London, 40 p., 1958).
- [160] GREENE, H.: Fertilizer Prospects in Africa (5^e Congr. Intern. Sc. Sol, Léopoldville, I, p. 146-175, 1954).
- [161] GRISEBACH, A.: La végétation du globe d'après sa disposition suivant les climats. Esquisse d'une géographie comparée des plantes (Traduction de P. DE TCHINATCHEF, Paris, 2 vol., 1877-1878).
- [162] GUILLOTEAU, J.: Projet d'aménagement de l'économie agricole du Sénégal (*Sols Africains*, III, p. 182-232, 1954).
- [163] HARROY, J.P.: La lutte contre la dissipation des ressources naturelles au Ruanda-Urundi (*Les Natur. belges*, XXXVII, p. 217-229, 1956).
- [164] HASSIB, M.: Distribution of plant communities in Egypt (Fouad I University, *Bull. Fac. of Sc.* n° 29, p. 59-258, 1951).
- [165] HAYEK, A.: Allgemeine Pflanzengeographie (Berlin, 409 p., 1926).
- [166] HEAT, W.E. and SCHLOEMER, R.W.: How we measure the variations in precipitations (*Yearbook of Agric.*, Washington, p. 78-84, 1955).
- [167] HENNING, P.D.: Progress of Soil Conservation in the Union of South Africa (excluding native areas) since the Inter-African Conference on soils held at Goma in 1948 (2^e Conf. Interafr. Sols Léopoldville, II, p. 1 033-1 047, 1954).

- [168] HERMANS, L.: Résultats des observations magnétiques effectuées de 1934 à 1938 pour l'établissement de la carte magnétique du Congo belge (I.R.C.B., Bruxelles, 2 vol., 1939).
- [169] HEYSE, Th.: Les eaux dans l'expansion coloniale belge (Bruxelles, 339 p., 1939).
- [170] HINDE, S.: The fall of the Congo Arabs (London, 308 p., 1897).
- [171] HITCHCOCK, A.S. and CHASE, A.: The North America Species of *Panicum* (*Contrib. U.S. Nat. Herbarium*, 15, p. 410, 1910).
- [172] HOCK, J.: Contribution à l'étude agrostologique des savanes sèches de la Guyane française (IX^e Congr. Intern. Bot. Montréal, Résumés II, p. 170, 1959).
- [173] HOLMES, C.H.: The grass, fern and savannah lands of Ceylan. Their nature and ecological significance (*Imp. For. Inst., Oxford Univ.*, Paper n° 28, 95 p., 1951).
- [174] HOPE, C.W.: The « Sudd » of the Upper Nile: its Botany compared with that of similar obstructions in Bengal and America waters (*Ann. of Bot.*, XVI, p. 495-516, 1902).
- [175] HUBER, J.: La végétation de la vallée du Rio Purus (*Bull. Herb. Boiss.*, IV, p. 249-276, 1906).
- [176] HUDSON, N.W.: Erosion control research (*The Rhod. Agr. Journ.*, 54, p. 297-323, 1957).
- [177] HUECK, K.: Die Vegetationskarte von Brasilien von C.F.P. MARTIUS (C.R. XVIII^e Congr. Int. Géogr. Rio de Janeiro, p. 319-331, 1959).
- [178] HUET, G.: La riziculture traditionnelle en Cochinchine (*L'Agron. Trop.* IV, p. 25-49, 1949).
- [179] HULSTAERT, G.: Dictionnaire Lomongo-Français (*Ann. Mus. Congo*, Tervuren, 16, 2 tomes, 1957).
- [180] HUMBERT, H.: La protection de la nature dans les pays inter-tropicaux et subtropicaux (*Mém. Soc. Biogéogr.*, V, p. 159-180, 1937).
- [181] HUMBOLDT, H. VON : Aspects of Nature (London, 1849).
- [182] HURST, H.E.: The Sudd region of the Nile (*Journ. of roy. Soc. of Arts*, LXXXI, n° 4 205, p. 720-736, 1933).
- *[182 bis] ICHIKAWA, M.: On the debris supply from mountain slopes and its relation to river bed deposition (*Science rep. Tokyo Kyoiku Daigaku*, sect. C, n° 49, 29 p., 1958).
- [183] INEAC : Rapports annuels de la Division de Climatologie (INEAC, Bruxelles, 1951-1959).
- [184] JACQUES-FÉLIX, H.: La vie et la mort du lac Tchad (Min. France d'Outre-Mer, *Bull. Agron.* n° 3, 91 p., 1947).

- [185] — : A propos des savanes côtières de l'Ouest africain (Conf. Interafr. Sols, Goma 1948, *Bull. Agr. Congo belge*, XL, p. 733-734, 1949).
- [186] — et BETREMIEUX, R.: Étude de quelques sols tropicaux (Conf. Interafr. Sols, Goma 1948, *Bull. Agr. Congo belge*, XL, p. 171-192, 1949).
- [187] JEANNEL, R.: Coléoptères recueillis par N. LELEUP au lac Tumba. III. *Pselaphidae* (*Rev. Zool. et Bot. Afr.*, Tervuren, LIV, p. 187-197, 1956).
- [188] — : Revision des *Pselaphidae* de l'Afrique intertropicale (*Ann. Mus. Congo belge, Sc. zool.*, 75, 742 p., 1959).
- [189] — : La Gondwanie et le peuplement de l'Afrique (*Ann. Mus. Afr. Centr. Sc. zool.*, n° 102, 161 p., 1961).
- [190] JONES, L., MATHIEU, P. et STRENGER, H.: Résultats scientifiques des Missions du Syndicat pour l'étude géologique et minière de la Cuvette congolaise - Degrés carrés: Nord 2° à Sud 1° et Sud 2° à Sud 4° (*Ann. Mus. roy. Congo belge, Sc. géolog.*, 26 et 31, 1959-1960).
- [191] JONGEN, P., VAN OOSTEN, M., ÉVRARD, C. et BERCE, J.M.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 11. UBANGI. Notice explicative (Publ. INEAC, sous presse).
- [192] — et JAMAGNE, M.: Les nappes de recouvrement de la Cuvette centrale congolaise (3^e Conf. Interafr. Sols, Dalaba 1959, I, p. 413-420, 1961).
- [193] — et — : Carte des Sols et de la Végétation du Congo, du Rwanda et du Burundi. 20. RÉGION DE LA TSHUAPA. Notice explicative (Publ. INEAC, 51 p., 1962).
- [194] JONGLEI INVESTIGATION TEAM: The Equatorial Nile Project and its effects in the Anglo-Egyptian Sudan (Khartoum, Sudan Surv. Dept., 4 vol., 1954).
- [195] KELLOGG, E.Ch. and DAVOL, F.D.: An exploration study of soil groups in the Belgian Congo (Publ. INEAC, Série sc. n° 46, 79 p., 1949).
- [196] KERNER VON MARILAUN, A.: Pflanzenleben (Leipzig, 3 vol., 1887-1891).
- [197] KUFFERATH, J.: Exploration hydrobiologique du lac Tanganika, 1946-1947. Résultats scientifiques. I. Le milieu biochimique (Publ. I.R.S.N.B., p. 31-47, 1952).
- [197 bis] LAM, H.J.: Materials towards a study of the flora of the Island of New Guinea (*Blumea* I, p. 115-159).

- [198] LAMOUREUX, M.: Fertilisation par les crues dans le delta de l'Oueme, Dahomey (3^e Conf. Interafr. Sols, Dalaba 1959, II, p. 899-907, 1961).
- [199] LANJOUW, J.: Studies on the vegetation of Surinam Savannahs and Swamps (*Ned. Kruidk. Archief*, XLVI, p. 823-851, 1936).
- [200] LAUDELOUT, H.: Quelques caractéristiques microbiologiques du sol des îles du fleuve Congo (Conf. Interafr. Sols, Goma 1948, *Bull. Agr. Congo belge*, XL, p. 439-450, 1949).
- [201] — et D'HOORE, J.: Influence du milieu sur les matières humiques en relation avec la microflore du sol dans la région de Yangambi (Publ. INEAC, Série sc. n° 44, 32 p., 1949).
- [202] — et GILBERT, G.: Quelques caractéristiques microbiologiques de profils de forêts en Cuvette centrale (Conf. Interafr. Sols, Goma 1948 - *Bull. Agr. Congo belge*, XL, p. 451-481, 1949).
- [203] LAURENT, R.F.: A propos de l'origine des Esôbé de la forêt équatoriale (*Folia scient. africae centr.*, I, n° 4, p. 13, 1955).
- [204] LAVAUDEN, L.: Traversée de l'Afrique de Dar-es-Salam à Douala à travers le Tanganika Territory, le Congo belge et le Cameroun - Rapport général de mission (*Bull. Ag. Econ. génér. des Colonies*, p. 595, 1932).
- [205] LEBRUN, J.: Rapport sur un voyage d'études botaniques dans le District de l'Uele-Nepoko (*Bull. Agr. Congo belge*, XXV, p. 192-204, 1934).
- [206] — : Rapport sur un voyage d'études botaniques dans le District du lac Léopold II (*Bull. Agr. Congo belge*, XXVI, p. 142-151, 1935).
- [207] — : La forêt équatoriale congolaise (*Bull. Agr. Congo belge*, XXVII, p. 163-192, 1936).
- [208] — : La végétation de la plaine alluviale au Sud du lac Édouard (Publ. I.P.N., 2 vol., 1947).
- [209] — : Esquisse de la végétation du Parc National de la Kagera (Publ. I.P.N., 89 p., 1955).
- [210] — : L'*Eichhornia crassipes* en Afrique Centrale (Rapp. CCTA/CSA - Afrique (55) 82, 4 p., 1955).
- [211] — : Sur quelques concepts écologiques applicables en chorologie (IX^e Congr. Int. Bot. Montréal, Résumés II, p. 218, 1959).
- [212] — : Etude sur la flore et la végétation des champs de lave au Nord du lac Kivu (Congo belge) (Publ. I.P.N., 352 p., 1960).
- [213] — : Le « couloir littoral » atlantique, voie de pénétration de la flore sèche en Afrique guinéenne (*Bull. ARSOM*, VIII, 4, p. 719-736, 1962).

- [214] — et GILBERT, G.: Une classification écologique des forêts du Congo (Publ. INEAC, Série sc. n° 63, 89 p., 1954).
- [215] LECOINTE, P.: L'Amazonie brésilienne (Paris, 2 vol., 1922).
- [216] LEDERER, A.: A propos de la lutte contre la Jacinthe d'eau au Congo belge (*Bull. A.R.S.C.*, N.S., III, p. 923-928, 1957).
- [217] — : Une navigation sensationnelle (*Africa-Tervuren*, VIII, p. 57-60, 1962).
- [218] LEFEBVRE, M.A.: Le cône alluvial de la Meuse (*Ann. Soc. Sc. Bruxelles*, Série B, 48, p. 121-138, 1928).
- [219] LELEUP, N.: Les Esôbé du lac Tumba, biotope de refuge d'une vieille faune entomologique terricole de savane (*Folia Scient. africae centr.*, I, n° 4, p. 13, 1955).
- [220] LENEUF, N. et AUBERT, G.: Sur l'origine des savanes de la Basse-Côte d'Ivoire (*C.R. Ac. Sc. Paris*, 243, p. 859-860, 1956).
- [221] LÉONARD, J.: Botanique du Congo belge. I. Les groupements végétaux (*Encycl. du Congo belge*, p. 345-389, 1950).
- [222] — : Contribution à l'étude de la végétation des bains d'éléphants au Congo belge. Le *Rhynchosporo-Cyperetum longebracteati* (*Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 84, p. 13-27, 1951).
- [223] — : Aperçu préliminaire des groupements végétaux pionniers dans la région de Yangambi (*Végétation*, III, p. 279-297, 1952).
- [224] — : Les divers types de forêts du Congo belge (*Lejeunia*, mém. n° 16, p. 81-93, 1952).
- [225] LEPERSONNE, J.: Les terrasses du fleuve Congo au Stanley-Pool et leurs relations avec d'autres régions de la Cuvette congolaise (*I.R.C.B.*, Bruxelles, 68 p., 1937).
- [226] LEPLAE, É.: La question forestière au Congo belge (*Bull. I.R.C.B.*, II, p. 142-149, 1931).
- [227] LE TESTU, G.: Note sur la végétation dans le bassin de la Nyanga et de la Ngounie au Gabon (*Soc. Linn. de Normandie*, p. 83-108, 1938).
- [228] LIBEN, L. in FRANKART, R. et LIBEN, L.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 7. BUGESERA-MAYAGA (Ruanda). - Notice explicative (INEAC, 57 p., 1956).
- [229] — in GILSON, P. et LIBEN, L.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 15. KASAI - Notice explicative (INEAC, 76 p., 1960).
- [230] LIND, E.M.: Studies in Uganda swamps (*The Uganda Journ.*, 20, p. 166-176, 1956).

- [231] LINSLEY, R.K. and KOHLER, M.A.: Variations in storm rainfall over small areas (*Trans. Amer. Geophys. Un.*, 32, p. 245-250, 1951).
- [232] LOCKERMANN, F.W.: Zur Flusshydrologie der Tropen und Monsunasiens (Thèse de Doctorat, *inédit*, Univ. de Bonn, 619 p., 1957).
- [233] LOUIS, J.: L'origine et la végétation des îles du Fleuve dans la région de Yangambi (C.R. Semaine Agric. Yangambi, II, p. 924-933, 1947).
- [234] MACAR, P.: Principes de géomorphologie normale (Liège, 304 p., 1946).
- [235] MANGENOT, G.: Étude sur les forêts des plaines et des plateaux de la Côte d'Ivoire (*IFAN, Et. éburnéennes*, n° 4, p. 1-61, 1955).
- [235 bis] MARLIER, G.: Recherches hydrobiologiques dans les rivières du Congo oriental. Composition des eaux - I. La conductivité électrique (*Hydrobiologia*, III, p. 217-227, 1951).
- [236] — : Recherches hydrobiologiques dans les rivières du Congo oriental. Composition des eaux. II. Étude écologique (*Hydrobiologia* VI, p. 226-263, 1954).
- [237] — : Travaux et résultats scientifiques de l'IRSAC. - Hydrobiologie (8^e Rapp. Ann., p. 48-49, 1955).
- [238] — : Recherches hydrobiologiques au lac Tumba (Congo belge. Province de l'Équateur) (*Hydrobiologia*, X, p. 352-382, 1958).
- [239] MARTINE, P.: Premiers travaux de mise en valeur du delta du fleuve Sénégal (*L'Agron. Trop.*, III, p. 3-17, 1948).
- [240] MAUDOUX, E.: Note sur les variations de quelques facteurs microclimatiques en forêt dense équatoriale (11^e Congr. Sylvic. Rome, p. 235-237, 1954).
- [241] MICHEL, G. et REED, J. in G. BOURBEAU et al.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 5. MOSSO (Urundi). Notice explicative (INEAC, 40 p., 1955).
- [242] MIÈGE, J.: Relations entre Savanes et Forêts en Basse-Côte d'Ivoire (C.R. Congr. Africanistes de l'Ouest, p. 27-29, 1953).
- [243] MIGAHID, A.M.: An ecological study of the « Sudd » swamps of the Upper Nile (*Proc. Egypt. Ac. Sc.*, 3, p. 57-86, 1947).
- [244] MILBRAED, J.: Wissenschaftliche Ergebnisse der Zweiten Deutschen Zentral Afrika Expedition, 1910-1911, II, Botanik (Leipzig, p. 202, 1922).
- [245] — : Das Regenwald im Aequatorialen Afrika (*Notizbl. Bot. Gart. Mus. Berlin-Dalhem*, VIII, 78, p. 576-599, 1923).

- [246] MOUREAU, J.: Observations microclimatiques en 1956 au bord du lac Tumba (*Bull. Soc. roy. Sc. Liège*, 29 p., 1959).
- [247] MÜCKENHAUSEN, E.: Le Pseudogley (*Science du Sol*, 1, p. 21-29, 1963).
- [248] MULLENDERS, W. in FOCAN, A. et MULLENDERS, W.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 1. KANIAMA (Haut-Lomami). Notice explicative (INEAC, 53 p., 1955).
- [249] — : La végétation de Kaniama (INEAC, Bruxelles, Série sc. n° 61, 499 p., 1954).
- [250] MULLER, J., JONGEN, P. et GILSON, F.: Possibilités agronomiques des alluvions du fleuve Congo et de ses tributaires (*Bull. Inf. INEAC*, V, p. 61-77, 1956).
- [251] MYERS, J.C.: Savannah and forest vegetation of the interior Guiana Plateau (*Journ. of Ecol.*, 24, p. 162-184, 1936).
- [253] NOIRFALISE, A. in DE SAEGER, H.: Exploration du Parc National de la Garamba. Fasc. I. Introduction (I.P.N., 104 p., 1954).
- [254] ODUM, E.P.: Fundamentals of Ecology (Philadelphia, 384 p., 1953).
- [255] OOSTING, H.J.: The Study of Plant communities (San Francisco, 440 p., 1956).
- [256] OPSOMER, J.E.: La mise en valeur des terrains soumis aux crues des rivières (*Bull. Agr. Congo belge*, XXXIII, p. 445-458, 1942).
- [257] OVERWATER, C.: Tien jaren Prins Bernhard Polder, 1950-1960 (*De Surinaamse Landb.*, 8, p. 157-218, 1960).
- [258] PAFFEN, K.H.: Das Problem des « cerrados » in den Tropen (C.R. XVIII^e Congr. Int. Géogr. Rio de Janeiro, p. 345-348, 1959).
- [259] PAHAUT, P., VAN DER BEN, D., BODEUX, A. et DAMIEAN, G.: Archives de la Karuzi (Urundi) (Bruxelles, 2 vol., 1961).
- [260] — et VAN DER BEN, D.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo, du Rwanda et du Burundi. 18. BASSIN DE LA KARUZI (Burundi). Notice explicative (INEAC, 48 p., 1962).
- [261] PAPY, L.: Problèmes agricoles au Sénégal - La vallée du Sénégal (*IFAN, Et. sénégalaises* n° 2, p. 1-48, 1952)).
- [262] PARDÉ, M.: Fleuves et Rivières (Paris, 3^e éd., 223 p., 1955).
- [263] — : La puissance des crues dans l'Afrique Noire et dans d'autres régions intertropicales (*Bull. A.R.S.C.*, XXIX, p. 1 041-1 047, 1958).

- [263 bis] PAVILLARD, J.: Éléments de Sociologie végétale (Paris, 102 p., 1935).
- [264] PENFOUND, W.F. and HALAWAY, E.S.: Plant communities in the marshlands of Southeastern Louisiana (*Ecol. Monogr.*, 8, p. 1-56, 1938).
- [265] — et EARLE, T.T.: The Biology of Water Hyacinth (*Ecol. Monogr.*, 18, p. 447-476, 1948).
- [266] PHILLIPS, J.: Agriculture and Ecology in Africa (London, 424 p., 1959).
- [267] PLAISANCE, G.: Les Formations végétales et Paysages ruraux (Paris, 415 p., 1959).
- [268] — et CAILLEUX, A.: Dictionnaire des Sols (Paris, 406 p., 1958).
- [269] PORTÈRES, R.: Étude sur les caféiers spontanés de la section des *Encoffeae*. I. Répartition et habitat (*Ann. Agr. de l'Afr. occ. franç. et étrang.*, I, p. 68-91, 1937).
- [270] —: Les variations des ceintures hydrophytiques et graminéo-hélrophytiques des eaux vives du système lagunaire de la Côte d'Ivoire (*Bull. IFAN*, 13, p. 1 011-1 028, 1951).
- [271] RÉMINIÉRAS, G.: Éléments d'hydrologie appliquée (Paris, 208 p., 1959).
- [272] REMAUDIÈRE, G.: Étude écologique du *Locusta migratoria migratorioides* RCH. et FRM. dans la zone d'inondation du Niger (*Locusta*, n° 2, 248 p., 1954).
- [273] ROBERT, M.: Contribution à la morphologie du Katanga (I. RCB, Bruxelles, 54 p., 1939).
- [274] —: Le Congo physique (Liège, 3^e éd., 449 p., 1946).
- [275] —: L'Afrique Centrale (Paris, 223 p., 1950).
- [276] ROBYNS, W.: Flore agrostologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi (Bruxelles, 2 vol., 1929-1934).
- [277] —: La Flore et la Végétation du Congo belge (*Rev. Quest. sc.*, 4^e série, XVII, p. 261-299, 1930).
- [278] —: Contribution à l'étude des formations herbeuses du District forestier central du Congo belge (I.R.C.B., Bruxelles, 147 p., 1936).
- [279] —: Over climaxformaties van Belgisch Kongo (*Nat. Tijdschr.*, 20, Congr. nummer, p. 179-186, 1938).
- [280] —: Considérations sur les aspects biologiques du problème des feux de brousse au Congo belge et au Ruanda-Urundi (*Bull. I.R.C.B.*, IX, p. 383-420, 1938).
- [281] —: La forêt équatoriale congolaise est-elle discontinue ? (*Journées d'Agron. colon.*, Janvier 1937, p. 270-273, 1938).

- [282] — : Note écologique sur quelques bains d'éléphants au Congo belge (*Bull. I.R.C.B.*, XII, p. 318-327, 1941).
- [283] — : Les connaissances actuelles en Botanique congolaise (*1^{er} Rapp. de l'IRSAC*, p. 153-194, 1948).
- [284] — : Botanique du Congo belge. III. La Végétation (*Encycl. du Congo belge*, p. 390-424, 1950).
- [285] — : Le genre *Eichhornia*, spécialement *E. crassipes* (Jacinthe d'eau) au Congo belge (*Bull. A.R.S.C.*, N.S., I, 6, p. 1 116-1 137, 1955).
- [286] — : Rapport sur un travail de P. DEUSE, intitulé « Étude écologique et phytosociologique de la végétation des Esôbé de la région du lac Tumba » (*Bull. ARSOM*, N.S., 6, p. 1 315-1 318, 1959).
- [287] ROCHE, P.: Mesures de l'érosion et du ruissellement, sous différentes cultures, dans la région du lac Alaotra (2^e Conf. Inter-afr. Sols, Léopoldville - Min. Col. Bruxelles, I, p. 547-568, 1954).
- [288] ROMANIUK, A.: Évolution et perspectives démographiques de la population du Congo (*Zaire*, XIII, p. 563-626, 1959).
- [289] ROSS, J.C.: Land use and Soil Conservation in the Union South Africa (C.R. Conf. Inter-afr. Sols, 1948, *Bull. Agric. Congo belge*, XL, p. 2 123-2 140, 1949).
- [290] ROUGERIE, G.: Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière (*Mém. IFAN*, n° 58, 542 p., 1960).
- [291] RYCROFT, H.B.: A note on the immediate effects of veld burning on stormflow in a Jonkershoek stream catchment (*Journ. South Afr. For. Assoc.*, XV, p. 80-88, 1947).
- [292] SALTER, M.: The rainfall of the British Isles (London, 295 p., 1921).
- [293] SCHIMPER, A.F.W.: Plant geography upon a physiological basis (Oxford, 839 p., 1903).
- [294] SCAETTA, H.: Les prairies pyrophiles de l'Afrique occidentale française. II. Les clairières à graminées de la forêt humide subéquatoriale et de la forêt sèche tropicale (*Rev. Bot. appl. et Agr. trop.*, 21, p. 221-240, 1941).
- [295] SCHMID, M.: Flore agrostologique de l'Indochine (*L'Agron. Trop.*, 13, p. 631-672, 1958).
- [296] SCHMITZ, A. in SYS, C. et SCHMITZ, A.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 9. RÉGION D'ELISABETHVILLE (Haut-Katanga) (INEAC, 70 p., 1959).
- [297] SCHNELL, R.: Contribution à une étude phytosociologique et phytogéographique de l'Afrique occidentale: les groupements

- et les unités géobotaniques de la Région guinéenne (*Mém. IFAN*, 18, p. 41-236, 1952).
- [298] — : Le problème des homologues phytogéographiques entre l'Afrique et l'Amérique Tropicales (*Mém. Mus. Hist. Nat. N.S., Bot.*, XI, p. 138-235, 1961).
- [299] — : Remarques préliminaires sur quelques problèmes du Sud-Est Asiatique (*Rev. Gén. Bot.*, 69, p. 303-365, 1962).
- [300] SCHWEINFURTH, G.: Pflanzengeographische Skizze der Gesammten Nil-Gebietes und der Uferländer des Rotten Meeres (*Bot. Zeitung*, 26, p. 631-635, 1868).
- [301] SICK, H.: A formação do cerrado (C.R. XVIII^e Congr. Int. Géogr. Rio de Janeiro, p. 332-338, 1959).
- [302] SIMAYKA, Y.M.: The suspended matter in the Nile (*Phys. Depart. Paper*, n° 40, Kairo).
- [303] SPRONCK, R.: Mesures hydrographiques effectuées dans la région divagante du bief maritime du fleuve Congo. Observations des mouvements des alluvions. Essai de détermination des débits solides (*I.R.C.B.*, Bruxelles, 56 p., 1941).
- [304] STANER, P.: Les aspects botaniques des environs du Jardin d'Eala (*Bull. Cercle bot. cong.*, I, p. 99-105, 1932).
- [305] STANLEY, H.: A travers le continent mystérieux (trad. de Mme H. LOREAU, Paris, 2 vol., 1879).
- [306] SYS, C.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Notice explicative (INEAC, 84 p., 1960).
- [307] TACKHOLM, V.G. et DRAR, M.: Flora of Egypt (Cairo Univ. Press. II, p. 441-448, 1941-1954).
- [308] TALLING, J.F.: The longitudinal succession of water characteristics in the White Nile (*Hydrobiologia*, XI, p. 53-89, 1958).
- [309] TARDIEU-BLOT, M.L. et ALSTON, A.G.H.: Les Ptéridophytes d'Afrique intertropicale française (*Mém. IFAN*, n° 50, p. 9-49, 1957).
- [310] TATON, A. et RISOPOULOS, S.: Contribution à l'étude des principales formations marécageuses de la région de Nioka (District du Kibali-Ituri) (*Bull. Soc. roy. bot. Belg.*, 87, p. 5-19, 1955).
- [311] THONNER, Fr.: Dans la grande forêt de l'Afrique centrale (Bruxelles, 115 p., 1899).
- [312] TISSERANT, Ch.: Catalogue de la Flore de l'Oubangui-Chari (*Mém. Inst. Ét. Centrafr.* n° 2, p. 165, 1950).
- [313] TONDEUR, G.: L'érosion du sol spécialement au Congo belge (Publ. Min. Col., Bruxelles, 3^e éd., 240 p., 1954).

- [314] TRAMASURE, G.: Aspects édaphologiques des îles du fleuve Congo (*inédit*, Inst. Agron. Univ. Louvain, 1958).
- [315] TRICART, J.: Comparaison entre les façonnements des lits fluviaux en zone tempérée et en zone intertropicale (*C.R. Ac. Sc. Paris*, 245, p. 555-557, 1957).
- [316] — : Analyse et critique de l'étude de J. CORBEL: La vitesse de l'érosion (*Rev. Géomorph. dyn.*, XI, p. 34-35, 1960).
- [317] TROCHAIN, J.: Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal (*Mém. IFAN* n° 2, Paris, 433 p., 1940).
- [318] — : Nomenclature et classification des Types de Végétation en Afrique Noire Française (*Bull. Inst. Et. Centrafr.*, N.S., n° 2, p. 13-24, 1951).
- [319] — : Nomenclature et Classification des milieux végétaux en Afrique Noire Française (*L'Année Biolog.*, 3^e sér., p. 317-337, 1955).
- [320] — : Accord interafricain sur la définition des Types de Végétation de l'Afrique tropicale (*Bull. Et. Centrafr.*, N.S., n° 13-14, p. 55-93, 1957).
- [321] TROLL, C.: Die Tropischen Grasländer (savannen) unter der Einfluss von Klima, Boden und Wasser (C.R. XVIII^e Congr. Int. Géogr. Rio de Janeiro, p. 302-307, 1959).
- [322] TROUPIN, G.: La Végétation du Parc National de la Garamba (Uele-Congo belge). Définition, Écologie et Dynamique des groupements (Un. de Liège, Thèse de Doctorat, *inédit*, 410 p., 1956).
- [323] TWENHOFEL, H.: Treatise on Sedimentation (London, 681 p., 1926).
- [324] VAAS, K.F. and SOEHLAN, M.: On the ecology of some small lakes near Buitenzorg, Java (*Hydrobiologia*, I, p. 238-250, 1948).
- [325] VAN DEN ABEELE, M.: L'érosion, problème africain (I.R.C.B., Bruxelles, 29 p., 1941).
- [326] VANDENPLAS, A.: La pluie au Congo belge (*Bull. Agr. Congo belge*, XXXIV, p. 1-396, 1943).
- [327] — : La température au Congo belge (Publ. Min. Col. Bruxelles, 194 p., 1947).
- [328] VAN DER BEN, D.: Exploration hydrobiologique des lacs Kivu, Édouard et Albert (1952-1954). Résultats scientifiques. IV, 1. La végétation des rives (Publ. I.R.S.N.B., 191 p., 1959).
- [329] VAN DER KERKEN, G.: L'ethnie Mongo (I.R.C.B. Bruxelles, 504 p., 1944).

- [330] VAN BULCK, G.: Notice de la carte linguistique du Congo belge et du Ruanda-Urundi (in *Atlas Gén. du Congo*, I.R.C.B., Bruxelles, 8 p., 1 carte, 1954).
- [331] VANDERLINDEN, R.: Note sur le régime hydrographique du bassin du Congo (*Bull. I.R.C.B.*, VIII, p. 862-884, 1937).
- [332] VANDERYST, H.: Introduction à la Phytogéographie agrostologique de la Province du Congo-Kasai. Les formations et les associations (I.R.C.B., Bruxelles, 154 p., 1932).
- *[333] VAN DEUREN, P.: L'aménagement du Bas-Congo (*Bull. Assoc. Ing. et Industriels*, 1928).
- [334] VAN DONSELAER-TEN BOKKEL HUININK, W.A.E.: An ecological study of the vegetation in three former river beds (*Wentia*, 5, p. 112-162, 1961).
- [335] VAN GANSE, R.: Les débits du fleuve Congo à Léopoldville et à Inga (*Bull. ARSOM*, N.S., V, p. 737-763, 1959).
- [336] VAN MEEL, L.: Exploration du Parc National de l'Upemba, Mission G.F. DE WITTE, 1946-1949. Contribution à l'étude du lac Upemba - A. Le milieu physico-chimique (Publ. I.P.N., 190 p., 1953).
- *[337] VAN MIERLO, C.J.: L'aménagement des cours d'eau du Congo (Congr. Int. et Intercol. des Transp., Paris, 1931).
- [338] VAN MOESIEKE, D.: Monographie agricole du District de la Lulonga (Équateur) (*Bull. Agr. Congo belge*, XX, p. 395-439, 1929).
- [339] VAN OYE, P.: Les marais de la province de l'Équateur (*Bull. Agr. Congo belge*, XIV, p. 535-544, 1923).
- [340] VAN STRAELEN, V.: Les Parcs Nationaux du Congo belge (*Mém. Soc. Biogéogr.*, V, p. 181-210, 1937).
- [341] VAN WAMBEKE, A.: Contribution à l'étude des phénomènes de jaunissement du palmier à l'huile dans la Tshuapa (*Bull. Agric. Congo belge*, p. 889-904, 1957).
- [342] — et VAN OOSTEN, M.F.: Carte des Sols et de la Végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 8. VALLÉE DE LA LUFIRA (Haut-Katanga) - Notice explicative (Publ. INEAC, 71 p., 1956).
- *[343] VEATCH, A.C.: Evolution of the Congo Basin (*Geolog. Soc. of America*, mém. n° 3, 1935).
- [344] VENNETIER, P.: Le réseau français Congo-Oubangi (*Les Cah. d'Outre-Mer* n° 48, p. 321-348, 1959).
- [345] VERHEYEN, R.: Exploration du Parc National de l'Upemba - Oiseaux (Publ. I.P.N., 687 p., 1953).

- [346] VERHOEVEN, B.: Embankment and Cultivation of marine foreland (*Soil Sc.*, 74, p. 91-95, 1952).
- [347] VESEY, D.F.: Grazing succession amongst east african game animals (*Journ. of Mammology*, 41, p. 161-172, 1960).
- [348] VISSER, S.A.: A study in the decomposition of *Cyperus papyrus* in the swamps of Uganda, in natural peat deposits, as well as in the presence of various additives (*East Afr. Agric. & For. Journ.*, XXIX, p. 268-287, 1964).
- [349] VU VAN CUONG, F.S.C.: Les associations d'hydrophytes dans les environs de Saigon (*Ann. Fac. Sc. Saigon*, p. 283-336, 1960).
- [350] WARMING, E.: Lagoa Santa - Et Bidrag til den biologiske Plantegeographie (avec résumé français) (*Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skr.*, 6, p. 150-487, 1892).
- [351] — und GRAEBNER, P.: Lehrbuch der Okologischen Pflanzengeographie (Berlin, 1157 p., 1918).
- [352] WAUTERS, A.J.: Gordon Pacha et la route de Khartoum au Congo (*Le Mouv. géogr.*, n° 5, p. 18-19, 1884).
- [353] —: Référendum sur la question de la population du Congo (1^{er} article) (*Le Mouv. géogr.*, n° 5, p. 91-94, 1895).
- [354] WILVERTH, E.C.: Référendum sur la question de la population au Congo (2^e article). Upoto (Mongwandi et Bangala), 1889-1892 (*Le Mouv. géogr.*, n° 7, p. 99, 1895).
- [355] WILD, H.: Water Jacinth (*Eichhornia crassipes* (MART) SOLMS) in Southern Rhodesia (Publ. CCTA/CSA, n° 25, p. 127-129, 1956).
- [356] —: Harmful aquatic weeds in Africa and Madagascar (Publ. CCTA/CSA, n° 73, p. 68, 1961).
- [357] WITTFOGEL, K.A.: The hydraulics Civilizations (Man's Role in changing the face of the earth, Chicago, 2^e éd., p. 152-164, 1958).
- [358] YAWAKI, A.M.L. et TUXEN, J.: Über Lemnanea-Gesellschaften in Europa und Japan (*Mitt. Floristisch-soziol. Arbeit.*, N.F., 8, p. 127-135, 1960).
- [359] YAYER, J.: Caractéristiques hydrographiques de l'Ubangi (*Bull. I.R.C.B.*, XXII, p. 808-835, 1951).

INDEX DES NOMS SCIENTIFIQUES

- Abrus canescens* WELW. ex BAKER : 324, 326, 327.
Adenia cissampeloides HARMS: 321.
Aeschynomene elaphroxylon (GUILL. et PERR.) TAUB.: 166, 343.
Aframomum stipulatum (GAGN.) K. SCHUM.: 326, 327, 330, 346.
Albizia ealaensis DE WILD.: 213, 325.
Albizia fastigiata (E. MEY) OLIV.: 212.
Alchornea cordifolia MUELL. ARG.: 128, 228, 275.
Allophylus africanus P. BEAUV.: 317.
Andropogon brazzae FRANCH.: 259, 261, 345.
Andropogon patris ROBYNS: 345.
Andropogon schirensis HOCHST. ex A. RICH.: 326, 330, 346.
Aneilema nigritiana (CLARKE) HUTCH.: 275, 345.
Aneulophus africanus BENTH.: 268.
Anona arenaria THON.: 301, 303, 311, 312, 327, 328, 345.
Anona senegalensis FRIES.: 188.
Anthocleista liebrechtsiana DE WILD. et TH. DUR.: 228, 253, 259, 272, 273, 275, 313, 317, 346.
Anthocleista schweinfurthii GILG.: 259.
Anthocleista squamata DE WILD. et TH. DUR.: 320.
Arthrosamanea altissima (OLIV.) GILBERT et BOUTIQUE: 313.
Axonopus compressus (SW.) P. BEAUV.: 347.
Azolla africana DESV.: 219, 227, 343.
Azolla caroliniana WILLD.: 220.
Azolla guineensis SCHUM.: 219.
Azolla pinnata var. *africana* (DESV.) BAK. f.: 219.
Baphia dewevrei DE WILD.: 275.
Belmontia chionantha GILG.: 346.
Bertiera laurentii DE WILD.: 291.
Borassus aethiopum MART.: 308, 319, 322, 346.
Borreria angolensis (WELW.) FICALHO: 321.
Brachiaria brizantha (HOCHST.) STAPP: 324, 327, 346.
Brachiaria kotschyana (HOCHST.) STAPP: 259, 290, 312, 315, 324, 326, 346.
Brachiaria mutica (FORSK.) STAPP: 128, 226, 231, 259, 261, 343.
Bridelia ferruginea BENTH.: 188.
Bridelia stenocarpa MUELL. ARG.: 321, 325.
Bulbostylis abortiva (STEUD.) CLARKE: 287, 347.
Bulbostylis laniceps CLARKE: 264, 266, 270, 287, 290, 312, 314, 315, 326, 328, 345.
Bulbostylis puberula (POIR.) CLARKE: 346.
Bulbostylis pusilla (A. RICH.) CLARKE: 346.
Byrsocarpus coccineus SCHUMACH. et THON.: 321.
Byrsocarpus viridis (GILG) SCHELLENB.: 321.
Calamus laurentii DE WILD.: 275.
Calanthe corymbosa LINDL.: 291, 346.
Caloncoba welwitschii GILG.: 317.
Cassia mimosoides L.: 313, 315, 347.
Cassipourea congoensis R. BR. ex DC.: 253, 270, 281.
Cassytha filiformis L.: 287, 347.
Castanola paradoxa (GILG) SCHELLENB.: 275.
Cecropia leucocoma MIQ.: 317, 320.
Cephalostigma perrottetii A. DC.: 347.
Ceratophyllum demersum L.: 219, 221, 344.
Clappertonia ficifolia (WILLD.) DECNE: 259, 275, 318, 343.
Cnestis ferruginea DC.: 321.
Clerodendron formicarum GUERKE: 318.
Coelocaryon klainei PIERRE ex HECKEL: 321.
Coleus dupuisii DE WILD.: 345.
Commelina diffusa BURM.f.: 231, 236, 259, 343.
Commitheca liebrechtsiana DE WILD.: 275.
Costus afer KER-GAWL.: 318.
Craterispermum brachyneatum HIERN.: 319.

- Crotalaria goreensis* GUILL. et PERR.: 346.
Crotalaria longipedunculata DE WILD. ex WILCZEK: 347.
Crotalaria ochroleuca G. DON: 346.
Crotalaria ononoides BENTH.: 324, 346.
Crotalaria sessilis DE WILD.: 345.
Crudia harmsiana DE WILD.: 228, 275.
Ctenium concinnum NEES: 303, 326, 346.
Cucurigo pilosa ENGL.: 313, 317, 324, 327, 346.
Cuviera angolensis WELW.: 320.
Cyathula prostata (L.) BLUME: 275.
Cyclocarpa stellaris AFZ. ex BAKER: 327, 347.
Cyclosurus striatus (SCHUM.) CHOISY: 346.
Cynodon dactylon (L.) PERS.: 234.
Cynometra sessiliflora HARMS: 268.
Cyperus aromaticus MATT. et KUK.: 347.
Cyperus erectus (SCHUM.) MATT. et KUK. var. *schlechteri* KUK.: 259, 291, 345.
Cyperus fertilis BOECK: 318.
Cyperus hensii DUR. et SCHINZ: 265, 267, 270, 314, 328, 345.
Cyperus imbricatus RETZ: 127.
Cyperus maculatus BOECK: 128.
Cyperus nudicaulis POIR.: 217, 236, 343.
Cyperus papyrus L.: 164, 166, 167, 218, 228, 237, 239, 244, 343.
Cyperus sphaclatus ROTTB.: 347.
Cyperus tenax BOECK: 326.
Cyperus tenuiculmis BOECK: 347.
Cyperus zollingeri STEUD.: 326, 327.
Cyrtosperma senegalense ENGL.: 236, 237, 287, 343.
Dalbergiella welwitschii BAK. f.: 316, 318.
Daniellia ealaensis BAK. f.: 321.
Desmodium adscendens (Sw.) DC.: 347.
Desmodium ramosissimum G. DON: 324, 327, 347.
Desmodium velutinum (WILLD.) DC.: 324, 347.
Dewevrella cochliostema DE WILD.: 321.
Digitaria brazzae (FRANCH.) STAPF: 346.
Digitaria polybotrya STAPF: 346.
Digitaria uniglumis (A. RICH.) STAPF var. *major* STAPF: 324, 327, 346.
Digitariopsis major VAN DER VEKEN: 326, 346.
Dioscorea baya DE WILD.: 321.
Diplachne fusca P. BEAUV.: 222.
Dissotis brazzae COGN.: 346.
Dissotis canescens (E. MEY ex GRAHAM) HOOK.: 346.
Dissotis capitata HOOK. f.: 326.
Dissotis multiflora (Sm.) TRIANA: 287.
Drosera madagascariensis LAM.: 285, 286, 347.
Dryopteris gongylodes (SCHK.) O. Ktze: 239, 343.
Echinochloa pyramidalis (LAM.) HITCH. et CHASE: 164, 226, 231, 244, 343.
Echinochloa stagnina (RETZ.) P. BEAUV.: 164, 227, 231, 343.
Ectadiopsis oblongifolia (MEISN.) SCHLTR.: 287, 347.
Eichhornia azurea (Sw.) KUNTH: 225.
Eichhornia crassipes (MART.) SOLMS: 71, 133, 218, 222, 343.
Elaeis guineensis JACQ.: 210, 211, 303, 322.
Eleocharis variegata (POIR.) PRESL.: 291, 347.
Elyonorus hensii K. SCHUM.: 311, 314, 315, 326, 328, 345.
Emilia graminea DC.: 313, 326, 347.
Eragrostis gangetica (ROXB.) STEUD.: 234, 347.
Eragrostis squamata STEUD.: 348.
Eriocaulum microsperrum RDLK.: 212.
Eriosema glomeratum HOOK. f.: 326, 347.
Eriosema laurentii DE WILD.: 259, 313, 318, 346.
Eriosema parviflorum E. MEY: 347.
Erythrococca oleracea PRAIN: 318.
Eulophia caricifolia (REICH. f.) SUMMERH.: 285, 286, 346.
Fagara macrophylla (OLIV.) ENGL.: 322.
Ficus capensis THUNB.: 322.
Ficus exasperata VAHL: 318.
Fimbristylis cioniana SAVI: 128.
Fimbristylis complanata LINK: 291, 346.
Fimbristylis dichotoma VAHL: 324, 348.
Fimbristylis exilis ROEM. et SCHULT.: 324, 348.
Fuirena umbellata ROTTB.: 236, 343.
Geniosporum paludosum BAKER: 261.
Glinus oppositifolius (L.) A. DC.: 218.
Grewia seretii DE WILD.: 275.
Harungana madagascariensis POIR.: 259, 272, 275, 313, 318.
Heteranthoecia guineensis (FRANCH.) ROBYNS: 236, 287, 291, 343.
Hugonia platysepalia WELW.: 318.
Hymenocardia acida TUL.: 325.

- Hymenocardia heudelotii* MUELL. ARG.:
 tableau XIV, entre p. 264-265.
Hymenocardia ulmoides OLIV.: 259, 301,
 316, 318.
Hyparrhenia diplandra STAFF: 197, 201,
 203, 207, 210, 218, 230, 259, 261,
 264, 270, 275, 290, 311, 312, 215,
 324, 326, 327, 328, 338, 345.
Hyparrhenia familiaris (STEUD.) STAFF:
 313, 345.
Hyparrhenia filipendula STAFF: 326,
 347.
Hypolytrum nemorum P. BEAUV.: 275.
Imperata cylindrica (L.) P. BEAUV.:
 250, 251, 324, 326, 327, 348.
Indigofera hirsuta L.: 347.
Indigofera microcalyx BAKER: 313, 315,
 346.
Indigofera paniculata PERS.: 346.
Indigofera paracapitata GILLET: 312,
 315, 326, 346.
Indigofera pulchra WILLD.: 346.
Indigofera simplicifolia LAM.: 324, 346.
Ipomea aquatica FORSK.: 222.
Ipomea involucrata P. BEAUV.: 318.
Irvingia smithii HOOK. f.: 268.
Isachne buettneri HACK.: 287, 291, 345.
Ixora radiata HIERN.: 319.
Jardinea congoensis FRANCH.: 201, 218,
 258, 259, 261, 287, 345.
Jardinea gabonensis STEUD.: 259, 261,
 345.
Jussieua repens L.: 222.
Lagera alata SCH. BIP.: 324.
Leersia hexandra SW.: 227, 231, 343.
Lemna minor L.: 220.
Lemna psauicostata HEGELM.: 218, 219,
 344.
Lophira alata BANKS: 270.
Loudetia phragmitoides C. E. HUBB.:
 346.
Loudetia vanderystii (DE WILD.) C. E.
 HUBB.: 288, 290, 345.
Lycopodium affine BORY: 219, 286,
 288, 289, 290, 345.
Lycopodium carolinianum L.: 289.
Lycopodium cernuum L.: 321.
Macaranga monandra MUELL. ARG.:
 316.
Macaranga spinosa MUELL. ARG.: 315,
 318, 320, 321.
Macaranga zenkeri PAX: 318.
Maesobotria floribunda BENTH. var.
hirtella PAX: 317, 318.
Mallotus oppositifolius MUELL. ARG.:
 319.
Maprounea africana MUELL. ARG.: 314.
Maprounea membranacea PAX: 270,
 276, 317, 318.
Melastromastrum autranianum (COGN.)
 A. et R. FERNANDES: 287, 343.
Melastromastrum segregatum (BENTH.)
 A. et R. FERNANDES: 259, 315, 343.
Melinis minutiflora P. BEAUV.: 170, 171.
Melothria deltoidea (SCH. et THON.)
 BENTH.: 275.
Merremia tridentata (L.) HALL subsp.
angustifolia (JACQ.) OOSTR.: 265,
 270, 314, 328, 347.
Mesanthemum radicans (BENTH.)
 KOERN.: 286, 290, 345.
Mikania scandens (L.) WILLD.: 317,
 332.
Mimosa pigra L.: 319, 344.
Miscanthidium violaceum (K. SCHUM.)
 ROBYNS: 243.
Monocymbium cereisiiforme (NEES)
 STAFF: 265, 290, 312, 314, 315, 326,
 328, 346.
Morinda lucida BENTH.: 319.
Murdannia sinica (LINDL.) BRUCKNER:
 347.
Murdannia simplex (VAHL) BRENNAN:
 347.
Nauclea latifolia SMITH: 188, 299, 311,
 312, 327, 345.
Neptunia prostata (LAM.) BAILL.: 222.
Neurotheca congolana DE WILD. et
 TH. DUR.: 289, 290, 345.
Neurotheca longides N.E.Br.: 270, 291,
 312, 314, 315, 328, 346.
Nymphaea advena SOLAND.: 222.
Nymphaea lotus L.: 218, 221, 343.
Nymphaea stellata: 222.
Ochthocosmus africanus DE WILD. et
 TH. DUR.: 275, 318, 319, 320.
Oldenlandia affinis (R. et S.) DC.:
 324, 347.
Oldenlandia herbacea (L.) ROXB.: 324,
 347.
Oldenlandia lancifolia (SCHUM.) DC.:
 346.
Ophioglossum ellipticum Hook. et
 GREV.: 259, 348.
Oryza barthii A. CHEV.: 232.
Oryza brachiantha A. CHEV. et ROEHR.:
 232.
Oryza breviligulata A. CHEV.: 232.
Oryza perennis MOENCH.: 164, 232,
 343.
Oryza sylvestris STAFF: 232.
Osbeckia congolensis COGN.: 265, 312,
 315, 328, 346.
Otomeria elatior (A. RICH.) VERD-
 COURT: 346.

- Ouratea arnoldiana* DE WILD. et TH. DUR.: 275, 317, 318.
Pamphetanthus gillettii (DE WILD. et TH. DUR.) BREM.: 321.
Panicum amplexicaule RUDGE: 225.
Panicum dregeanum NEES: 313, 346.
Panicum glabrescens STEUD.: 226.
Panicum longijubatum STAPF: 226.
Panicum maximum JACQ.: 275, 319.
Panicum muticum FORSK.: 226.
Panicum nervatum STAPF: 287, 291, 345.
Panicum parvifolium LAM.: 227, 236, 237, 287, 291, 303, 343.
Panicum purpurascens RADDI: 226.
Panicum subalbidum KUNTH: 226, 231, 259, 261, 343.
Parinari congoensis F. DIDR.: 253.
Paspalum geminatum (FORSK.) STAPF: 234.
Paspalum commersonii STAPF: 230, 259, 261, 347.
Paspalum repens BERG.: 237.
Pauridiantha canthiiflora HOOK. f.: 275.
Pavetta membranifolia K. KRAUSE: 319.
Pennisetum polystachyon SCHULT.: 324.
Pennisetum purpureum SCHUM.: 209.
Pentadiplandra brazzeana BAILL.: 317, 326.
Phragmites communis TRIN.: 164, 233.
Pistia stratiotes L.: 165, 218, 219, 343.
Platostoma africanus P. BEAUV.: 347.
Polygala acicularis OLIV.: 313, 346.
Polygala gillettiana PETIT: 265, 312, 314, 315, 328, 345.
Polygonum acuminatum H.B. et K.: 227.
Polygonum pulchrum BLUME: 227, 231, 344.
Polygonum setosulum A. RICH.: 227.
Pseudospondias microcarpa (A. RICH.) ENGL.: tableau XIV, entre p. 264-265.
Psidium guajava L.: 192.
Psorospermum febrifugum SPACH.: 188, 317.
Psorospermum tenuifolium HOOK. f.: 317, 320.
Pteridium aquilinum (L.) KUHN: 212, 326, 330.
Pueraria phaseoloides BENTH.: 298.
Pycnanthus scaetiae CHERM.: 265, 266, 312, 314, 315, 326, 328, 346.
Raphia sesse DE WILD.: 154, 281.
Rauwolfia mannii STAPF: 315, 318.
Rauwolfia vomitoria AFZEL.: 322.
Rhynchelytrum amethysteum (FRANCH.) CHIOV.: 346.
Rhynchelytrum roseum (NEES) STAPF et HUBBARD: 171.
Rhynchospora candida CLARKE: 259, 286, 290, 348.
Rhynchospora corymbosa BRITTON: 236, 287, 344.
Rhynchospora glauca VAHL: 286, 290, 347.
Rhytachne rotthoeloides DESV.: 290, 347.
Ricciocarpus natans (L.) CORDA: 219.
Rotthoellia purpurascens ROBINS.: 343.
Roureopsis obliquifoliolata (GILG) SCHELLENB.: 318.
Sacciolepis interrupta (WILLD.) STAPF: 224, 227, 259, 261, 343.
Sauvagesia erecta L.: 259, 291, 347.
Schizachyrium brevifolium (SW.) NEES: 287, 291, 324, 347.
Schizachyrium kwilunense VANDERYST: 263.
Schizachyrium platyphyllum STAPF: 290, 313, 327, 345.
Schizachyrium semiberbe NEES: 346.
Schwenkia americana L.: 348.
Scleria bequaertii DE WILD.: 290, 345.
Scleria canaliculato-triquetra BOECK.: 346.
Scleria goossensii DE WILD.: 259, 343.
Scleria hirtella SWARTZ: 348.
Scleria melanomphala KUNTH: 259, 291, 347.
Scleria niasensis CLARKE: 256, 346.
Scleria parvula STEUD.: 347.
Scleria spicaeformis BENTH.: 290.
Sclerosperma mannii WENDL.: 299, 345.
Scoparia dulcis L.: 218, 348.
Scyttopetalum pierreanum (DE WILD.) VAN TIEGHEM: tableau XIV, entre p. 264-265.
Selaginella cathedrifolia SPRENG.: 289.
Selaginella congoensis ALSTON: 219, 286, 288, 289, 290, 345.
Setaria anceps STAPF: 265, 314, 328, 345.
Setaria restoidea (FRANCH.) STAPF: 218, 263, 264, 270, 291, 312, 315, 326, 328, 345.
Setaria sphacelata STAPF et HUBBARD: 313, 315, 347.
Sida rhombifolia L.: 274.
Spartina towsendii H. et J. GROVES: 362.
Sphagnum planifolium C. MULL.: 219, 284, 285, 286, 345.
Spirodella polyrrhiza (L.) SCHLEID.: 219, 344.

- Stipularia africana* P. BEAUV.: 213, 259, 275, 287, 321, 343.
Striga asiatica O. KUNTZE: 324.
Synsepalum dulcificum DANIELL: 275.
Tephrosia barbigera WELW. ex BAKER: 324, 346.
Tetracera alnifolia WILLD.: 275.
Tetracera alnifolia WILLD. var. *podotricha* (GILG) STANER: 321.
Tithonia diversifolia A. GRAY: 362.
Torenia thouarsii (CHAM. et SCHLECHT.) KUNTZE: 348.
Trachypphrynium braunianum (K. SCHUM.) BAK.: 275.
Trichopteryx dregeana NEES: 303, 311, 312, 314, 315, 328, 347.
Tristemma incompletum R. BR.: 321.
Triumfetta rhomboidea JACQ.: 275.
Typha angustifolia L.: 166.
Typha australis SCHUM. et THON.: 233.
Uapaca heudelotii BAILL.: 228, 259, 275, 313.
Uraria picta DESV.: 324.
Utricularia foliosa L.: 221, 343.
Utricularia stellaris L. f.: 221, 343.
Utricularia thonningii SCHUM.: 218, 221.
Utricularia tortilis WELW.: 289, 290, 346.
Uvaria laurentii DE WILD.: 275.
Vausagesia africana BAILL.: 259, 291, 346.
Vetiveria nigrifolia STAPP: 164.
Vernonia conferta BENTH.: 322.
Vigna campestris (MART.) WILCZEK: 348.
Vigna micrantha HARMS: 259, 324, 346.
Vigna multiflora HOOK.: 345.
Vigna multinervis HUTCH. et DALZ.: 317, 346.
Vigna nigrifolia HOOK. f.: 345.
Vigna unguiculata (L.) WALP.: 324, 348.
Vigna venulosa BAK.: 321.
Vismia laurentii DE WILD.: 318, 319.
Vitex madiensis OLIV.: 188.
Vossia cuspidata (ROXB.) GRIFF.: 128, 164, 218, 225, 226, 236, 259, 261, 343.
Wolffia arrhiza (L.) WIMM.: 219, 344.
Xylopia aethiopica A. RICH.: 315, 320, 322.
Xyris capillaris MALME: 346.
Xyris decipiens N. E. BR. var. *vanderystii* (MALME) MALME: 286, 290, 345.
Xyris densa MALME: 290, 345.
Xyris hildebrandtii ABS. NILSS.: 290, 347.
Xyris aff. imitatrix MALME: 290, 345.
Ystia stagnina COMPÈRE: 259, 261, 262, 345.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	3
Samenvatting	9
Zusammenfassung	15
Summary	21
Resumen	27
AVANT-PROPOS	33
INTRODUCTION	35
 CHAPITRE I. Les traits principaux du milieu physique des territoires étudiés	 39
§ 1. Le cadre géographique et chorologique	39
§ 2. Le climat	42
§ 3. La géologie et le relief	44
 CHAPITRE II. Les conditions hydrographiques de la Cuvette congolaise	 49
§ 1. Quelques généralités sur le bassin hydrographique congolais	50
§ 2. Le régime du fleuve Congo et de ses affluents dans la Cuvette	54
A. Les hauteurs du plan d'eau	55
B. La pente et la vitesse	70

C. Le débit	72
D. La charge	74
§ 3. Le bassin congolais comparé à d'autres bassins des régions chaudes	80
 CHAPITRE III. L'origine et la morphologie des dépôts fluviaux	
§ 1. L'érosion et son importance dans le bassin congolais	85
A. Erosion mécanique	86
B. Erosion chimique	93
C. Erosion totale	96
D. Les causes principales de l'érosion au Congo, au Rwanda et au Burundi	99
§ 2. Le travail des rivières et des eaux en général	103
A. Quelques généralités sur les courants fluviaux	103
B. Le mécanisme des transports des substances solides et dissoutes	105
C. Quelques particularités du lit des rivières de plaine alluviale	107
I. Le façonnement du lit. Les méandres	108
II. Les digues naturelles ou levées alluviales	112
D. L'écoulement aux embouchures	113
§ 3. L'alluvionnement en fonction des sites	115
A. Les dépôts des rives et du flat alluvial	116
B. Les dépôts du lit	119
C. Les dépôts aux zones de confluence et dans les « basses terres »	123

§ 4. L'influence de la végétation sur la sédimentation . . .	126
--	-----

CHAPITRE IV. La nature des eaux	131
---	-----

§ 1. Les eaux du Congo central	132
--	-----

A. Influence des facteurs géologiques et climatiques . . .	132
--	-----

B. La composition physico-chimique des eaux de la Cuvette	
---	--

I. Les critères généraux de classification des eaux équatoriales	133
---	-----

II. Les caractéristiques des différentes classes d'eaux .	134
---	-----

III. Les variations de la composition physico-chimique	137
--	-----

C. Le classement des rivières par catégories d'eau . . .	142
--	-----

D. Le profil des eaux du Congo dans sa traversée de la Cuvette	142
---	-----

§ 2. Bref aperçu sur les eaux des territoires du Congo oriental et méridional	143
--	-----

A. Les eaux des rivières	143
------------------------------------	-----

B. Les eaux des lacs	144
--------------------------------	-----

§ 3. Comparaison sommaire des eaux amazoniennes et congo- laïses	145
---	-----

CHAPITRE V. La nature des terrains	147
--	-----

§ 1. Le cadre pédologique du Secteur Forestier Central . . .	147
--	-----

A. Les sols tropicaux récents	148
---	-----

B. Les kaolisols	148
----------------------------	-----

I. Les ferralsols	148
-----------------------------	-----

II. Les aréno-ferrals	150
---------------------------------	-----

§ 2. Les sols des biotopes alluvionnaires récents	151
A. Généralités sur les sols alluviaux. Mode de classement	152
B. Quelques particularités des profils des sols alluvionnaires récents	158
§ 3. Les sols des savanes intercalaires	160

CHAPITRE VI. Revue de la littérature consacrée aux biotopes herbeux étudiés 163

§ 1. Les formations herbeuses des eaux douces de l'Afrique tropicale	163
A. Leur extension dans la bande tropicale africaine	164
B. Leur chorologie au Congo	165
§ 2. Les savanes de basse altitude de la ceinture équatoriale	167
A. Historique et Définition du terme Savane. Nature de cette formation	168
B. Les vues exprimées sur l'origine des savanes équatoriales basse altitude	183
I. Les savanes des régions équatoriales extra-africaines	184
II. Les savanes d'Afrique équatoriale occidentale	187
III. Les savanes équatoriales congolaises	194
1. Les savanes sises à l'équateur et dans les abords immédiats	195
2. Les savanes intercalaires du nord du Secteur Forestier Central	209
3. Les savanes intercalaires du sud du Secteur Forestier Central	210

CHAPITRE VII. La végétation herbeuse des alluvions récentes de la Cuvette congolaise 215

§ 1. Définition de quelques termes physionomiques	215
---	-----

§ 2. Les groupements étudiés	217
A. L'analyse floristique et l'écologie des groupements	219
I. Les groupements des biotopes aquatiques et semi-aquatiques	219
1. L'association à <i>Pistia stratiotes</i> et <i>Lemna paucicostata</i>	219
2. L'association à <i>Nymphaea lotus</i> et <i>Utricularia thoningii</i>	221
3. Le groupement à <i>Eichhornia crassipes</i>	222
4. L'association à <i>Vossia cuspidata</i>	225
5. Le groupement à <i>Cyperus nudicaulis</i>	236
6. Le groupement à <i>Cyperus papyrus</i>	237
II. Les groupements des biotopes à substrat temporaire exondé	244
a) La situation et la physionomie des esôbe rivulaires	245
b) Le microclimat des esôbe rivulaires	255
c) La végétation des esôbé rivulaires	258
1. L'association à <i>Jardinea congoensis</i>	258
2. L'association à <i>Hyparrhenia diplandra</i> et <i>Setaria restioidea</i>	263
d) Considérations sur la nature du sol et le dynamisme de la végétation des esôbé rivulaires	267
1. En esôbé sableux	268
2. En esôbé sablo-argileux ou argileux	271
Annexes :	
1. Quelques données sur la microflore	278
2. Le cordon forestier bordant les esôbé rivulaires	280
e) Conclusions relatives aux esôbé rivulaires	281
III. Les groupements des biotopes marécageux	284
1. L'association à <i>Sphagnum planifolium</i>	284
2. L'association à <i>Selaginella congoensis</i> et <i>Lycopodium affine</i>	288
B. Les relations syngénétiques existant entre les groupements étudiés	294

CHAPITRE VIII. Les savanes intercalaires du Secteur Forestier

Central	297
-------------------	-----

§ 1. Les savanes intercalaires de l'équateur et de ses abords immédiats	297
A. Description sommaire des esôbé prospectés	297
B. Le substrat des esôbé intercalaires	306
C. La végétation des esôbé intercalaires	311
D. L'évolution de la végétation des esôbé intercalaires	315
§ 2. Les savanes intercalaires du nord du Secteur Forestier Central	323
§ 3. Les savanes intercalaires du sud du Secteur Forestier Central	325
§ 4. Les affinités floristiques entre les savanes équatoriales et les savanes guinéennes	327
§ 5. L'origine des savanes intercalaires	330
A. Le processus de savanisation en forêt équatoriale	330
B. Le passé historique des territoires englobant les esôbé intercalaires	333

CHAPITRE IX. Les éléments floristiques et leur origine . .

§ 1. La florule des pelouses flottantes et des prairies aquatiques	341
§ 2. La florule des esôbé rivulaires et intercalaires	344
A. Répartition géographique et appartenance systématique	344
B. Les formes biologiques	349
C. L'origine de la flore	349

CHAPITRE X. Considérations sur l'agriculture vivrière en Cuvette équatoriale et sur la mise en valeur des bas-pays congolais	355
§ 1. La productivité des sols du Congo équatorial	355
§ 2. Les implications d'une intensification de l'agriculture vivrière dans la Cuvette équatoriale	360
BIBLIOGRAPHIE	365
INDEX DES NOMS SCIENTIFIQUES	387
TABLE DES MATIÈRES	393
Planches	<i>in fine</i>





FIG. a. — *Eichbornia crassipes* accrochés à une frange à *Vossia cuspidata*
Bief supérieur du Fleuve (Photo H. Golstein).



FIG. b. — Plants d'*Eichbornia crassipes* enracinés dans la vase, aux basses eaux.



FIG. a. — Prairie à *Vossia* des rives de la Ruki (Photo G. Couteaux)



FIG. b. — Aspect d'une prairie à *Vossia* en période d'étéage.



FIG. a. — Prairie à *Vossia* (à l'avant-plan) et levée sableuse à *Hyparrhenia-Paspalum* (à mi-plan et à droite).



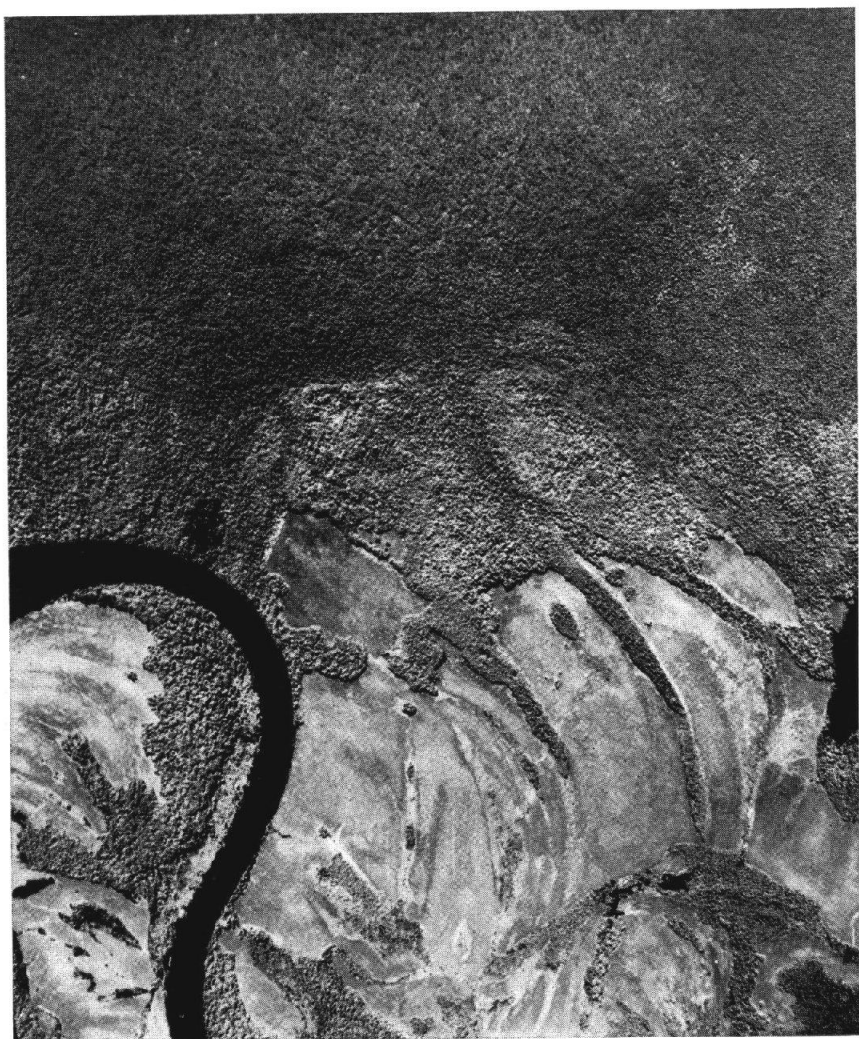
FIG b. — Plage à *Brachiaria mutica* dans une prairie à *Vossia*.



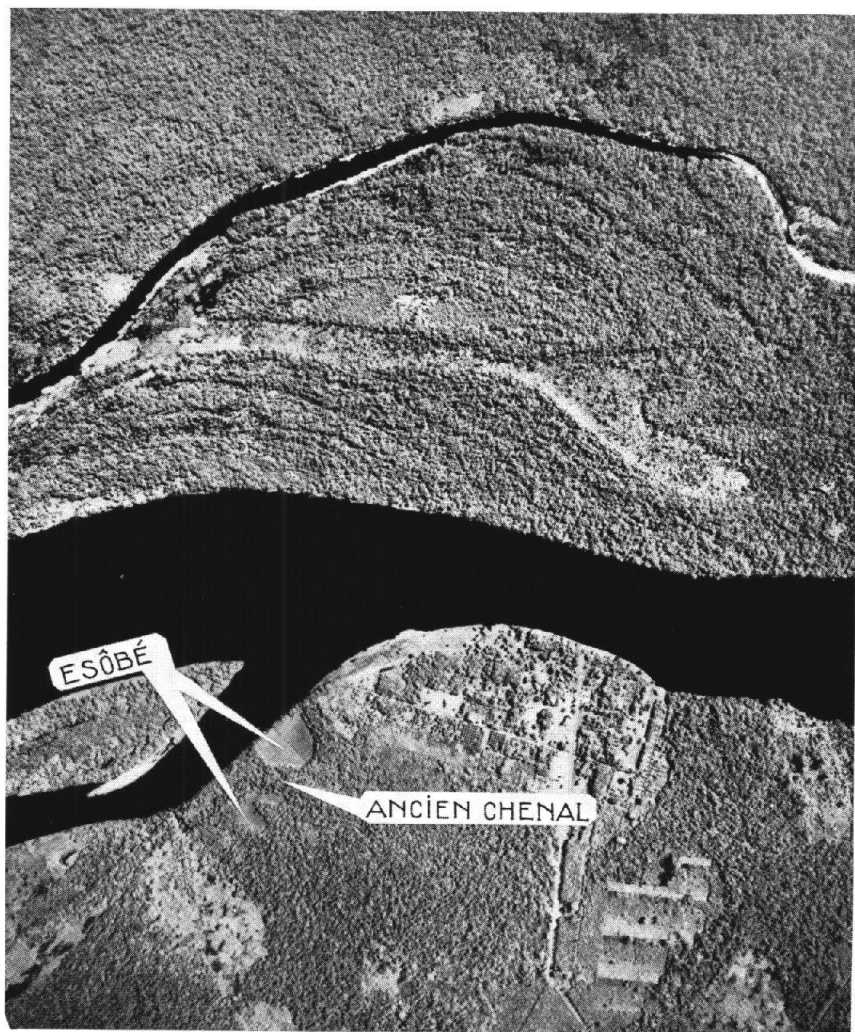
FIG. a. — Petite île à *Cyperus papyrus* et à *Echinochloa pyramidalis* dans le « couloir central » du Fleuve, un peu en aval de Yangambi.



FIG. b. — Touffe de *Jardinea* et tapis de sphaignes dans l'association à *Spagnum planifolium* (Photo C. Evrard).



Aspect de la forêt inondée et des prairies aquatiques sur les rives de la basse Ruki (Coquilhatville) (Cliché Institut géographique du Congo belge).



Les esôbé d'Ikongo-Watsa (Eala).
 Dans l'esôbé d'amont (en demi-ellipse), le coupe-feu séparant les deux objets
 « brûlé » et « non brûlé » apparaît nettement. L'ancien chenal reliant cette savane et
 l'esôbé d'aval (en fer à cheval) reste aussi visible (Cliché Institut géographique
 du Congo belge).



FIG. a. — Esôbé d'Ikongo-Watsa.
Aspect de la repousse quelques semaines après le passage du feu (Photo G. Couëtaux).



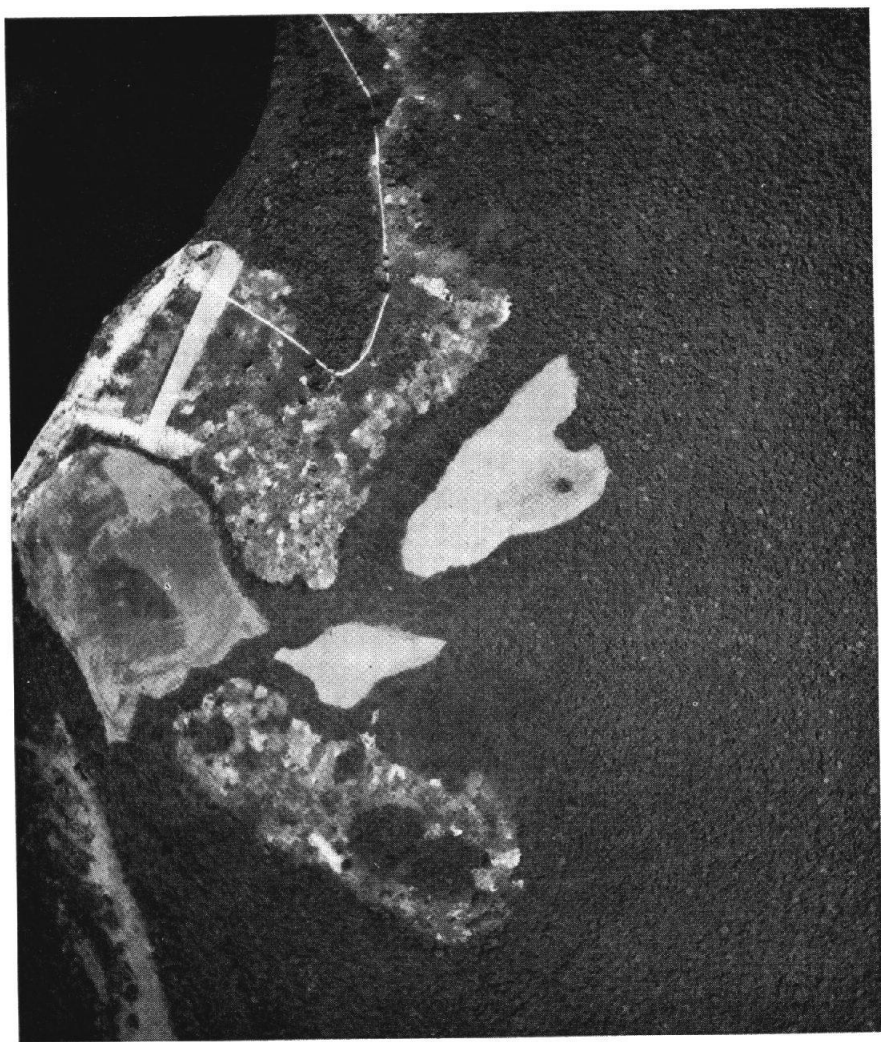
FIG. b. — Esôbé d'Ikongo-Watsa.
Touffe d'*Hybarrhenia diplandra* (Photo G. Couëtaux).



FIG. a. — Esôbé de Benkole.
Aspect de l'association à *Hyparrhenia-Setaria* quelque temps après le passage du feu;
deux îlots forestiers assez importants s'observent à mi-plan;
l'esôbé confine à la forêt inondée (Photo G. Coûteaux).



FIG. b. — Esôbé de Benkole.
Anthocleista liebrechtsiana avoisinant la lisière forestière (Photo G. Coûteaux).



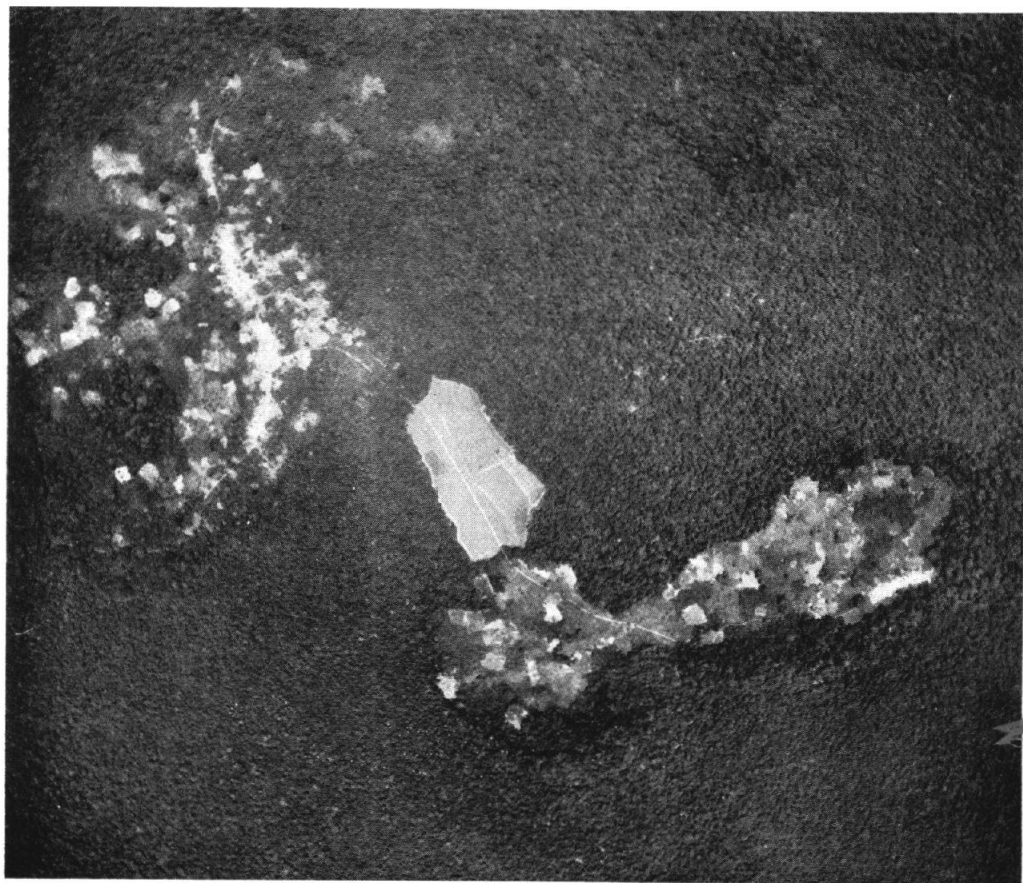
Vue de la rive gauche du Fleuve en aval de Wendji (Coquilhatville).
L'esôbé d'Ikengo et ses abords immédiats.
(Cliché Institut géographique du Congo belge).



Région d'Irébu.
Prairies aquatiques, partiellement incinérées, sur la rive droite du chenal du lac Tumba.
(Cliché Institut géographique du Congo belge).



Confluent du Congo et du chenal du lac Tumba.
Camp militaire et terres du village d'Irebu. Les plantations d'*Elaeis* et les pistes d'envol sont installées
dans l'esôbé des Lusankani (Cliché Institut géographique du Congo belge).



L'esôbé de Wangata-Watsiko et ses abords immédiats (sud-est de Coquilhatville).
Le dispositif expérimental établi dans cette savane est détaillé à la fig. 13.
(Cliché Institut géographique du Congo belge).

Achévé d'imprimer le 20 février 1965
par l'Imprimerie SNOECK-DUCAJU et FILS S.A., Gand-Bruxelles