Les Cahiers d'Outre-Mer

Revue de géographie de Bordeaux

246 | Avril-Juin 2009

Aspects environnementaux en Amérique latine

Concepts, approche bioclimatique et typologie des savanes. Application aux savanes américaines

Rafael Cámara Artigas

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/com/5567>

DOI : 10.4000/com.5567

ISSN : 1961-8603

Éditeur

Presses universitaires de Bordeaux

Édition imprimée

Date de publication : 1 avril 2009

Pagination : 175-218

ISBN : 978-2-86781-545-9

ISSN : 0373-5834

Référence électronique

Rafael Cámara Artigas, « Concepts, approche bioclimatique et typologie des savanes. Application aux savanes américaines », *Les Cahiers d'Outre-Mer* [En ligne], 246 | Avril-Juin 2009, mis en ligne le 01 avril 2012, consulté le 12 novembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/com/5567> ; DOI : 10.4000/com.5567

Concepts, approche bioclimatique et typologie des savanes. Application aux savanes américaines

Rafael CÁMARA ARTIGAS ¹

I – La savane : une formation végétale tropicale

Géographiquement, la savane est un paysage qui possède une polysémie marquée dérivant de points de vue particuliers, développés en fonction des différentes approches géographiques. À partir des grands champs thématiques de la géographie physique, nous pouvons tenter d'établir les grandes définitions suivantes.

En Biogéographie, la définition prend en compte les traits à caractères chorologique, taxonomique, physionomique et physiologique :

« la savane est une formation végétale et faunistique intertropicale d'espèces herbacées propres dominées par des bois et des fourrés à forte affinité, de différents stades de recouvrement et avec un rythme biologique soumis à un régime bioclimatique saisonnier humide-sec. »

Birot (1965) est le contributeur le plus probant quant à cette définition, établissant une relation entre les bois et la savane en fonction des facteurs géographiques lesquels donnent lieu à une « mosaïque » de ces deux grandes formes végétales à partir d'une vision zonale des formations végétales.

En Écologie, on définit ses propriétés en fonction des écosystèmes et habitats hiérarchisés par leur biocénose et la dynamique propre du milieu intertropical. Les canons de la biodiversité qui émanent de ces écosystèmes ainsi que leurs habitats discriminent des éco-régions qui correspondent à des unités biogéographiques plus petites que celles auxquelles s'appliquent les grades spécifiques de la conservation :

1. Professeur Titulaire. Université de Séville. Espagne ; mél : rcamara@us.es

« la savane est un type d'écosystème d'étendue herbeuse, de fourrés et boisements ouverts, en plaines basses, piémonts et plaines de montagnes, dans lequel se développent des relations particulières intra-spécifiques et inter-spécifiques, soumises à la dynamique climatique de l'habitat. »

Les recherches de Cole (1986) et la synthèse de Bourlière (1983) sur les écosystèmes des savanes, sont les apports significatifs dans ce domaine. Tous deux ont réalisé des études sur les relations écologiques qui existent dans ces écosystèmes.

En Climatologie, elle se cantonne aux climats tropicaux à saisons contrastées, particulièrement avec l'alternance des régimes humides/secs et avec la participation de facteurs géographiques conditionnés par cette alternance :

« la savane est une formation liée à un climat tropical dont l'alternance est due aux conditions générales de la dynamique atmosphérique, ou à sa position géographique relative. »

Köppen (1923) et Köppen et Geiger (1930) ont proposé une classification zonale climatique de la Terre en fonction de la température et des précipitations, en l'adaptant à une répartition des types de formations végétales connus. La classification empirique de Köppen référence les climats de savane comme *Aw*, faisant de cela la première identification zonale des climats pour ce type de végétation.

En Édaphologie la savane s'identifie avec les sols tropicaux et interzonaux, avec déficit ou excédent hydrique, depuis les altérites ferrugineuses jusqu'aux sols plus ou moins hydromorphes. Un vaste panel d'horizons (mollisols, sols plinthisques, calciques, sodiques, etc.) peut apparaître associé aux types édaphiques cités :

« la savane est une formation végétale des régions inter-tropicales dans laquelle les processus édaphiques se développent sous contrôle du rythme de saturation du profil et des processus dérivés de la lixiviation, du lessivage et de la formation des argiles. »

L'expression zonale de la répartition des sols réputés tropicaux est un apport de Duchaufour (1984). Ce sont les sols riches en sesquioxides qui regroupent, pour la zone tropicale, les sols ferrugineux sous leurs différentes formes. À partir de cette approche, s'explique aussi la présence d'autres sols riches en sesquioxides comme les sols fersiallitiques (méditerranéens) et ferrallitiques (équatoriaux).

En Géomorphologie, elle dérive d'un système morphoclimatique tropical de bois humides et secs, avec une évolution géomorphologique similaire, soit dérivant du rythme des changements climatiques (humide/sec), soit affecté par

différents processus anthropiques (feux, surpâturage, essartage, cultures extensives, commerciales, etc.), pouvant être contrôlés par des systèmes morphogéniques de montagne, de piémont, de versants et fluvio-lacustres, allant même jusqu'au domaine littoral :

« la savane est une unité morphologique propre des milieux tropicaux, contrôlée par une évolution climatique ou anthropique avec différents processus d'altération, d'érosion et d'accumulation. »

Le modelé des régions chaudes, forêts et savanes de J. Tricart (1969) est l'ouvrage qui met à jour la géomorphologie des milieux de savane, en développant les processus morphoclimatiques qui la caractérisent, au sein de la dynamique des régions à saison sèche accentuée.

En Hydrologie, on étudie l'ensemble des caractères qui découlent de la dynamique du drainage superficiel de la zone tropicale, dans lesquels l'évapotranspiration réelle joue un rôle important quant aux conditions climatiques régionales :

« la savane est un paysage dominé par le rythme hydrologique d'alternance, qu'il soit saisonnier ou non. »

Un exemple intéressant d'étude du système hydrologique des milieux de savane est la publication de G. Riou "*El agua y los suelos en los geosistemas tropicales y mediterráneos*", (1992), dans laquelle sont étudiés les processus de ruissellement diffus ou en nappe, ou de drainage interne, verticaux ou latéraux, en montrant le système de relations hydrodynamiques qui existe entre végétation, modelé et formations superficielles. Neuvy (1991) se rapporte davantage à la relation homme-eau dans le milieu tropical, faisant confiance à l'eau comme ressource permettant le développement de l'irrigation et des aménagements ruraux, mais aussi amenant un risque d'inondations et de maladies tropicales.

La vision géosystémique apparaît comme une approche du fonctionnement intégré dans lequel l'eau agit comme facteur à la fois de contrôle et de moteur du fonctionnement, inducteur de formations superficielles particulières, de sols et de végétation herbacée, avec ou sans arbres, et de buissons. Le géosystème retient les traits de son histoire environnementale, anthropique ou naturelle :

« la savane est un géosystème tropical foresté-herbacé dominé par le fonctionnement hydrologique local. »

L'apport le plus important de cette vision géosystémique des savanes est le livre *Savanes. L'herbe, l'arbre et l'homme en terres tropicales* de Riou (1995), dans lequel, en partant d'une typologie de savanes et de leurs paysages, il établit une relation entre la biocénose, les sols et les systèmes géomorphologiques.

Finalement, l'apport des sciences paléoenvironnementales inclue l'ensemble des traits et indicateurs des changements et variations du milieu naturel tropical tout au long du Quaternaire :

« la savane est une formation relictive de conditions climatiques depuis les forêts humides jusqu'aux formations xériques, soulignant fortement les conditions végétales hygrophiles, mésophiles ou tropophiles. »

L'apport le plus important réalisé quant à cette conception est celui de J. Tricart et A. Cailleux (1969) qui traitent, dans le chapitre V de leur ouvrage, des ruptures de l'équilibre bioclimatique qui se sont produites au cours du Quaternaire dans les zones tropicales. Celles-ci sont illustrées par les *gravières sous berges* des terrasses fluviales, les *stonelines* des versants, les *inselbergs* et les *glacis* en relation avec les aplanissements, et par la formation de cuirasses ferrugineuses et bauxitiques lesquelles ont influé directement sur la formation et le développement des savanes du Quaternaire.

1. Définition et développement du concept de savane

La savane est l'un des milieux naturels prototypes des régions intertropicales, c'est-à-dire des régions continentales d'Afrique, Asie, Australie, Amérique ; ou des domaines insulaires (Grandes et Petites Antilles, Bahamas et îles du Cap Vert dans l'Atlantique ; Bahrein, Comores, Madagascar, Maurice, Réunion, Maldives, Sri Lanka et Timor dans l'océan Indien ; Micronésie, Sud de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, îles Bismarck, Salomon, Nouvelles-Hébrides, Vanuatu, Nouvelle-Calédonie et Fidji, dans le Pacifique).

Leurs identification et description ont été constantes par des géographes, des écologistes et des naturalistes qui ont orienté leurs recherches vers ces régions de la Terre depuis les explorations de Mungo Park (1796), A. V. Humboldt (1798) et E. Barth (1851), jusqu'aux apports scientifiques de Ph. Morat (1973), J. Demangeot (1976, 1999), M. Cole (1986), A. Young et E. Solbrig (1993) et J. Mistry (2000a, 2000b). Pour autant, la thématique n'est pas fermée de nos jours, bien au contraire on assiste à un important renouveau des idées scientifiques avec les interprétations génétiques, le poids des indicateurs environnementaux, les catégories de biodiversité, leur rôle dans le réchauffement global de la Terre et d'autres lignes analytiques et interprétatives.

Cependant, la progression dans la connaissance ne s'est pas faite de façon similaire, ni avec la même intensité, amenant en cela une certaine confusion et parfois une certaine ambiguïté pour tout ce qui concerne la caractérisation, la typologie, les processus (fonctionnement de l'écosystème), l'évolution et le champ des relations entre les différents éléments qui constituent le milieu. Par exemple, les interprétations par le biais des ratios binaires de variables ont été déterminantes quant à la dynamique :

« climat-sol, climat-plantes, sol-plantes, eau-cycle végétatif, eau-géochimie, plantes-nutriments, plantes-feu, faune-plante, homme-plantes, plantes-plantes, etc. Pas moins importantes, sont les autres relations de caractère multifactoriel : climat-nutriments-feu, climat-faune-feu, homme-faune-plantes, géomorphologie-sols-géochimie, ou encore climat-sols-feu-faune. Un schéma de relations multifactorielles dans l'organisation de la structure de la végétation des savanes prenant en considération l'exemple de l'Afrique de l'Est, a été fourni par B. Walker (1987) » (cité par Belsky, 1990, p. 487).

Dans la bibliographie la plus récente sur les savanes, la connaissance des processus édaphiques, géochimiques et géomorphologiques en général, a subi un recul face à l'avancée des travaux consacrés à l'analyse des multifacteurs biologiques, de la microclimatologie, de la biodiversité, de la dynamique de la matière organique et du développement durable, sans compter l'impact du changement climatique sur ces écosystèmes. Cette situation a débouché sur une actualité scientifique où l'emphasis fondamentale est prise par les éléments biogéographiques ainsi que la gestion et la conservation biologique de ces écosystèmes, tels l'usage du feu (*fire management*), l'élevage durable (*sustainable grazing*), la gestion des territoires aborigènes (*managing aboriginal lands*), entre autres. Des exemples significatifs de ces données sont les récentes publications rapportées dans trois prestigieuses revues telles que *Nature* (Fisher *et al.*, 1996 ; Sankaran, 2005), *Progress in Physical Geography* (Cole, 1987 ; Stott, 1991 ; Furley, 1994 ; Mistry, 1998 ; Roberts, 2001) et *Journal of Biogeography* (Adámoli *et al.*, 1990 ; Werner, 1990 ; Stuart, Barratt et Place, 2006).

Le dénominateur commun de la savane en tant qu'unité du milieu naturel est celui d'un écosystème adapté à une certaine stabilité climatique contrastée (humide/sec) parfois en conditions extrêmes, représenté par une formation herbacée continue constituée essentiellement par des graminées héliophiles, et parfois par des arbres et arbustes de taille moyenne quoique variable.

On peut observer comment la polysémie de référence montre les différentes options d'interprétation que la savane indique et que, loin de faire de ce milieu un tout homogène et monospécifique, elle offre une vaste mosaïque de facteurs explicatifs et une organisation paysagère.

C'est pour cela que dans cette problématique, peut-être plus que dans d'autres, on a cherché à rassembler des postulats scientifiques présentés au cours de congrès monographiques dans lesquels la comparaison des paysages, des processus et des dynamiques des savanes des continents américain, africain, asiatique et australien, permet d'obtenir des définitions de portée globale. À partir des différentes orientations de départ, l'interprétation de la savane en tant qu'unité géoécologique connaît de nombreuses approches scientifiques : nous en avons montré un échantillonnage en début de chapitre.

Si nous prenons en considération la classification classique de Demangeot (1976), la savane se présente comme une formation de tapis herbacé continu, sans répit saisonnier bien défini, couvrant uniformément le sol de graminées vivaces hautes (de 2 à 3 m), coriaces, au milieu desquelles se détachent les genres *Imperata*, *Aristida*, *Pennisetum*, *Andropogon*, *Themeda*, et *Eragrostis*. Pour l'auteur, qui se réfère fondamentalement aux savanes africaines, l'originalité de ces dernières se trouve dans les contenus floristique et physionomique de la végétation. Un pas de plus l'amène à différencier savane herbacée (*grass savanna*), savane arbustive (*shrub savanna*), savane arborée (*tree savanna*) et savane boisée (*savanna woodland*).

D'autres auteurs ont renforcé ce point de vue en introduisant de nouvelles composantes relatives aux caractéristiques du manteau végétal. C'est ainsi qu'apparaît la savane dans l'analyse de Cole (1986) pour qui cette dernière se présente comme une formation végétale dans laquelle domine la strate herbacée, avec des espèces de graminées gazonnières et couverture du sol supérieure à 75 %. Les savanes peuvent présenter des espèces arbustives ou arborées bien qu'elles soient éparées ou isolées, ou bien inclure des groupements en buissons. Les situations extrêmes de couverture correspondent aux savanes herbeuses sans aucune espèce arbustive ou arborée, et aux savanes boisées avec un tapis herbacé couvert entièrement par les cimes des arbres, les troncs étant séparés.

Pour Madagascar, Salomon (1987) adopte une position semblable à celle de Lémée (1967). Pour lui, il s'agit d'une

« strate herbacée continue où les graminées pérennes qui sont les principales constituantes ont une hauteur de quelques décimètres au moins au-dessus du sol, avec une période de repos du fait de l'influence d'une saison sèche, et étant mêlées en proportions variées avec des plantes basses ainsi que de petits arbres ou arbustes isolés ou en bosquet ».

En ce sens, Salomon sépare les savanes malgaches des définitions de Yangambi (1956) dans lesquelles on considère la savane comme une « communauté » avec la présence d'une strate herbacée supérieure à au moins 80 cm de hauteur, qui exclurait sans aucun doute, de nombreuses formations de graminées du Sud-Ouest malgache où le tapis herbacé est dense sans posséder une hauteur importante.

Une vision complémentaire de la végétation constitutive de la savane peut être suivie au travers de la description phytosociologique de Font-Quer (1965) lequel identifie un *Elatigraminetum* comme biotope dominant, accompagné d'herbes plus ou moins abondantes, de fructicees et d'arbres, avec présence de cypéracées s'il s'inonde lors de la saison humide. Les organes aériens présentent des caractères xérophytiques et Font-Quer inféode en définitive la savane à un subclimax forestier dominant de la région où elle apparaît.

On peut voir au travers des exemples cités que la savane reste cantonnée comme un type de formation végétale à caractère herbacé, ou bien comme une strate d'herbe rase, arbustive ou arborée de la végétation tropicale, constituant ainsi un type de paysage déconnecté des milieux dans lesquels elle se développe. C'est peut-être à cause de cette même approximation qu'Holridge (1987) a effectué des travaux de synthèse sur les formations végétales du Costa Rica, de Puerto-Rico, de Colombie et de Haïti, sans même utiliser le terme de savane, considérant ces paysages comme des formations altérées de la forêt tropicale sèche, sans spécification de ses caractéristiques en tant que formation végétale proprement dite.

À partir de nos propres références des types de savanes de Saint-Domingue, nous montrons que la composante formation végétale est un élément physionomique dépendant des autres facteurs climato-hydrologiques, climato-géomorphologiques ou litho-géomorphologiques. L'existence de formations herbacées, arborées ou forestées, entre autres, constitue une particularité biogéographique de chaque région, ou bien est la conséquence des changements environnementaux qui y sont intervenus. Vu cette circonstance, la qualification des strates comme référence physionomique n'a de sens qu'en raison du type de formation végétale se référant à la savane.

Les critères fondamentaux de la conceptualisation des savanes qu'on vient d'exposer, ont déjà été évoqués lors de la Conférence de Yangambi de 1956, véritable point de départ de la recherche géographique moderne en matière de savanes. Des présupposés similaires se retrouvent à nouveau dans les monographies de P.A. Werner (1990) et G. Riou (1995) qui sont probablement les publications de synthèse les plus récentes de cette thématique. Par ailleurs, les chercheurs qui ont mené à bien des études régionales comme J.S. Beard (1953), J.-N. Salomon (1986), M. Mietton (1988) ou sur les processus généraux (Tricart, 1969 ; Butzer, 1976 ; Demangeot, 1976, 1999 ; Thomas, 1979 ; Petit, 1990), ont comptabilisé quarante ans de recherche et de questionnement scientifiques. Nous allons tenter d'exposer cela de façon synthétique dans les lignes suivantes.

Les différentes réunions scientifiques internationales (ateliers, séminaires, congrès, colloques, etc.) ont été particulièrement efficaces pour impulser et orienter la recherche sur les milieux et les écosystèmes des savanes. Leur existence facilite les échanges de connaissances nécessaires ainsi que la comparaison des résultats, d'autant plus qu'il s'agit d'une problématique qui concerne les franges tropicale et subtropicale de la Terre. Ce travail a marqué le type de travaux scientifiques développés à la fin du xx^e siècle et dont les résultats d'ensemble ont donné des orientations successives à caractères

biogéographique, écologique, d'aménagement et, dans les dernières années, avec l'empreinte du « développement durable » des régions. Les manifestations les plus significatives émanent des réunions suivantes :

– *Yangambi (Congo, 1956)*. Lors de ce congrès, vu la participation des intervenants, on est arrivé à des interprétations plus biogéographique et édaphologique en fonction desquelles fut favorisée une dimension actualiste de la savane et notamment celle du continent africain. Y ont été définis les termes de savane, de steppe et de prairie dans le cadre du continent africain, mais en excluant toute autre nomenclature :

« La savane est une formation herbeuse comportant un tapis de grandes herbes graminéennes mesurant, en fin de saison de végétation, au moins 80 cm de hauteur, avec des feuilles planes disposées à la base ou sur les chaumes, des herbes et plantes herbacées de moindre taille. Ces herbes sont ordinairement brûlées chaque année ; la steppe est une formation herbeuse ouverte, comportant des touffes disséminées et espacées de graminées (et parfois quelques plantes ligneuses), généralement non parcourue par les feux ; les graminées sont vivaces et ne dépassent pas généralement 80 cm de haut en fin de saison de végétation, avec des feuilles étroites, enroulées ou pliées, principalement disposées à la base. »

D'autres distinctions complémentaires se firent entre les steppes arborées et arbustives à petits arbres et les steppes herbacées à graminées où les arbres et les arbustes sont pratiquement absents.

– *International Biological Programme (1970)*. Il s'agit de l'une des premières réunions de niveau international dans le but de décrire et de classer des biomes. La présidence en fut donnée à Fosberg. En référence aux milieux naturels de savane, le critère essentiel fut celui de la biogéographie dans ses versions physionomique et structurelle. Des critères tels que la distance entre les plantes fut utilisée comme premier indice de classification, en laissant la hauteur des plantes en second, puis la forme de vie prédominante fondée sur la taille de la feuille, sa forme et sa texture comme critères accessoires.

– *UNESCO (1973)*. Le début des années 1970 fut marqué aux Nations Unies par une forte préoccupation pour la problématique de la « désertification » et sa progression dans les pays tropicaux et proches. Dans ce cadre, une réflexion se fit sur les différents systèmes biogéographiques de classification et de description des régions naturelles, dans un but tant de qualification biologique que de conservation. Les savanes apparaissent essentiellement comme des milieux naturels de transition entre les formations forestières humides et la végétation steppique ouverte. L'incontestable intérêt que représentent les classifications phytosociologiques et physionomiques des savanes conduisit

à une nouvelle systématique. On laissait de côté le terme de savane pour celui de végétation à graminées, soumettant ainsi le caractère physionomique au floristique et faisant ressortir d'autres facteurs complémentaires tels que la hauteur et la couverture végétale. On considéra également la forme de croissance en distinguant les manifestations de type couverture herbeuse rase ou en touffes, ou une combinaison des deux. Ces types de végétation herbacée sont accompagnés d'une végétation ligneuse leur conférant une physionomie particulière. Cependant, le fait géographique de différenciation poussait, outre la description phytosociologique et physionomique, à adjoindre le nom local entre parenthèses. C'est ainsi qu'apparurent les termes de savane à termitières, savane arbustive, savane à palmiers, savane tropicale à épineux, *paramos* et *superparamos* (végétations rases d'altitude en Amérique latine).

– *Programme Décade des Tropiques-Ecosystèmes des Savanes Tropicales* (DT-ST). Promu par l'Union Internationale des Sciences Biologiques (International Union of Biological Sciences, IUBS), il s'agit d'une prolongation et d'une révision des travaux de l'UNESCO de 1973, menés à bien sous les auspices du Programme MAB. Dans celui-ci, les savanes sont abordées selon les aspects traditionnels de l'écologie, de la végétation et des sols, mais avec une dimension plus moderne de la gestion de ces espaces. Son objectif fondamental était d'établir les résultats des observations quant à la réponse des savanes aux modifications naturelles et/ou anthropiques (*Responses of Savannas to Stress and Disturbance*, RSSD) à partir de quatre ateliers.

a) *Atelier de Harare* (Zimbabwe, 1985), dans lequel furent discutés les facteurs environnementaux déterminants tels que l'eau, les nutriments, le feu et les herbivores sur la dynamique de ces écosystèmes. Sa réalisation donna lieu à la publication de Frost *et al.* (1986).

b) *Atelier de Sophia-Antipolis* (France, 1986). S'y établirent les linéaments du RSSD donnant les hypothèses de base, les expérimentations et les mesures-clés. Une nouvelle publication coiffa ce deuxième événement scientifique (Walker, 1987).

c) *Atelier de Guanare* (Venezuela, 1987) dans lequel on régionalisa la problématique à l'Amérique latine sous le thème *Écologie et gestion des savanes néotropicales*. On y évalua la situation actuelle des connaissances quant aux aspects biologiques, écologiques et environnementaux. Dans ce troisième atelier, furent inclus les aspects relatifs aux stratégies de gestion des savanes, c'est-à-dire leurs problèmes biogéographiques, typologiques, écologiques et environnementaux.

d) *Atelier de Darwin* (Australie, 1988). Cette dernière réunion des programmes DT-ST et RSSD poursuivit la ligne régionale que prit l'Atelier de

Guanare, par l'étude des savanes australiennes, en incluant aussi leurs réponses des savanes aux usages, sans laisser de côté les études comparatives. Les résultats furent publiés par P.A. Werner (1990).

La généralisation, dans les années 1990, des politiques de développement durable donna lieu à un nouvel atelier patronné également par le Programme MAB et le RSSD : l'*Atelier de Nairobi* (Kenya, 1991). Son objectif était l'étude de la problématique écologique des savanes en relation avec les changements d'usage, les formes d'exploitation, les politiques et les problématiques socio-économiques relatives à cet écosystème, dans les différents continents (Amérique, Afrique, Asie, Australie). La publication de A. Young et E. Solbrig fait état de ces travaux (1993).

Des contributions internationales plus récentes se sont orientées vers les répercussions du Changement climatique global sur les milieux naturels et les écosystèmes de savanes. Cela a été la raison de l'*Atelier de Zomba* au Malawi (1995), sous l'égide de l'IGBP/START (*International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP)/System for Analysis, Research and Training*) et du LUCC (*Land Use and Land Cover Change*). Le but était de constituer un projet expérimental pour étudier les écosystèmes à *miombos* (savanes boisées d'Afrique de l'Est marquées par *Brachystegia*, *Julbernardia* et *Isobertia*) qui couvrent une étendue de 3 millions de km² en Angola, Zambie, Malawi, Tanzanie et Mozambique (Frost et Desanker, 1997), ainsi que les réponses locales aux changements climatiques, à l'exploitation des ressources, aux modifications hydriques et aux émissions de carbone (*Miombo Network*).

Les dernières contributions sont le fait du *Centre Régional pour l'Étude et l'utilisation des Savanes* (CREAS) avec comme objectif de fournir une base scientifique pour une gestion adéquate des ressources des savanes. Il est basé à l'Université d'Oriente, au Venezuela, impulsé par l'ICTE (*International Centre for Tropical Ecology*), institution fondée en 1977 et siégeant à l'Institut vénézuélien de Recherches Scientifiques (MC). Son but est d'aider les États membres et les membres des régions tropicales associés à l'UNESCO. Les objectifs premiers sont d'offrir des facilités de recherche et d'enseignement, et d'organiser des séminaires et des réunions scientifiques.

2 - Typologie générale des savanes

À partir de l'analyse de la bibliographie, depuis les années 1930, on peut présenter deux grandes étapes d'interprétation des savanes. La première est une interprétation conceptuelle apparaissant dans les classifications mondiales qui a marqué de façon décisive les orientations biogéographique et écologique dites « classiques » quant à l'étude de ces paysages. Les faits marquants sont

les publications de E. Rübel (1933), L. R. Holdridge (1947) et P.J. Darlington (1957), qui initient une étape qui atteint son point d'orgue à la fin des années 1970 avec les publications de R.H. Whittaker (1975), J. Demangeot (1976) et P. Müller (1979). Tout au long de cette période, se fondent les grandes classifications biogéographiques de la Terre, les savanes se démarquant de la plupart d'entre elles en tant que formations à particularités climatiques, physiologiques et écologiques.

Avec les années 1980, débute l'étape actuelle marquée par les travaux de R.W. Johnson et J.C. Tothill (1985), M.M. Cole (1986), P. Furley (1994), G. Riou (1995) et J. Demangeot (1999). À la différence de la période antérieure, elle est dominée par la recherche des facteurs explicatifs de la dynamique des savanes, et le regard se pose aussi sur les études intégrées. Dans ces différentes classifications, les savanes restent interprétées de la façon suivante :

a) *Rübel (1933)* présente une systématisation des formations du monde, abordée du point de vue physiologique, et enrichie postérieurement par *Ellemberg et Mueller-Dombois (1967)* avec :

- **Groupe II** : savanes et prairies à arbres de plus de 5 m dans lesquels les cimes ne sont pas jointives, mais couvrent une surface importante. Il existe une sous-strate herbacée.
- *Durisilva-duriherbosa* (savane toujours verte) ;
- *Hiemisilva-duriherbosa* (savane perdant ses feuilles en saison sèche) ;
- *Aestisilva-duriherbosa* (savane perdant ses feuilles en saison fraîche) ;
- **Groupe IV** : Végétation herbacée (herbes)
- *Duriherbosa* (prairies de graminées) avec *Hiemiduriherbosa* (savane herbacée) et *Aestiduriherbosa* (steppe).

b) *Holdridge (1947)*, *Beard (1953)* et *Darlington (1957)*. Après la Seconde Guerre mondiale, L.R. Holdridge a développé une classification bioclimatique à la suite de ses travaux sur les forêts dans la région Caraïbe avec une attention spécifique à Haïti, puis de ses voyages dans la zone tropicale américaine. À partir de valeurs annuelles de précipitations et de température il présente un diagramme triangulaire dont les variables sont l'ETP, la précipitation annuelle totale et la « biotempérature », toutes en échelle logarithmique, ce qui donne des hexagones dénommés « Zones de Vie ». Son grand apport est la notion de « biotempérature ». Celle-ci est mesurée à partir de la chaleur effective jouant dans la croissance des plantes, et de la progression logarithmique des températures et des précipitations qui aboutit à une base théorique pour établir des divisions homogènes. Lorsqu'un élément constitue un facteur limitant pour l'alimentation des plantes, les ajouts de celui-ci jusqu'à la quantité pouvant

être absorbée doivent suivre une progression logarithmique si l'on veut obtenir une séquence de progression dans la production. À partir de ce concept écologique, Holridge considère que l'eau et la chaleur étant les principaux facteurs limitants, il se produirait des changements équivalents s'ils suivaient une progression de type logarithmique. En appliquant une systématique bioclimatique, Holridge entend les savanes comme étant une altération des forêts tropicales et subtropicales et par conséquent comme un avatar secondaire de ces dernières, ne les incluant pas dans sa classification des « Zones de Vie ». La région Caraïbe se trouverait, selon lui, en zone subtropicale, et les savanes seraient incluses dans les « Zones de vie » de la Forêt humide et de la Forêt sèche. La fourchette climatique de ces savanes se situe pour la Forêt humide au-dessus de 1 000 mm, pour la Forêt sèche et pour les boisements épineux entre 1 000 et 500 mm. Le seuil inférieur pour les savanes et les steppes serait 18 °C de biotempérature.

De son côté, Beard a réalisé une classification de la végétation de l'Amérique tropicale dans laquelle il inclut pour la première fois la savane en tant que formation végétale. D'autres formations de sa classification sont considérées aujourd'hui comme des savanes comme c'est le cas pour la *Deciduous seasonal* ou le *Thorn woodland*.

Une nouvelle contribution est fournie par les études de zoogéographie de P.J. Darlington (1957) qui, dans la répartition des espèces animales, distingue l'existence de régions prototypiques qui coïncident avec les grands continents, des aires de transition, et l'ensemble des îles, considérées comme des unités à caractères propres les individualisant des autres groupes. Les savanes, au sein de la répartition continentale, intégreraient les espaces zoogéographiques caractérisés par Darlington en tant qu'aires de transition comprises entre les formations de *grassland* et celle de *woodlands*.

c) Birot (1965), dans sa synthèse des années 1960 sur *Les formations végétales du Globe* réunit ces formations en fonction des deux grandes zones climatiques que sont la Zone Tempérée et Froide et la Zone Chaude non aride, regroupant à part les Régions arides en tant que situation azonale. Dans son livre, Birot présente une mosaïque forêt/savane (p. 423-437) dans laquelle des facteurs géomorphologiques comme les cuirasses ferrugineuses, hydrologiques comme les inondations de plaine, ou édaphiques comme la fertilité du sol, jouent un rôle fondamental. Dans sa classification, les forêts claires correspondent aujourd'hui aux savanes forestées. Cet apport suppose une grande avancée dans le modèle conceptuel de la savane puisqu'il présente les paramètres fondamentaux qui, comme nous allons le voir, expliquent la distribution actuelle des savanes.

d) Müller (1979), Whittaker (1975), Demangeot (1986). Dans les années 1970, les classifications ont considéré plus nettement la savane comme objet d'étude avec ses caractéristiques propres les démarquant des autres unités de végétation et de faune. Ainsi, les apports de P. Müller en zoogéographie identifient-ils des biomes comprenant à la fois les formations végétales et animales, ce qui suppose une première synthèse de classification biogéographique prenant en compte ces deux grands ensembles du vivant. Cette classification des biomes (biomasse de savane) inclut les prairies des zones tropicales à saison pluvieuse indépendamment de leur origine ou de la quantité d'arbres ou de fourrés épars. Elle différencie :

- la savane humide et les étendues fermées, avec 3 à 4 mois et demi arides par an ;
- la savane aride, avec 6 à 7 mois secs/an ;
- la savane à épiphytes, avec 8 à 9 mois et demi secs/an.

Au sein de ce biome, la faune fondamentale est constituée par les herbivores ongulés et les insectes, avec une référence spéciale aux termites et aux criquets. Comme dans le modèle de Birot, une partie de l'origine des savanes actuelles est liée aux vertébrés et invertébrés comme producteurs primaires et secondaires du milieu.

L'intérêt à cette époque de systématiser les formations végétales a abouti à retoucher les classifications bioclimatiques. Ainsi, R. H. Whittaker établit-il une nouvelle classification fondée sur la relation entre la température moyenne annuelle et la précipitation moyenne annuelle, donnant lieu à une représentation graphique dans laquelle, comme pour celle de Holdridge, les zones tropicales et tempérées chaudes l'emportent sur les zones tempérées froides et froides. La savane est incluse entre les limites de 600 à 1 500 mm de précipitations et entre 18 et 28 °C de température moyenne annuelle, et les différentes catégories allant du *woodland* au *shrubland* en font partie.

Finalement, entre la fin des années 1970 et le début des années 1980, J. Demangeot (1976) dans les *Les milieux naturels du Globe* différencie les savanes primaires ou naturelles, des savanes secondaires qui résultent d'une transformation anthropique, acceptant la possibilité d'existence d'autres savanes naturelles (que d'autres récusent) et considère également une différenciation spécifique et non seulement physionomique pour les démarquer des steppes et des prairies. D'autres milieux naturels sont également classés en fonction de l'intervention de l'homme, séparés entre milieux difficiles et aménageables. Parmi ces derniers, il inclut la savane. Le grand apport de J. Demangeot, après Aubréville (1949, 1962), est l'introduction de l'homme comme facteur supplémentaire de l'évolution du milieu, à côté de « l'éco- » et du « géo-système ». Dans ce sens la savane est un milieu particulièrement

intéressant du fait des interrelations qui existent depuis les temps historiques comme nous avons pu le constater dans nos travaux (Cámara, 1997, 2000 ; Cámara *et al.*, 2003) pour les exploitations coloniales espagnoles dans les Caraïbes.

De cette période il faudrait faire ressortir les apports morphoclimatiques de J. Tricart (1969) car, en reprenant la tradition bioclimatique et le rôle du vivant, il donne de l'importance aux formations superficielles à caractère ferrugineux et à leur évolution, ainsi qu'au rythme hydrologique tropical. Finalement, Dansereau (1957) applique le terme d'« écophysionomique » à la savane à végétation ligneuse de 2 à 10 m avec une couverture comprise entre 10 et 25 %, et des herbacées jusqu'à 2 m, avec un taux de recouvrement supérieur à 25 %.

La savane est donc une unité végétative et faunistique qui a toujours été reconnue. Mais au cours des modèles conceptuels qui se sont succédé lors de cette première période, elle est passée d'une reconnaissance uniquement physionomique à une entité environnementale dans laquelle la flore et la faune, puis l'homme, interagissent pour former un milieu « naturel ».

La période actuelle se caractérise par l'approfondissement des études sur la savane, impulsée par les réunions internationales. Les principaux résultats en sont les contributions de R.W. Johnson et J.C. Tothill (1985), P. Frost *et al.* (1986), B.H. Walker (1987) et P. Furley (1994), qui ensuite ont été utilisés dans leurs recherches comme modèles par M.M. Cole (1986), A.J. Belsky (1990) et P. Stott (1991).

Le premier de ces modèles fut développé par R.W. Johnson et J.C. Tothill qui établirent un modèle tridimensionnel avec la pluviométrie en axe vertical et la relation eau/sol (humide/sec) et la texture du sol en axes horizontaux. Les types de savanes mis en relation étaient : *Swamp savanna* (savane marécageuse), *Wet savanna* (savane humide), *Savanna woodland* (savane boisée), *Savanna parkland* (savane à parcs), *Savanna grassland* (savane herbeuse) et *Low tree and shrub savanna* (savane boisée et arbustive). En conséquence, les savanes occupent un espace vaste et diversifié sur le plan environnemental. Le modèle fut élaboré à la lumière de la typologie des savanes d'Afrique orientale, particulièrement en référence aux milieux des parcs du Serengeti, du Tsavo et des *miombos*. Le modèle fonctionnel de P. Frost se fonde en relation avec la disponibilité en humidité des plantes (*Plant Available Moisture*, PAM) et en nutriments (*Plant Available Nutrient*, PAN), générant un graphique à 4 secteurs avec les différents types de savanes en Afrique de l'Est :

- a) PAN bas/PAM haut : *miombo* ;
- b) PAN haut/PAM bas : *floodplain grasslands* et *black-cotton soil grasslands* ;
- c) PAN bas/PAM bas : il n'y a pas de type propre pour cette situation ;
- d) PAN alto/PAM bajo : *saline grasslands* et en transition entre ces secteurs il place un autre ensemble de savanes :
 - * la transition PAN bas/PAM haut-PAN haut/PAM haut, caractérisée par les forêts galeries, les boisements et savanes à *Acacia* ;
 - * la transition PAN bas/PAM bas-PAN haut/PAM bas, caractérisée par les savanes à *Acacia* et *Commiphora*, les fourrés (*Shrublands and Thickets*).

Du point de vue de l'interaction des multifacteurs, en réponse à la structure de la végétation, on dispose du modèle de Walker (1987) qui met en exergue le rôle de quatre paramètres : les sols, le climat, le feu et les herbivores. Le modèle conceptuel le plus récent est celui de P. Furley (1994) qui met en relation la durée du stress hydrique avec le total pluviométrique annuel, en adoptant la limite forêt/savane de Logman et Jenik. Les types de savanes mis en évidence par ce modèle sont : la *flooded savanna*, avec une longue durée du stress hydrique et une forte pluviométrie ; la *savanna woodland*, avec une longue durée du stress et des précipitations annuelles moyennes ; la *Grass savanna* avec une longue durée du stress et une faible pluviométrie ; la *Tree/shrub savanna* avec un stress modéré et une faible pluviométrie, enfin le *Scrub*, avec un stress et une pluviométrie faibles.

3 - Les facteurs de la répartition

La typologie complexe des savanes en zone tropicale formant une mosaïque avec les forêts tropicales et entre les types de savanes elles-mêmes, répond à des facteurs mésologiques à caractères bioclimatique, hydrologique, géomorphologique et édaphique.

a) Facteurs bioclimatiques.

Lorsqu'on caractérise les conditions climatiques, on s'aperçoit que ce sont les éléments géographiques prototypiques et notamment les saisons contrastées qui permettent la venue des savanes. De fait, dans le régime des pluies, il existe une période de répit, voire de sécheresse. De son côté le régime thermique se maintient constamment entre 25 et 30 °C de température moyenne annuelle, avec des périodes déterminées et des microclimats, au plan régional, qui peuvent descendre en dessous des 25 °C une partie de l'année.

Pour Cole (1986), les savanes tropicales sont caractéristiques des aires à climat saisonnier très marqué par un été pluvieux et une saison sèche de 4 à 8 mois. Leurs conditions bioclimatiques sont définies par un régime saisonnier de pluies favorable à la croissance des plantes, provoquant des déficits d'humidité et un stress pendant la saison sèche. Sur le plan géographique, elles se situent en bandes entre les 15 et 20° de latitude, milieux pour lesquels on enregistre une pluviométrie qui oscille entre 2 000 mm (forêts humides) et 250 mm pour les marges arides ou subdésertiques.

Plus de précisions sont apportées par les données de Bourlière (1983) qui définit le cadre pluviométrique entre 1 000 et 1 500 mm de précipitations, bien qu'il considère que certaines peuvent apparaître en dehors de ce cadre sous des formes extrêmes (jusqu'à 500 mm et 3 000 mm), les premières avec des saisons sèches très courtes ou des sols à grande capacité de rétention, et les secondes avec des sols très poreux. À l'occasion, des aires avec des précipitations de l'ordre de 2 000 mm, incluent une courte mais sévère saison sèche laquelle conditionne le développement des formations arborées. Indépendamment de cas usuels et extrêmes, le régime de la savane est toujours marqué par des pluies saisonnières et par le fait que l'addition des 7 mois les plus humides dépasse les 600 mm, tandis que celle des 3 mois les plus secs, moins de 50 mm. Du point de vue thermique, Bourlière signale que les savanes apparaissent dans les milieux où les températures moyennes dépassent 20 °C, et leur maximum de développement lorsque les conditions thermiques dépassent le seuil de 24 °C en moyenne.

Pour l'étude bioclimatique des formations végétales tropicales, nous avons développé la Méthode des Régimes Écodynamiques (MRE ; Cámara, 2004) fondée sur l'analyse des données paramétriques qui s'expriment respectivement par le biais de deux graphiques de 3 et 2 variables, les bilans hydriques (BH) et les bilans bioclimatiques (BB). Son fondement est dans la combinaison de l'information de la texture des formations géomorphologiques superficielles, exprimée par l'indice de Capacité de Champ, avec les BH et BB.

Pour son traitement, il faut partir des méthodes de bilan hydrique de Thornwaite et Matter (López, 1986) et du Bilan bioclimatique de Montero de Burgos, Gonzalez Rebollar-Cadenas et Mintegui et González (1974). Ils utilisent l'écoulement mensuel pour calculer par mois la Précipitation (P) efficace en fonction de la pente pour, dans notre méthode, apporter l'écoulement mensuel au Bilan Bioclimatique à partir duquel mensuellement on calcule le Bilan Hydrique, en fonction de la Capacité de Champ et par là même, la texture/formation végétale. Avec cet apport, on met en relation mutuelle les bilans entre eux et ces derniers à leur tour avec les formations superficielles qui portent la végétation. Ainsi, on obtient trois résultats cohérents entre eux.

– On élabore deux graphiques : le premier est le BH avec les trois variables que sont la précipitation (P), l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'évapotranspiration potentielle (ETP) ; le second est le BB avec les deux variables que sont l'Intensité Bioclimatique Réelle (IBR) et l'Intensité Bioclimatique Potentielle (IBP) qui marquent les périodes d'activité ou de dormance végétative pour des raisons hydriques et/ou thermiques. Ces graphiques expriment les catégories bioclimatiques environnementales suivantes : périodes de dormance végétative avec un déficit pour le BH du sol ; une excellente humidité pendant la phase où le déficit n'existe pas ; enfin, un temps de recharge en humidité édaphique jusqu'à saturation ;

– les données analytiques des catégories environnementales obtenues s'expriment par des cartes bioclimatiques par interpolation territoriale des points ;

– en relation avec la « valence écologique » des formations végétales et de leur répartition avec les catégories bioclimatiques, on obtient une caractérisation environnementale adaptée aux facteurs temporels saisonniers (mois), ombrothermiques (température moyenne annuelle et précipitation mensuelle), édapho-sédimentologiques (capacité de champ) et spatiaux (répartition de la végétation). Cette caractérisation environnementale, nous l'appelons « Régime écodynamique ».

Chacun de ces « Régimes écodynamiques » est susceptible de nouvelles nuances pour peu qu'on précise le facteur édapho-sédimentologique. En fonction des caractérisations ombrothermiques, la répartition saisonnière des pluies et l'existence, ou non, d'arrêt dans le développement végétatif des plantes, il est possible de préciser la mosaïque des sous-types bioclimatiques du domaine tropical. Ainsi, en partant de la classification de E. Huguet del Villar (1929) (reposant sur les données établies par A. Clements, 1902 ; Warming, 1909), pouvons-nous différencier, en fonction des BH et BB, quatre types de régimes écodynamiques qui sont :

* *Le régime écodynamique ombrophile* : caractérisé par des formations végétales qui se développent sans contrainte hydrique ou thermique. Le total de P est supérieur à 1 800 mm. Il existe un excédent et la période déficitaire est absente ou ne dure qu'un à deux mois, ce qui conserve durant toute la saison humide, l'humidité du sol. Les espèces sont généralement latifoliées et pérennes.

* *Le régime écodynamique mésophile* : caractérisé par des formations végétales se développant sous conditions d'humidité et de température moyennes. L'excédent se réduit jusqu'à disparition, mais la recharge en humidité édaphique est importante. Le déficit hydrique peut se prolonger, mais l'humidité du sol persiste pendant toute cette période. On peut observer des espèces

à feuilles caduques lors des situations les plus défavorables, faisant transition vers la Trophophilie.

* *Le régime écodynamique trophophile* : il existe une discontinuité dans l'harmonie des facteurs du milieu due à l'humidité (le déficit hydrique conditionne l'activité végétative aboutissant même à l'arrêt de la sève). La paralysie végétative hydrique ne dépasse pas les 5 mois, mais généralement ce déficit perdure toute l'année. Prédominent les espèces à feuilles caduques en transition vers la xérophilie et même des espèces épineuses.

* *Le régime écodynamique xérophile* : le facteur hydrique du milieu est fortement dominant. Il est possible de distinguer deux situations. Il existe une paralysie végétative qui peut durer 4 mois (la saison sèche est déterminée par la durée de cette paralysie). Cette période est liée au BB ; les sous-régimes sont les suivants :

* *La Xérophilie proprement dite* : la rareté de l'eau n'est pas absolue et les plantes présentent des formes d'adaptation à la sécheresse (épines). La durée de la paralysie végétative hydrique est inférieure à 9 mois. Cela va de situations extrêmes de trophophilie épineuse jusqu'aux steppes chaudes. Les espèces sont essentiellement arbustives à épines.

* *L'Hyperxérophilie* : il existe des manques d'eau et d'humidité généralisés. Cela correspond aux déserts, la paralysie végétative dépassant dans tous les cas les 8 mois. Les espèces de ce régime présentent des adaptations très spécifiques telles les Cactacées et les Crassulacées.

En fondement de cette classification, on relie les régimes écodynamiques avec les étages bioclimatiques liés aux « Indices de Thermicité » (It) et aux « Indices ombrothermiques » (Io). Le résultat a rendu possible l'établissement de limites quantitatives entre les différents types et sous-types des régimes écodynamiques.

b) Facteurs hydrologiques.

L'association de la savane avec la dynamique des traits hydrologiques, l'humidité édaphique et d'autres aspects du régime hydrique, a souvent été utilisée par les tropicalistes. L'un de ces derniers, Tricart (1969), attribue une origine hydrologique à certaines savanes. Il souligne que dans des endroits comme l'Orénoque et la Basse-Amazone, où devrait dominer la forêt dense, ce sont les savanes herbeuses qui occupent l'espace. La raison est que ce milieu est soumis à de forts contrastes hydrologiques. Cole (1986) affirme que les facteurs limitants des savanes sont dus à un bilan hydrique du sol défavorable ou à un déficit hydrique lié à un excès de drainage. Des avancées plus significatives, toujours en relation avec le régime hydrique, se trouvent dans les travaux de Young (1976) qui distingue en fonction des caractéristiques du drainage

et du régime climatique les « savanes humides saisonnières » et les « savanes sèches saisonnières ». Riou (1995) introduit dans sa classification les « savanes inondées » caractérisées par des processus d'hydromorphie contrôlés par les inondations saisonnières. Ces savanes se trouvent hors des conditions bioclimatiques, le facteur hydrologique primant sur celui du bioclimat.

c) Facteurs géomorphologiques.

Après avoir évalué la répartition des savanes dominicaines, nous pouvons affirmer qu'il n'existe aucune unité géomorphologique sans savane. Il est important de souligner que même si les conditions de drainages superficiel et sub-superficiel jouent un rôle de premier ordre, elles ne sont pas déterminantes quant aux classifications. L'analyse des séquences morpho-édaphiques réalisée grâce à plusieurs transects prototypes du milieu donné permet de distinguer les milieux suivants : inselbergs avec des glacis/plates-formes coralliens ; plate-forme structurelle-glacis-vallée fluviale ; et relief tectonique-surface de colmatage de plaine ou vallée fluviale. Certes, certaines de ces unités sont plus représentatives que d'autres : parmi les plus fréquentes, les vallées fluviales, plus ou moins accompagnées de terrasses, et les inter-fluves. Les piémonts, les versants, les alvéoles granitiques et les tables sur substrat volcano-sédimentaire sont tout aussi représentatifs. Enfin, au niveau du littoral, la présence de savanes dans les bassins lacustres, les dépressions karstiques et les plates-formes coralliennes n'est pas inhabituelle même si elle s'accompagne d'autres formations naturelles.

Sur ces positions géomorphologiques, il est possible d'observer un vaste éventail de formations superficielles et de sols, allant des altérites ferrugineuses jusqu'aux croûtes carbonatées et salines, et des lithosols aux sols hydromorphes. Dans ce panel, nous pouvons dire qu'au moins 3 types de formations ne présentent pas de savanes : les altérites évoluées jusqu'à porter des sols ; les étendues d'andosols ; et, sur le littoral, les formations salines assimilées aux tannes actifs. De tout cela il convient de ressortir les faits suivants :

- que les savanes boisées, et en particulier celles à caractère semi-décidu, sont associées étroitement aux formations ferrugineuses et aux *terra rossa* des grandes dépressions karstiques, excepté les savanes à roncerai qui occupent une situation intermédiaire sur les glacis avec des risques d'assèchement et de fertilité médiocre ;

- que les savanes arborées occupent un vaste éventail morpho-édaphique au sein d'un régime saisonnier contrasté. Les mêmes se développent sur les plates-formes ou les colmatages structuraux des piémonts ou des vallées fluviales. Cette plus grande plasticité se retrouve dans leur adaptation aux formations superficielles et aux sols à caractères azonaux de l'environnement tropical. Le risque d'assèchement est faible pour les espèces mésophiles, et

fort pour les trophiques, car la fertilité, de façon générale, est plus grande pour les premières (distrophiques) que pour les secondes (hyperdistrophiques) ;

– finalement, les savanes à palmiers s'adaptent à une situation hydrique pérenne (forte humidité édaphique), implantées indistinctement entre les savanes boisées et les savanes arborées, ou entre ces dernières et les savanes herbeuses. Le risque de dessèchement y est faible ou très faible, avec des situations mésotrophiques de fertilité.

En définitive, le conditionnement morpho-édaphique des savanes indique une certaine corrélation entre les savanes boisées et arborées et des unités de relief et de sols écodynamiquement stables et à fertilité variée. Ainsi, les savanes à bosquets se trouvent-elles fréquemment réduites par rapport aux savanes arborées, plus diversifiées. Les savanes herbeuses et à palmiers constituent des milieux qui, ou bien occupent des espaces géomorphologiques de genèse récente, ou bien représentent une certaine rareté géoécologique (savanes à palmiers). Elles sont particulièrement fragiles et instables, avec des situations extrêmes de fertilité pour les savanes herbacées, et mésotrophiques pour les savanes à palmiers.

d) Facteurs édaphiques

Riou (1995) arrive à des postulats presque similaires, en exposant les multiples situations édaphiques qu'occupent les savanes mondiales : sols ferrallitiques, sols ferrugineux tropicaux, sols bruns eutrophiques, vertisols, sols isohumiques, sols sodiques, planosols et andosols. Au niveau des processus d'altération, les savanes atteignent pleinement les domaines de l'allitisation, avec formation de gypsite et de kaolinite, monosiallisation, ferruginisation, et bisiallisation. L'organisation de catenas morpho-édaphiques à séquences de sols ferrugineux, jusqu'aux sols bruns et aux vertisols, marque pour nous l'évolution des savanes, depuis les types arborés jusqu'aux savanes herbeuses. Salomon (1987) arrive à des conclusions similaires puisque, excepté sur sols podzoliques et salins, les savanes malgaches se développent sur les autres types de formations pédologiques.

Birot (1965) a mis en évidence la répartition des différents types de savanes herbacées, arbustives, arborées et boisées, en fonction des nutriments présents dans le sol. La lente réaction physiologique des plantes vis-à-vis du changement saisonnier (humide/sec) est mise en relation avec leur mauvaise nutrition. Ainsi, dans les formations fermées du Brésil, les savanes arborées et boisées se trouvent-elles sur les versants aux sols renouvelés, relativement plus fertiles que ceux de la surface des plateaux, lesquels ne portent qu'une savane herbeuse ou, plus souvent, arbustive. La même chose a pu s'observer à Bahia (Brésil) où les surfaces d'érosion inférieures portent des sols évolués

et moins appauvris. Cet appauvrissement du sol paraît être dû à son évolution et son lessivage, donnant ainsi des savanes arborées très ouvertes, même lorsqu'il n'y a pas de saison sèche.

Sarmiento (1987), dans l'Atelier de Guanare, établit une relation entre la fertilité et la Somme des bases échangeables Al, Ca et K qu'il appelle S, établissant 4 catégories de savane :

- $S < 1$: savanes hyperdistrophiques, à arénosols et oxysols ;
- $1 < S < 5$: savanes distrophiques, à inceptisols, alfisols et ultisols ;
- $5 < S < 10$: savanes mésotrophiques à mollisols ;
- $S > 10$: savanes eutrophiques, à vertisols.

– Cette perte de fertilité peut être provoquée également par le feu comme l'a démontré Schulz (1994) par télédétection, ce qui a permis de montrer l'influence humaine dans la formation de certaines savanes. Pour Schulz et Pomel (1994), les feux de brousse ont des conséquences à la fois dans les profils et la catena et par conséquent sur la dynamique et les organisations pédologiques enregistrées par la micromorphologie. Ces actions ont en commun une diminution de la protection contre le rayonnement solaire, la pluie et le vent. Selon ces chercheurs, les feux sont des pratiques ancestrales et généralisées dans les savanes. En ce sens, ils ont relevé un paradoxe entre ce que les publications continuent d'écrire sur les méfaits des feux et les aspects positifs de ces derniers, à caractère naturel, avec une augmentation de la fertilité par apport de cendres, accélération du recyclage des plantes et élimination de certaines plantes parasites. Ces auteurs défendent qu'il n'y a pas de paradoxe et que la différence entre effets négatifs et positifs réside dans le moment où se produisent ces feux, surtout pour les feux précoces, car ces derniers n'assurent en rien la fertilité des sols et de l'humus brûlé sur toute son épaisseur. Les effets de ces feux sont l'élimination de la litière et de la pédofaune, la migration des limons, le tassement et l'induration du sol, la rubéfaction et l'oxydation des profils, et l'augmentation de la sensibilité à l'érosion superficielle. La grande mobilisation des colloïdes minéraux est liée au rajeunissement temporaire du profil avec resaturation en bases par les cendres, une augmentation des acides humiques et fulviques, et l'inactivation ultérieure de la matière organique qui finit par être hydrofuge par mélanisation.

Finalement, la dessiccation des profils pédologiques peut se convertir en un facteur de perte de nutriments et la salinisation, si bien que dans les endroits où la dessiccation est plus intense, elle limite la fertilité du sol en détruisant les unions interpelliculaires des argiles, le fer et le squelette quartzeux. La destruction des structures fines du sol facilite le lessivage, ce qui aboutit à la formation d'horizons d'accumulation et de pisolithes et d'indurations, où le fer libre reste disponible (Biro, 1965).

II – Les savanes néotropicales

En utilisant les résultats de ce qui précède, nous présentons une synthèse des savanes américaines centrée sur leur caractérisation paysagère, la dynamique des formations végétales en relation avec l'édapho-morphogénèse et leur contexte évolutif au sein d'un cadre bioclimatique. À ce jour, les analyses générales des savanes du continent américain sont peu nombreuses. En consultant la bibliographie, on remarque le peu d'attention accordée à ces dernières par rapport aux savanes africaines ou australiennes. Un des auteurs les plus marquants est J.S. Beard avec *The savanna vegetation of northern tropical America* (1953). Plus récemment, on relève les recherches de G. Sarmiento (1990) qui a dirigé l'Atelier de Guanare. Il fut aussi l'auteur du chapitre dédié à ces savanes dans le manuel de F. Bourlière (1983). De son côté, Cole (1986) reprend à nouveau la problématique de la savane d'Amérique du Sud. En dehors de ces citations, nous mentionnerons également quelques pages concernant ce continent, dans le livre de Riou (1995).

Dans le continent américain (sud de l'Amérique du Nord, Amérique Centrale, Nord et Centre de l'Amérique du Sud, et aires insulaires des Caraïbes) (fig. 1), la savane est un milieu naturel connu depuis la période précoloniale (Cámara, 1997). Ainsi le terme éponyme de savane vient-il du peuple Taino (indigènes Arauacos) d'Hispaniola. En reprenant les chroniques de Las Casas et d'Oviedo, les Tainos utilisèrent le substantif de savane : *xabana*, *habana*, *zabana*, *çabana* se référant à une terre plane, une plaine couverte de graminées ou bien une étendue dépourvue d'arbres. G. F. de Oviedo dans son *Historia General y Natural de Las Indias* (Livre IV-chapitre VIII) fait une analyse détaillée de ses caractéristiques géographiques :

« la savane est une étendue de terrains plats avec peu d'arbres » et « les Indiens appellent savanes les étendues herbeuses, les collines ou les étendues côtières qui n'ont pas d'arbres, et tout terrain déforesté avec herbe ou non ».

De même, Christophe Colomb fait référence à ce type de paysage dans les termes suivants :

« les Indiens mettaient le feu aux étendues herbeuses lesquelles étaient très vastes en raison des innombrables étendues plates qui existaient [...] les herbes recouvraient les chemins [...] là prospéraient les agoutis en grand nombre, et avec l'incendie ils tuaient tout ce qu'ils voulaient... »

1 – Typologies actuelles des savanes américaines

Les chercheurs anglo-saxons et français comme M. Cole, F. Bourlière, P. Furley ou P. Scott entre autres, ont utilisé les termes de *savanna*, *savane*,

savanna grassland, *shrub savanna*, *savanna parkland*, *swamp savanna*, *tree savanna* et *savanna woodland*, pour désigner les principaux types de savanes d'un point de vue paysager. La savane en tant qu'écosystème prend d'autres noms dans d'autres lieux pour désigner les paysages qu'elle présente au sud du Sahara depuis l'Atlantique à l'océan Indien et jusqu'aux forêts congolaises, tels que *serengeti*, *tsavo* et *miombo* en Afrique, ou même le *soudan* des géographes arabes. Au Brésil, on parle de *campo limpo*, *cerrado* et *caatinga* ; au Mexique de *mezquital*, *zacatal*, *chaparral* et *espinal* ; au Venezuela de *llanos*, *morichales* et *sabana* ; enfin de *pantanal*, dans les *chacos* humides boliviens, paraguayens et brésiliens. En conséquence, on doit admettre que le terme de savane est d'origine américaine, qu'il fut exporté par la suite en Afrique, puis à l'Inde et en Australie, où se sont déroulées la plupart des recherches depuis la Seconde Guerre mondiale, perdant au passage son origine idiomatique.

Les espaces prototypiques des savanes du continent américain sont ceux des *Llanos* de l'Orénoque et des *cerrados* du Brésil. Pour les savanes, ces deux espaces ont servi de références géographiques sur le continent et de comparaison pour les autres savanes du monde, en oubliant la richesse et la variété environnementale des milieux américains. Si l'on exclut les forêts sub-tropicales et tropicales humides et celles des régions tempérées et froides (conifères et arbres caducifoliés), le reste des formations végétales est soumis à des conditions bioclimatiques à régime hydrique contrasté. Ce fait est le point de départ d'une analyse paysagère et des processus biologiques qui permettent de caractériser les différentes savanes.

En tant que paysage végétal, les savanes d'Amérique du Sud ont été classifiées en fonction des différentes régions bioclimatiques du continent. La répartition a été faite par G. Sarmiento (1990) qui distingue deux macrolimites climatiques : l'une avec un jour de gel/an ; une autre avec l'amplitude thermique des mois extrêmes, de 5 et 10 °C. Après quoi, la classification des savanes se présente comme suit :

- savanes tropicales : *cerrados*, *llanos* de Moxos, *llanos* de l'Orénoque et Gran Sabana ;
- savanes subtropicales : Chaco et savanes del Iberá ;
- savanes tempérées : pampa, savanes « méditerranéennes » du Chili et du sud des États-Unis (*oak-savannah*), savanes périforestières andino-patagoniennes.

En suivant les critères des auteurs ci-dessus, les savanes américaines ou néotropicales, ont été considérées d'un point de vue écologique et physionomico-structurel. Dans le premier cas, on a distingué 4 catégories, en fonction de la saisonnalité des écosystèmes :

* la *savane semi-saisonnière*, développée en relation avec le domaine des forêts ombrophiles, ou les franges de contact, sous forme de taches éparses. Le rythme à une ou deux saisons sèches et le feu ont été avancés comme facteurs écologiques de leur présence ;

* la *savane saisonnière*, avec alternance saison humide/saison sèche, cette dernière augmentant le risque d'incendie qui, à son tour, favorise la présence des herbacées ;

* les *savanes hypersaisonnières*, avec une alternance d'humidité/sécheresse, toutes deux très accentuées. Les Llanos et le Gran Pantanal sont représentatifs ;

* les *Esteros*, où il n'y a pas de saison sèche bien définie et où l'humidité édaphique est pérenne.

Par ailleurs, en se rapportant à la structure de la végétation, on peut distinguer physionomiquement 4 autres types (Bourlière, 1983 ; Cole, 1986 ; Riou, 1995 ; Demangeot, 1999) qui sont :

* *Savanna grassland* (anglais), *savane herbeuse* (français), *campo limpio* (brésilien) ou *sabana de herbácea* (espagnol) ; ce sont toujours des formations continues à végétation herbacée, sans arbres ni arbustes. Si certains sont présents, il ne faut pas que le pourcentage au sol dépasse les 2 % (500 ligneux/ha). Dans ce cas on parle de *tree and/or shrub savanna* (anglais), de *savane arbustive* ou *buissonnante* (français), de *campo sujo* (brésilien) ou de *sabana arbustiva abierta* (espagnol).

* *Wooded savanna* (anglais), *savane forestée* (français), *campo cerrado* (brésilien) ou *sabana cerrada* (espagnol) correspondent à une forêt ouverte avec un taux de couverture de 5 à 15 % (1 000 ligneux/ha).

* *Savanna woodland* (anglais), *savane boisée* (français), *cerrado* (brésilien) ou *sabana boscosa* (espagnol) avec 15 à 40 % (3 000-4 000 ligneux/ha) : on parle de *cerradão* (brésilien) lorsque les formations forestières sont sclérophiles et dépassent les 40 % de couverture au sol (4 000 ligneux/ha). Pour M.M. Cole (1986), le *campo cerrado* est une *savanna woodland* qui évolue vers deux autres types : le *cerradão* avec une forte densité d'arbres et le *campo sujo*, avec une densité moindre. Si le nombre d'espèces diminue ainsi que leur taille, on passe au *campo limpio*.

* *Savanna parkland* (anglais), *savane parc* (français) ou *sabana parque* (espagnol), constitue une mosaïque de végétation herbacée, arbustive et arborée, qui présente aussi des aspects de la forêt ombrophile. Le pourcentage de couverture est inférieur à 40 % et, du fait de la disposition en mosaïque, il est impossible d'évaluer une densité moyenne d'arbres par hectare.

2 – Proposition de typologie éco-géosystémique des savanes

Nous avons fait une vaste recension bibliographique dans le domaine tropical et subtropical du continent américain (Rzedowsky, 1986 ; Schnell, 1987 ; Gomes, 1990 ; Muñoz, 1991 ; Bellefontaine, 2000 ; Cámara, 2005 ; Perez García, 2006 ; Pennington, 2006), en suivant les mentions faites à la savane et en nous appuyant sur une analyse bioclimatique de 950 stations ombrothermiques, une cartographie régionale et continentale (Schmitaüsen, 1976 ; Hueck, 1978 ; UNESCO, 1981), enfin l'apport de nos propres données de terrain obtenues au Mexique, Costa Rica, Panama, Cuba, République dominicaine, Puerto Rico, Venezuela, Bolivie et Brésil. Cette analyse, qui ne prétend pas être exhaustive vue l'énorme étendue concernée, nous a permis de classer les paysages des savanes en fonction de trois aspects géoécologiques :

- la formation végétale ;
- le type de substrat et formations superficielles associées ;
- le rythme des conditions hydriques et bioclimatiques.

En tenant compte de ces facteurs géoécologiques, il est possible de discerner deux grands types de paysages de savanes : ceux qui dérivent de la relation végétation/lithologie/formations superficielles ; et ceux qui se distribuent en fonction de l'excédent hydrique, la sécheresse et la recharge saisonnière.

a) Le paysage de savane « Végétation-lithologie-formations superficielles ».

Pour la couverture végétale, cela se traduit par 5 grands types de paysages avec des traits lithologiques et des formations superficielles particulières.

* *Paysages de formations végétales constitués par les herbacées graminéennes*, avec un port moyen ou bas (*Andropogon*, *Aristida*, *Axonopus*, *Elionorus*, *Heteropogon*, *Paspalum*, *Panicum*, *Sporobolus*, *Trachypogon*), et haut (*Hyparrhenia*, *Imperata*, *Panicum*, *Pennisetum*, *Schizachirium*) et des taux de couverture élevés, moyens et médiocres qui peuvent se développer sur des substrats ou des altérites de roches carbonatées, métamorphiques, volcaniques, volcano-sédimentaires, granitiques, limono-argileuses, détritiques et conglomératiques. Ce sont les savanes de Los Llanos et Gran Sabana au Venezuela, ou du *campo limpio* au Roraima.

* *Les Paysages de savanes à palmiers* où prédominent les genres *Hyphaene* sp., *Medemia* sp., *Mauritia flexuosa* (le morichal des Llanos au Venezuela), *Mauritia vinifera* (buriti au Minas Gerais), *Copernicia prunifera* (palmier carnauba), *Copernicia australis*, *Acrocomia* sp., *Trithrinax* sp. (les 4 derniers constituent les terres à palmiers du Chaco et du Pantanal au Paraguay-Bolivie-Argentine), *Butia leiospatha* (palmier yatéy des cerrados

du Brésil), *Orbignya phalerata* (palmier *babaçu* du Noreste du Brésil entre la *caatinga* et l'Amazonie) et *Rhoystonea regia*, *Rhoystonea hispaniolana*, *Sabal umbraculifera* (ces 3 derniers aux Antilles), avec une faible « sociabilité », accompagnés parfois d'une végétation arborée et/ou arbustive, sur substrat ou altérites de roches métamorphiques, granitiques, limono-argileuses et détritiques avec une couverture herbacée de graminées telles qu'*Andropogon*, *Axonopus*, *Panicum*, *Trachipogon* et des cypéracées.

* *Les Paysages ouverts arborés avec ou sans arbustes*, constitués par une forêt plurispécifique où prédominent, entre autres, les genres *Acacia*, *Aspidosperma*, *Byrsonima*, *Caesalpina*, *Copaifera*, *Curatella*, *Dillenia*, *Dimorphandra*, *Diospyros*, *Hancornia*, *Kielmeyera*, *Pereskia*, *Tabebuia*, *Prosopis*, *Terminalia*, *Pterocarpus*, *Qualea*, *Salvertia*, *Stryphnodendron* et *Vochysia*, en compagnie de brousses à épineux et cactacées qui, par contraste avec la formation arborée, ont une faible spéciation, les genres *Acacia*, *Balanites*, *Euphorbia*, *Tuna*, *Cereus*, etc., se détachant. Ces deux formations s'observent sur substrat et altérites de roches carbonatées, volcaniques, volcano-sédimentaires, granitiques, limono-argileuses, conglomératiques et détritiques. Elles sont illustrées par la *caatinga*, la Gran Sabana au Venezuela, ou les savanes du Roraima.

* *Les Formations forestières à sociabilité moyenne à haute* sont mêlées avec des forêts de haute et basse spéciation dans lesquelles ressortent *Bowdichia*, *Daniellia*, *Detarium*, *Bombax*, *Brachystegia*, *Burkea*, *Hymenaea*, *Machaerium*, *Piptadenia*, se développant sur des terrains et altérites granitiques, métamorphiques ainsi que des dépôts limono-argileux, comme par exemple les *cerrados* du Brésil.

b) *Le paysage de savane « Excédent hydrique, sécheresse et recharge saisonnière ».*

Chacun des paysages exprimés dans l'épigraphe antérieure pour leurs formations végétales est conditionné à la fois par la variation de la saturation hydrique tout au long du cycle biologique végétatif qui conditionne sa présence, ou non, et par la durée de la paralysie végétative pour des raisons hydriques. Ainsi, les formations herbacées dépendent-elles en partie de milieux à saturation hydrique élevée, et par là plus humides, que ceux des savanes à palmiers. Et ces derniers, à leur tour, plus que ceux des savanes arborées ; et finalement ces derniers plus que les forestiers. En définitive, ces derniers correspondraient aux formations les plus xériques ou à déficit hydrique plus sévère que pour les précédentes.

La diversité au sein de chaque cas dépend du régime hydrique qui à son tour est contrôlé par les facteurs bioclimatiques, géomorphologiques et hydrologiques. En prenant en compte le régime hydrique, nous regroupons les savanes en 4 familles :

* *Avec un excédent hydrique et inondation occasionnelle.* Sur substrat fertile, elles présentent de grandes herbes (*hémicryptophytes*) parmi lesquelles prédominent les genres *Cyperus*, *Thypha*, *Sorghastrum*, *Hyparrhenia*, *Panicum*, *Imperata*, *Penisetum* et *Loudetia*. Des exemples significatifs sont ceux du Hato del Frío au Venezuela, du Pantanal au Brésil, les savanes d'Amazonie, celles du Beni (Bolivie) et les savanes des embouchures des ríos Orénoque (Venezuela) et Yuna (République dominicaine).

* *Sans excédent mais avec recharge en humidité.* Ce sont des savanes à herbacées (*chaméphytes*) avec des graminées comme *Andropogon*, *Paspalum*, *Panicum*, des chenopodiacées et des amaranthacées. Elles sont illustrées par les savanes arborées et à palmiers de Veracruz et Jalisco au Mexique, ou celles des Caraïbes (vallées du Cibao en République dominicaine et de La Havane-Viñales, à Cuba), et en Amérique du Sud celles de Los Llanos (Venezuela), les pampas de Viru-Viru à Santa Cruz (Bolivie) et les savanes à palmiers des rios Grajau et Meraim dans le Nordeste du Brésil.

* *Sans recharge et sans sécheresse saisonnière.* Ici dominent les herbacées (*géophytes*) avec *Andropogon*, *Setaria* et *Sporobolus*. Les exemples les plus probants sont les savanes arborées épineuses de Cata-Catica (Venezuela), du Nord-Est et du Centre-Sud du Mexique, et de Bani en République dominicaine ; ou encore les savanes boisées des *cerrados* du Brésil et celles qui sont associées aux *mezquiales* et aux forêts basses caducifoliées (*dry forest*) du Mexique, de la Guajira au Venezuela-Colombie, du Sud-Ouest et du Nord-Ouest de La Española, et du Sud-Est de Cuba.

* *Avec sécheresse saisonnière et sans recharge.* Elles sont dominées par les rhizomes annuels avec des graminées (*térophytes*) comme *Panicum*, *Sporobolus*, *Chamaesyce*, *Paspalum* et *Sesuvium* des savanes de la Gran Sabana (Venezuela), celles du Tabasco, de Veracruz et de Tehuantepec au Mexique, les savanes arborées de Guanahacabibes (Cuba), de Cuare (Venezuela), des Petites Antilles et les savanes herbacées halophytiques d'Enriquillo en République dominicaine.

En partant des caractères des formations végétales comme indicateurs de la dynamique du milieu naturel intertropical et de leur rythme hydrologique, nous avons réalisé une synthèse des principaux paysages de savanes du continent américain entre les 23°N et 26°S de latitude, sans considérer ces limites comme absolues (fig. 1). La classification qui suit a été découpée en types et sous-types, en indiquant leurs principales caractéristiques géo-écologiques : savanes herbacées, s. à palmiers, s. arborées, et s. boisées. Elles sont encadrées par leurs régimes écodynamiques mésophile sub-humide et tropophile, sauf celles dont la genèse et la dynamique sont contrôlées par les processus d'inondation saisonnière.

Figure 1. - Carte des régimes écodynamiques dans lesquels se développent les savanes (xérophile, tropophile et mésophile sub-humide) avec répartition des savanes proposées. Les formations steppiques arbustives, comme les *caatingas* brésiliennes, sont incluses ainsi que celles de transition entre elles et les savanes arbustives comme celles que l’on observe au Nord-Est du Mexique et rapportées comme “forêts basses caducifoliées”. Pour une meilleure identification, on a utilisé nos propres données de terrain et les cartographies des savanes, ou de la végétation en général, de Schmithüsen (1976), Hueck (1978), UNESCO (1980), Bourlière (1983), Cole (1986), et Riou (1995).

* Savanes herbacées

Elles se caractérisent par la prédominance d'un tapis herbacé continu se développant sur des substrats et des formations superficielles affectés par des conditions de drainage déficient ou nul. Leur localisation coïncide avec les aires à excédent hydrique qui s'inondent saisonnièrement, et celles où le déficit et l'inondation sont occasionnels. Du point de vue génétique ce sont les conditions que des auteurs comme Beard (1953) et Riou (1995) identifient comme fondamentales pour leur venue. Du point de vue physionomique, déjà à la Conférence de Yangambi (1956) il avait été déterminé que tout tapis végétal herbacé qui ne dépassait pas 80 cm de hauteur ne pouvait constituer une savane, et devait être considéré comme une formation dont la physionomie était proche de la steppe. Lemée (1967) considère que la hauteur n'est pas déterminante pour la savane et accepte qu'une dizaine de centimètres n'est pas incompatible à sa définition. Finalement, un autre point de discussion est le taux de couverture. Pour Demangeot (1976) et Cole (1986), il doit présenter au moins 75 % et la couverture des ligneux doit être inférieure à 5 % ; sinon on passe à ce que nous appellerons les « savanes arborées et boisées ».

En ce qui concerne la formation végétale, à partir du rythme hydrologique, de la dynamique climato-géomorphologique et des caractéristiques du substrat et des formations superficielles, nous regroupons les savanes herbacées en 4 sous-types :

– savanes à *Cyperus sp.*, *Imperata sp.*, *Panicum elephantipes* et *Panicum tereum* avec des conditions d'inondation saisonnière périodique, présentes en Orénoque, dans le Hato el Frio (Venezuela), au Tabasco au Mexique, dans le Chaco humide en Argentine-Paraguay-Bolivie-Brésil, en îlots au sein de la forêt amazonienne, au Beni (Bolivie), dans le Pantanal (Brésil-Bolivie-Paraguay) et dans le Parana dans le nord de l'Argentine ;

– savanes à *Panicum sp.*, *Paspalum sp.*, *Sporobolus sp.* et *Chamaesyce sp.*, dans des conditions de drainages superficiel et sub-superficiel déficients. Les exemples sont ceux de la Gran Sabana du Venezuela, les *pastizales* du Tabasco, de Veracruz et de Tehuantepec au Mexique, du *campo limpio* au Brésil, les *llanos* du Venezuela, le Chaco en Argentine-Paraguay-Bolivie-Brésil, et les savanes herbacées des Grandes Antilles ;

– savanes côtières, avec ou sans flèche littorale, faisant transition avec les mangroves, dérivées de la dynamique géomorphologique. Elles se présentent avec *Imperata sp.*, *Sporobolus sp.*, *Panicum sp.*, *Paspalum sp.* et *Cyperus sp.* On les trouve dans les cayes septentrionales et les zones marécageuses de Zapata à Cuba, dans la baie de Samana, à Montecristi et Jaragua en République dominicaine, au Quintana Roo au Mexique, à l'embouchure de l'Orénoque, à Guyaquil en Équateur, ou encore San Luis au Brésil.

– *savanes sur formations salines continentales*. Elles représentent un cas exceptionnel proche des milieux steppiques comme la *caatinga* brésilienne, avec *Sesuvium sp.*, *Salicornia sp.* et *Sporobolus sp.* On citera en particulier le cas des zones humides d'Enriquillo, en République dominicaine.

* *Savanes à palmiers*

Ce sont des savanes arborées avec un tapis herbacé continu sur lequel les palmiers prédominent, indiquant des situations de drainage déficient. Riou (1995), dans ces situations où les processus hydromorphes se font en position d'interfluve, les considère comme une variante des savanes herbacées. Sur le continent sud-américain, elles constituent des écosystèmes très localisés. D'après nos observations et les références descriptives, on distingue trois sous-types :

– *savanes conditionnées par l'inondation saisonnière*, avec *Euterpe sp.* au Roraima et dans le Nord du Brésil, *Mauritia flexuosa* dans les *morichales* (terrains plantés de palmiers) de la Gran Sabana au Venezuela, *Guilielma sp.* (*tembé* et *pajibay* = palmiers) des Llanos de Chiquitos dans le Beni ou le Mamore boliviens ;

– *savanes à drainages superficiel et sub-superficiel déficients*, montrant des restes de forêt ombrophile qu'on peut considérer comme des *refuges* bioclimatiques. Illustrent ce cas la savane de Viru Viru dans le Santa Cruz en Bolivie avec *Mauritia cerifera*, le palmier *yatay* (*Butia sp.*) dans les llanos vénézuéliens, au Brésil méridional (Río Grande do Sul) et au Chaco, et *Roystonea hispaniolana* dans La Vega Real (République dominicaine), enfin *Roystonea regia* à l'ouest de la Havane (Cuba).

– *savanes conditionnées par un déficit hydrique*. Ce sont les savanes à palmier *cana* (*Sabal umbraculifera*) de la vallée du Cibao et *Coccothrinax argentea* de la péninsule de Jaragua en République dominicaine, de *buriti* (*Mauritia vinifera*) dans les *cerrados* du Brésil, *Copernicia australis* dans le Chaco bolivien et paraguayen, enfin *Sabal mexicana*, *Brahea dulcis* et *Orbignya cohume* du Jalisco, de Veracruz et du sud du Tamaulipas au Mexique.

* *Savanes arborées*

Elles sont formées par un tapis herbacé uniforme avec présence d'arbres. La densité moyenne de ces derniers est de moyenne à basse, avec parfois prédominance d'espèces arbustives de types *mésophile*, *trophophile* et *trophophile épineux*, dynamisées tant par des processus climato-géomorphologiques que litho-géomorphologiques, pour les régimes écodynamiques mésophiles subhumides et trophophiles. Ce sont les savanes des paysages prototypiques tels que les *zacatonales* (prairies d'altitude au Mexique), les *pastizales* (herbages) de Rzedowsky (1986) ou les *savannah* de Leopold (1950) où l'on peut établir des différences en fonction de la réponse au bilan hydrique comme à

la fertilité des sols (Biro, 1965). La complexité géoécologique de ce type de savane nous a amené à décrire 3 grands sous-types avec des variétés particulières pour chacun d'entre eux :

– *Régime écodynamique mésophile avec des mosaïques de savanes et de forêts mésophiles semi-décidues :*

- * avec *Andropogon*, *Paspalum*, *Panicum* et *Cyperus* sur les lithomarges d'altérites du socle cristallin. Les exemples sont : La Zambrana, Villa Altagracia en République dominicaine et les *pastizales* du Tamaulipas et de Oaxaca, au Mexique, ainsi que les savanes arborées de la Gran Sabana au Venezuela ;
- * avec *Setaria sp.*, *Sporobolus sp.*, *Andropogon sp.*, *Sida sp.* et *Abutilon sp.* en piémonts et versants (San José de la Matas en République dominicaine) ;
- * avec *Andropogon sp.*, *Setaria sp.* et *Sporobolus sp.* sur plates-formes coralliennes (plaine orientale de Saint Domingue, péninsule de Higüey, et La Isabela, en République dominicaine).

– *Régime écodynamique tropophile avec mosaïques de savanes et formations arbustives épineuses caducifoliées :* savanes à *Andropogon sp.* sur piémont (Sabana Buey en République dominicaine ou Veracruz, Mexique), sur versants et terrasses alluviales à déficit hydrique, et sur grandes dépressions karstiques (savane de Sansón ; photo 1).

– *Régime écodynamique tropophile-xérophile à mosaïques de savanes et formations arbustives épineuses caducifoliées :* savanes à épineux avec des cactacées et *Andropogon sp.*, *Setaria sp.* et *Sporobolus sp.*, conditionnées par l'intervention de processus litho-géomorphologiques. Beaucoup d'entre-elles s'apparentent aux formations steppiques car elles présentent un tapis herbacé épars ou en taches :

- * sur substrat limono-sableux. Appartiennent à ce type les forêts basses du Tamaulipas, d'Oaxaca et du Sinaloa au Mexique, de Cata-Catica au Venezuela et des *llanos* de Azua en République dominicaine ;
- * sur substrat d'altérites, de socle cristallin et métamorphique : les *caatingas* du Brésil ;
- * sur plate-forme corallienne, on a les Guanahacabibes à Cuba, Cuare au Venezuela, les Petites Antilles (Aruba, Curaçao, et Bonaire), le sud de Puerto Rico, Jaragua, les îles Cabritos et Saona en République dominicaine.

* *Savanes boisées*

Il s'agit de savanes où la couverture arborée est dominante bien que les cîmes des arbres ne soient pas jointives (couverture > à 60 %), ce qui permet

Photo 1. – Savane arborée de Sansón dans une dépression karstique sur le piémont de la sierra de Bahoruco, sud-ouest de la République dominicaine (oct. 2004), en régime écodynamique trophophile. Savane mise en valeur par un élevage caprin.

(cliché de R. Cámara, oct. 2004)

à la lumière de pénétrer et de profiter à un tapis herbacé plus ou moins dense, et où les processus climato-géomorphologiques sont déterminants. Certains auteurs ne les admettent pas comme savanes et les dénomment « *forêts claires tropicales* » : ce sont les *wooded grassland* de Tanzanie, les *savanna woodland* d'Australie et les *cerrados* du Brésil. Riou (1995) admet l'existence de ces savanes et Rzedowsky (1986) les classe en tant que manifestations ouvertes de forêts *mésophiles et trophophiles*. Pour nous, la présence d'un tapis herbacé, en grande partie continu, est suffisante pour englober ces formations dans la catégorie des savanes. Quatre sous-types illustrent cette typologie de savanes :

– *savanes à déficit hydrique avec conditionnement karstique*. Ce sont les savanes à régime écodynamique *mésophile* du Parque del Este et de Jaragua en République dominicaine, de Cuare au Venezuela, du Yucatan au Mexique et de los Organos à Cuba ;

– *savanes qui présentent un déficit hydrique dérivé de processus climato-géomorphologiques et se développant sur substrat d'altérites de socle cristallin-métamorphique*. Ce sont les savanes boisées à régime écodynamique trophophile des *cerrados* du Brésil (photo 2) et des formations de *caatinga* dans le Cariri, du *sertao* de Pernambouc et de Paraiba (Brasil) (photo 3) ;

Photo 2. – Savane boisée (cerrado) sur altérites de socle au Sud-Est du Minas Gerais (Brésil) en régime écodynamique tropophile.

(cliché de R. Cámara, sept. 2007)

Photo 3. – Transition savane boisée/arborée (caatinga haute) sur altérites de socle dans le Cariri dans l'Ouest de l'État de Paraíba (NE Brésil) en régime écodynamique tropophile.

(cliché de R. Cámara, déc. 2008)

– savanes à déficit hydrique sous conditions climato-géomorphologiques sur substrat d'altérites de grès-calcaires. Elles sont illustrées par les savanes à régime écodynamique tropophile du piémont occidental de la cordillère Septentrionale de la République dominicaine et le Nord-Est du Mexique dans le Tamaulipas (photo 4) ;

Photo 4. – Savane arbustive fermée (forêt basse caducifoliée) au sud-est de Tamaulipas sur calcaires tertiaires (NE du Mexique) en régime écodynamique tropophile.

(cliché de R. Cámara, janv. 2008)

– savanes à déficit hydrique sous conditions climato-géomorphologiques. Elles sont illustrées par celles à *Prosopis* du *mezquital* du Nord-Est du Mexique, du *cambronal* de La Española et le *matorral* xérique de Baranquilla-Guajira sur le littoral caraïbéen du Venezuela et de Colombie.

3 – Les domaines actuels : progression-régression des savanes

Un travail de synthèse prototype est celui de Furley (1994) dans lequel il traite des limites forêt/savane au travers des changements paléoenvironnementaux du milieu physique, et des caractéristiques botaniques et faunistiques des savanes actuelles, c'est-à-dire de leur biocénose. À partir de là, il établit un modèle de limites, à une échelle temporelle, pour les transitions entre forêts tropicales, savanes et herbages à arbres secondaires. Il fonde son modèle sur

les changements de végétation et de faune et étudie le rôle fondamental joué par le feu dans leur formation et de son influence sur le climat. Puis il décrit les caractéristiques des sols et leur relation avec les plantes. Ainsi, établit-il une relation sol/plante/animal, avec en outre l'action de l'homme, pour arriver à proposer un modèle d'évolution forêt/savane au cours du Quaternaire. L'évolution dans le temps des savanes en Amérique est enregistrée par les diagrammes polliniques :

- Vallée du Général au Sud-Ouest du Costa Rica (37 ky BP-8,8 ky BP). Ici, vers les 17 ky BP, se sont produits une avancée des graminées et un retrait des Podocarpus. Vers 12 ky, ces derniers et *Quercus* augmentent tandis que les graminées régressent sans disparaître, leur maximum ayant été atteint vers 17,05 Ky BP (Kesel, 1983) jusqu'à représenter un pourcentage similaire à l'actuel ;

- au Mexique, on observe une expansion des savanes vers le Pliocène inférieur qui persiste jusqu'à l'Holocène moyen, avec de petites phases d'humidité correspondant aux interglaciaires (Graham, 1997 ; Perez-García, 2006) ;

- au Surinam, on a relevé une progression des savanes au cours du Pléistocène moyen, à la fin du Pléistocène supérieur et durant l'Holocène moyen-supérieur (Van der Hammen, 1963) ;

- dans les registres polliniques d'Amazonie, les savanes apparaissent au cours du Pléistocène dans ce qui est aujourd'hui le cœur de la forêt amazonienne, jusqu'à réunir les *llanos* du Venezuela aux savanes brésiliennes. Certaines d'entre elles, comme la Gran Sabana du Venezuela (Valentí, 1992 ; Rull, 2007), celles de Branco-Rupununi en Guyana ou de Mojos dans le Nord de la Bolivie, sont restées isolées en îles entourées de forêt (Van der Hammen, 1966 ; Tricart, 1977 ; Behling, 2000 ; Haffer, 2003 ; Hooghiemstra, 2003 ; Mayle, 2004 ; Silva, 2008 ; De Toledo, 2009) ;

- une situation semblable, avec une avancée des savanes de *cerrado* aux dépens des forêts semi-décidues du Sud-Est du Brésil, a été repérée par Furley (1999) ;

- les enregistrements de la savane de Bogota, bien qu'à 2 600 m d'altitude, sont les plus étendus dans le temps puisqu'ils remontent jusqu'à 2 000 Ky BP. Dans cette période apparaît entre 21 ky et 13 ky BP un stade plus aride que l'actuel, avec progression de la savane (Van der Hammen, 1974). Les enregistrements de la vallée du Cauca, au sud de la Colombie, confirment ces données (Berrio, 2002).

Dans tous les diagrammes, les phases arides coïncident avec les maxima glaciaires de l'hémisphère Nord, une progression des savanes et le recul de la forêt. Les phases humides, au cours des interglaciaires, sont marquées par l'avancée de la forêt et le retrait des savanes.

Au cours de la XX^e session de l’IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change* ou GIECC : groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC)) de Budapest (2008), il fut mis en exergue une augmentation des précipitations dans les régions tropicales, ce qui devrait contribuer à une expansion des forêts au détriment des savanes. Cela a été constaté par les enregistrements du Quaternaire et défendu par Aziz Ab’Saber (1982) qui, avec le réchauffement global, pronostique une plus grande densité des forêts amazoniennes et des autres biomes du Brésil. La chaleur augmentera l’évaporation sur l’Atlantique et l’humidité pénétrera sur le continent poussée par les alizés, ce qui favorisera les pluies dans l’Est brésilien. Par ailleurs, l’IPCC parle d’une baisse des pluies dans le Noreste brésilien affectant l’Est de l’Amazonie, le Centre et le Nord du Mexique ce qui engendrerait une extension des savanes. Enfin, le processus de la déforestation en Amazonie (Pomel et Salomon, 1998 ; photo 5) pourrait amener une destruction de 30 % des forêts amazoniennes en 2050 selon le texte intitulé *Impacts, Adaptation et vulnérabilité* (2007) du GIECC.

Photo 5. – Savanisation pour le développement de l’élevage bovin dans la forêt humide en régime écodynamique ombrophile de Costa Abajo de Colón, au Nord de Panama (est du canal de Panama). Cette savane se trouve à la frontière agricole des forêts humides du littoral caraïbéen de Panama.

(cliché de R. Cámara, mars 2005)

Selon cette optique, la savane est en définitive un concept écodynamique dans lequel il faut discerner les processus hérités et relictés des processus actifs, et voir dans quelle mesure les indicateurs de l'anthropisation y sont présents. Cela nous amènerait à poser la question de savoir dans quelle mesure les savanes sont actuelles et si l'homme intervient dans leur formation. Il convient aussi de savoir s'il génère de nouveaux types : exemple de la savanisation en marge des forêts humides et semi-décidues.

Bibliographie

- AB'SABER A.N., 1982 – The paleoclimate and paleoecology of Brazilian Amazonia. In : PRANCE G.T., ed. – *Biological Diversification in the Tropics*. New York : Columbia University. p. 41-59.
- ADÁMOLI J. ; SENNAHAUSER E. ; ACERO J.M. et RESCIA A., 1990 – Stress and disturbance: vegetation dynamics in the dry Chaco region of Argentina, *Journal of Biogeography*, 17, p. 491-500.
- AUBRÉVILLE A., 1949 – *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Paris : Soc. Éd. Géogr. Mar., 351 p.
- AUBRÉVILLE A., 1962 – Savanisations tropicales et glaciations quaternaires. *Adansonia*, Paris, vol. II, n° 1, p. 16-91.
- BEARD J.S., 1953 – The savanna vegetation in northern tropical America. *Ecology Monographie*, 23, p. 149-215.
- BEHLING H. et HOOGHIEEMSTRA H., 2000 – Holocene Amazon rainforest-savanna dynamics and climatic implications: high-resolution pollen record from Laguna Loma Linda in eastern Colombia. *Journal of Quaternary Science*, vol. 15, n° 7, p. 687-695.
- BELLEFONTAINE B. ; GASTON A. et PETRUCCI Y., 2000 – Management of natural forests of dry tropical zones. *FAO conservation Guide*, Rome, 32.
- BELSKY A.J., 1965 – Tree/grass Ratios in East African Savannas: a comparison of existing Models. *Journal of Biogeography*, 17, 4/5, p. 483-448.
- BERRIO J.C. ; HOOGHIEEMSTRA H. *et al.*, 2002 – Late-Glacial and Holocene history of the dry forest area in the south Colombian Cauca Valley. *Journal of Quaternary Science*, 17 (7), p. 667-682.
- BIROT P., 1965 – *Les formations végétales du Globe*. Paris : SEDES.
- BOURLIÈRE F., 1983 – *Tropical Savannas*. New York : Elsevier. (Ecosystems of the World, 13).
- BUTZER K.W., 1976 – Tropical Landforms. In : *Geomorphology from the Earth*. New York : Harper & Row, p. 405-429.
- CÁMARA R., 1997 – *República Dominicana: Dinámica del medio físico en la región Caribe (Geografía Física, sabanas y litoral). Aportación al conocimiento de la tropicalidad insular*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

- CÁMARA R., 2000 – Les savanes de la République dominicaine et leur exploitation par le système des hatos. *Les Cahiers d'Outre-Mer, Revue de Géographie de Bordeaux*, n° 212, p. 343-366.
- CÁMARA R., 2004 – Escalonamiento bioclimático, regímenes ecodinámicos y formaciones vegetales de la isla La Española en República Dominicana. In : PANAREDA M., AROZENA M.E., SANZ C. et LÓPEZ N., eds. – *Estudios en Biogeografía 2004*. Terrassa : Aster, p. 39-58.
- CÁMARA R. ; MARTINEZ J.R. et DÍAZ DEL OLMO, F., 2003 – Hatos caribeños y dehesas andaluzas. Paisaje y estructura parcelaria. In : NAVARRO R., ed. – *Cuba y Andalucía entre dos orillas*. Sevilla : Escuela de Estudios Hispano-Americanos-CSIC, p. 303-333.
- CÁMARA R., MARTINEZ J.R. et DÍAZ DEL OLMO F., 2005 – *Desarrollo y Medio Ambiente en República Dominicana: medios naturales, manejo histórico, conservación y protección*. Sevilla : CSIC-Universidad de Sevilla, 280 p.
- CLEMENTS F.E., 1902 – A system of Nomenclature for Phytogeography. *Botanische Jahrbucher fur Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 31 (Beibl. 70), p. 1-20.
- COLE M., 1986 – *The Savannas: Biogeography and Geobotany*. London : Academic Press.
- COLE M., 1987 – The Savannas. *Progress in Physical Geography*, 11(3), p. 334-355.
- CONFÉRENCE DE YANGAMBI, 1956 – UNESCO : Paris, 1956.
- DANSEREAU P., 1957 – *Biogeography: An Ecological Perspective*. New York : R. Press, 394 p.
- DARLINGTON J.P. Junior, 1957 – *Zoogeography: the Geographical Distribution of Animals*. New York : Wiley and Sons.
- DE TOLEDO M., 2009 – *History of Amazonian Savannas in the Last 10,000 Years: Palaeoecological Records of Environmental Change and Human Occupation*. VDM Verlag Dr. Müller, 132 p.
- DEMANGEOT J., 1976 – *Les espaces naturels tropicaux*. Collection Géographie, Paris : Masson.
- DEMANGEOT J., 1986 – *Los Medios Naturales del Globo*. Barcelona : Masson.
- DEMANGEOT J., 1999 – *Tropicalité. Géographie physique intertropicale*. Paris : Armand Colin.
- DUCHAUFOUR P., 1984 – *Edafología: 1. Edafogénesis y clasificación*. Barcelona : Masson, 493 p.
- ELLEMBERG H. et MUELLER-DOMBOIS C., 1967 – *Tentative physiognomic-ecological classification of plant formation on the earth*. Zürich : Hochschule Stiftung Rübel.
- FERNANDEZ DE OVIEDO G., 1535 – Historia General y Natural de las Indias. In : TENA J., 1988 – *Oviedo-Las Casas, Crónicas Escogidas*. Colección Biblioteca de Clásicos Dominicanos, Vol. IV. Santo Domingo, 642 p.
- FISHER M.J. ; RAO I.M. ; AYARZA M.A. et al., 1996 – Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*, 371, p. 236-237.

- FONT-QUER P., 1965 – *Diccionario de Botánica*. Barcelona : Editorial Labor.
- FROST P. ; MEDINA E. ; MENAUT J.C. ; SOLBRIG O. *et al.*, 1986 – Responses of savannas to stress and disturbance. A proposal for a collaborative Programme of Research. *Biology International, Special Issue-10, IUBS*, Paris.
- FROST P. et DESANKER P., 1997 – The Miombo Network: Causes and Consequences of Land-Use and Land-Cover Changes in the Miombo of South Central Africa, *IGBP Newsletter*, (29), p. 6-8.
- FURLEY P.A., 1994 – Savanna formations: ecology and environment, *Progress in Physical Geography*, 18, 2, p. 276-294.
- FURLEY, P.A., 1999 – The Nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. Tropical open woodlands special issue. *Global Ecology and Biogeography* 8. p. 223-241.
- GOMES A. et BECERRA P. 1990 – *Estudo fitogeográfico do Brasil*. Fortaleza, 205 p.
- GRAHAM A., 1997 – Neotropical Plant Dynamics During the Cenozoic-Diversification, and the Ordering of Evolutionary and Speciation Processes. *Systematic Botany*, Vol. 22, n° 1, p. 139-150.
- HAFFER J., 2003 – Ciclos de tiempo e indicadores de tiempos en la historia de la Amazonia. In : LLORENTE. J., et MORRONE J.J., eds. – *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Las Prensas de la Ciencia. México : Facultad de Ciencias de la UNAM, p. 119-128.
- HOLDRIDGE L.R., 1947 – Determination of World plant formations from simple climatic data. *Sciences*, 105, p. 367-368.
- HOLDRIDGE L.R., 1967 – *Life Zone Ecology*. San José de Costa Rica : Tropical Science Center.
- HOLDRIDGE L.R., 1987 – *Ecología basada en las Zonas de Vida*. San José de Costa Rica : IICA, p. 9-19.
- HOOGHIEMSTRA H. et Van DER HAMMEN T., 2003 – Desarrollo del Bosque húmedo Neotropical en el Neógeno y en el Cuaternario: la hipótesis de los refugios. In : LLORENTE. J., et MORRONE J.J., eds. – *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Las Prensas de la Ciencia. México : Facultad de Ciencias de la UNAM, p. 129-136.
- HUECK K., 1978 – *Los bosques de Sudamérica*. Eschborn : GTZ, 476 p.
- HUGUET DEL VILLAR E., 1929 – *Geobotánica*. Editorial Labor : Barcelona. (Colección Labor. Sección XII. Ciencias Naturales. N° 199-200).
- IPCC, 2008 – *Technical Paper on Climate Change and Water*. (Finalized at the 37th Session of the IPCC Bureau, Budapest-Genève).
- JOHNSON R.W. et TOTHILL J.C. 1985 – Definitions and broad geographic outline of savanna lands. In : *Ecology and Management of the World's Savannas*. Canberra : Australian Academy of Sciences.
- KESEL R.H., 1983 – Quaternary history of the Rio general Valley, Costa Rica. *Nat. Geogr. Soc. Re., Report* 15. p. 339-358.
- KÖPPEN W., 1923 – *Die Klimate der Erde; Grundriss der Klimakunde*.
- KÖPPEN W. et GEIGER R., 1930 – *Handbuch der Klimatologie*, G. Borntraeger, Berlin.

- LEMÉE G., 1967 – *Précis de Biogéographie*. Paris : Masson.
- LEOPOLD, A., 1950 – Vegetation zones of Mexico. *Ecology*, 31, p. 507-518.
- LOGMAN et JENIK, 1974 – *Tropical Forest and Environment*. *Tropical Ecology*. Longman, London, 196 p.
- LÓPEZ CADENAS F. et MINTEGUI J.A., 1986 – *Hidrología de superficie*. Tomo I. Madrid : Fundación del Valle Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- MAYLE F.E., 2004 – Assessment of the Neotropical dry forest refugia hypothesis in the light of palaeoecological data and vegetation model simulations. *Journal of Quaternary Science*, vol. 19, n° 7, p. 713-720.
- MIETTON M., 1988 – *Dynamique de l'interface lithosphère-atmosphère au Burkina Faso. L'érosion en zone de savane*, Thèse Univ. Grenoble I.
- MILES L., GRAINGER A. et PHILLIPS O., 2004 – The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia. *Global Ecology and Biogeography*, 13, p. 553-565.
- MISTRY J., 1998 – Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. *Progress in Physical Geography*, vol. 22, n° 4, p. 425-448.
- MISTRY J., 2000 – Savannas. *Progress in Physical Geography*, vol. 24, n° 2, p. 273-279 ; vol. 24, n° 4, p. 601-608.
- MONTERO DE BURGOS J.L. et GARCÍA SALMERÓN J., 1981 – Atmósfera, 1. El Clima. In : *Tratado de Medio Ambiente*, tomo II. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid : CEOTMA, INTA, ICONA.
- MONTERO DE BURGOS J.L. et GONZÁLEZ REBOLLAR J.L., 1974 – *Diagramas bioclimáticos*. Madrid : ICONA, Ministerio de Agricultura.
- MORAT Ph., 1973 – *Les savanes du Sud-Ouest de Madagascar*. Thèse ès-Sciences, Paris : ORSTOM, 235 p. (Mémoires ORSTOM, n° 68).
- MÜLLER P., 1974 – Biogéographie et évolution en Amérique du Sud. *C.R. Soc. Biogéogr.*, Séance 448, p. 15-22.
- MÜLLER P., 1979 – *Introducción a la Zoogeografía*. Barcelona : Blume Ecología.
- MUÑOZ J., 1991 – *Geografía de Bolivia*. La Paz : Librería Editorial Juventud.
- NEUVY G., 1991 – *L'homme et l'eau dans le domaine tropical*. Paris : Masson.
- PENNINGTON R. T. ; LEWIS G. P. et RATTER J.A., 2006 – *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation*. Systematics Association Special Volume.
- PÉREZ-GARCÍA E.A. et MEAVE J.A., 2006 – Coexistence and divergence of tropical dry forests and savannas in southern México. *Journal of Biogeography*, Vol. 33, n° 3, p. 438-447.
- PETIT M., 1990 – *Géographie physique tropicale*. Paris : Karthala-ACCT.
- POMEL S. , POMEL-RIGAUD F. et SCHULZ E., 1994 – Les indicateurs anthropogènes de la végétation et des sols de quelques savanes de l'Afrique de l'Ouest. In : MAIRE R. ; POMEL S. et SALOMON J.-N., eds. – *Enregistreurs et Indicateurs de l'Évolution de l'Environnement en Zone Tropicale*. Talence : Presses Universitaires de Bordeaux, p. 129-142.

- POMEL S. et SALOMON J.-N., 1998 – *La Déforestation dans le Monde Tropical*. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux. (Collection « Scieteren ».)
- RIOU G., 1992 – *El agua y los suelos en los geosistemas tropicales y mediterráneos*. Masson : Barcelona. (Colección de geografía) ; *L'eau et les sols dans les écosystèmes tropicaux*. Coll. Géographie, Paris : Masson.
- RIOU G., 1995 – *Savanes. L'herbe, l'arbre et l'homme en terres tropicales*. Paris : Masson.
- ROBERTS S.J., 2001 – Tropical fire ecology. *Progress in Physical Geography*, vol. 25, n° 2, p. 286-291.
- RÜBEL E., 1933 – *Geographie der Pflanzen (Soziologie)*. *Handwörterbuch Naturwiss*, Berlin.
- RZEDOWSK J., 1986 – *Vegetación de México*. México : Editorial Limusa.
- SALOMON J.-N., 1987 – *Le Sud-Ouest de Madagascar : étude de géographie physique*. Thèse de doctorat d'État. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux, 2 vol., 998 p., 238 fig., 68 photos N-B, 33 tableaux, 3 cartes en couleur hors texte.
- SANKARAN M. ; HANAN N.P. ; SCHOLLES R.J. ; RATNAM, J. *et al.*, 2005 – Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*, vol. 438, n° 7069, p. 846-849.
- SARMIENTO G., 1983 – The savannas of Tropical America. In : BOURLIÈRE F., 1983 – *Tropical savannas*. New York : Elsevier. (Ecosystems of the World 13).
- SARMIENTO G., 1990 – *Las sabanas americanas: aspectos de su biogeografía, ecología, y utilización*. Mérida : Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales, Universidad de los Andes.
- SARMIENTO G. et MONASTERIO M., 1971 – *Ecología de las sabanas de américa tropical. Análisis macroecológico de los Llanos de Calabozo, Venezuela. Cuadernos Geograficos*, Mérida, n° 4, 126 p.
- SCHMITHÜSEN J., 1976 – *Atlas zur Biogeographie*. Hochschulatlanten Bibliographisches Institut, 303 p.
- SCHNELL R., 1987 – *La flore et la végétation de l'Amérique tropicale*. Tomes I et II. Paris : Masson.
- SCHULZ E., 1994 – Indicateurs de l'influence anthropique sur la végétation actuelle et passée (régions méditerranéennes, subtropicales et tropicales). In : MAIRE R. ; POMEL S. et SALOMON J.-N., eds. – *Enregistreurs et Indicateurs de l'Évolution de l'Environnement en Zone Tropicale*. Talence : Presses Universitaires de Bordeaux, p. 129-142.
- SCHULZ E. et POMEL S., 1994 – La bordure sud du Sahara : du désert à la savane. In : MAIRE R. ; POMEL S. et SALOMON J.-N., eds. – *Enregistreurs et Indicateurs de l'Évolution de l'Environnement en Zone Tropicale*. Talence : Presses Universitaires de Bordeaux, p. 129-142.
- SILVA L.C.R. ; STERNBERG L., HARIDASAN M. *et al.*, 2008 – Expansion of gallery forests into central Brazilian savannas. *Global Change Biology*, Vol. 14, n° 9, p. 2108-2118.
- STOTT P., 1991 – Recent trends in the ecology and management of the world's savanna formations. *Progress in Physical Geography*, vol. 15, n° 1, p. 18-28.

- STUART N. ; BARRATT T. et PLACE C., 2006 – Classifying the Neotropical savannas of Belize using remote sensing and ground survey. *Journal of Biogeography*, vol. 33, n° 3, p. 476-490.
- RULL V., 2007 – Holocene global warming and the origin of the Neotropical Gran Sabana in the Venezuelan Guayana. *Journal of Biogeography*, vol. 34, n° 2, p. 279-288.
- THOMAS M.F., 1979 – *Tropical Geomorphology: a study of weathering and land-form development in warm climates*. London : T.M. Press. (Focal Problems in Geography).
- TRICART J. et CAILLEUX A., 1969 – *Le modelé des régions sèches. Traité de géomorphologie*, tome IV. Paris : SEDES, 472 p.
- TRICART J. et CAILLEUX A., 1974 – *Le modelé des régions chaudes. Forêts et savanes. Traité de géomorphologie*, tome V, deuxième édition. Paris : SEDES, 345 p.
- TRICART J., 1977 – Aperçus sur le Quaternaire Amazonien. Recherches Françaises sur le Quaternaire. INQUA. *Supplément au Bulletin AFEQ*, vol. 1, n° 50, p. 266-271.
- UNESCO, Paris, 1980 – *Carte de la végétation d'Amérique du Sud*. Institut de la carte internationale du Tapis végétal, Toulouse, Escala 1/5.000.000.
- VALENTI R., 1992 – Successional patterns of the Gran Sabana southeastern Venezuela vegetation during the last 5 000 year, and its responses to climatic fluctuations and fire. *Journal of Biogeography*, vol. 19, p. 329-338.
- VAN DER HAMMEM T., 1963 – A palynological study of the Quaternary of British Guyana. *Leidse. Geol. Meded.*, n° 29, p. 125-180.
- VAN DER HAMMEM T., 1972 – Changes in vegetation and climate in the Amazona basin and surrounding areas during the Pleistocene. *Geol. Mijnb.*, vol. 51, p. 641-643.
- VAN DER HAMMEM T., 1974 – The Pleistocene change of vegetation and climate in Tropical South America. *Journal Biogeography*, n° 1, p. 3-26.
- WALKER B.H., 1987 – Determinants of Tropical Savannas. *IUBS Monograph Series*, n° 3, 156 p.
- WALTER H., 1977 – *Zonas de Vegetación y Clima*. Barcelona : Omega.
- WERNER A., 1990 – Savanna ecology and Management. Australian Perspectives and Intercontinental Comparisons. *Journal of Biogeography*, vol. 17, n° 4/5, p. 1-557.
- WHITTAKER R.H., 1975 – *Communities and ecosystems*. New York : Macmillan, 385 p.
- YOUNG A. et SOLBRIG E., 1993 – *The World's Savannas. Economic Driving Forces, Ecological Constraints and Policy Options for Sustainable Land Use*. New York : UNESCO. (Man and the Biosphere Series).
- YOUNG A., 1976 – *Tropical Soils and Soil Surveys*. Cambridge : Cambridge University Press. (Cambridge Geographical Studies. Vol. 9)

Résumé

Le concept de savane s'est forgé depuis la seconde moitié du xx^e siècle avec les recherches et les apports scientifiques anglo-saxons et français, ainsi qu'avec des études, plus locales, de scientifiques de pays où ce milieu naturel est présent. Différentes réunions internationales ont permis l'approfondissement du rôle de l'homme quant à ces milieux, leur fonctionnement et leur typologie : la savane représente un milieu fondamental pour la vie des pays tropicaux et sa relation avec les processus de désertification/désertisation a impulsé son étude dans les années 80. Aujourd'hui, la question des savanes revient au premier plan pour sa relation avec l'impact du changement climatique global et ses conséquences sur les changements environnementaux. Cet article est une contribution à une typologie écosystémique des savanes américaines, en partant des typologies existantes et du cadre climatique. Par le biais d'une méthodologie d'analyse des formations végétales, que nous appellerons régimes écodynamiques, on peut apporter un éclairage nouveau du rôle relicté, non seulement de quelques savanes, mais aussi de quelques boisements actuels et en conséquence sur leur fragilité.

MOTS-CLÉS : Amérique latine, Savane, fonctionnement, évolution bioclimatique, typologie éco-géosystémique

Resumen

Conceptos, enfoque bioclimático y tipología de las savanas. Aplicación a las savanas americanas.

El concepto de sabana se ha ido modelando desde mediados del siglo XX con las investigaciones y aportaciones científicas anglosajonas y francesas, con otras más puntuales de científicos de los propios países en los que se dan estos medios naturales. Diferentes reuniones internacionales han ido profundizando en el papel que el hombre desarrolla en estos medios, y en su funcionamiento y tipología : la sabana conforma un medio fundamental para el desarrollo de la vida en los países intertropicales y su relación con procesos de desertificación/desertización impulsó su estudio en la década de los 80'. Hoy las sabanas vuelven a ser actualidad por su relación con los impactos del cambio global y su papel en relación a los cambios ambientales que de él se derivan. Aquí se realiza una aportación sobre una tipología eco-geosistémica de las sabanas americanas partiendo de las tipologías existentes y de un marco bioclimático, a través de una metodología de análisis de las formaciones vegetales al que llamamos regímenes ecodinámicos, que puede aportar mayor luz al papel relictó no solo de algunas sabanas, sino también de algunos bosques actuales, y por lo tanto su fragilidad.

PALABRAS CLAVES : America Latina, Sabana, funcionamiento, tipología, eco-geosistémica

Abstract

Concepts, bioclimatic approach and savannah typology: Application to american savannahs

The concept of savannah has been shaped since the middle of the 20th century by the contributions of French and British, with other works written by scientists from the countries where savannah appears. Different international meetings have focused on deepening in the role of men in this environment/ecosystem and in its functioning and typology. Savannah is one principal environment for life development in intertropical countries. And its relation with processes of desertification/desertisation stimulated its study in the decade of the 80'. Nowadays, savannahs come to light again for its importance regarding Global Change impacts and the environmental changes related to this. This work presents an eco-geosystemic typology to the American savannahs. Our approach is based on existing typologies and the bioclimatic frame, across a methodology of analysis of the formations to which we call plant ecodynamic regimens, that can contribute major light to the relict condition not only of some savannah formations, but also of some current forests, and therefore their fragility.

KEYWORDS: *Latin america, savannah, mechanisms, typology, ecosystem.*