

ETUDE DU PAYSAGE DU BASSIN IDENTIFICATION DES COMPOSANTES DU MILIEU

Olivier Planchon⁽¹⁾, Danielle Mitja⁽²⁾

(1) ORSTOM, B.P. 5045, 34032 Montpellier Cedex 1

(2) Ecologie générale, Muséum National d'Histoire Naturelle, 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy.

INTRODUCTION

Les articles précédents ont mise en évidence de nombreuses associations entre diverses composantes du milieu, au point que l'on a pu présenter un "versant type" de Booro-Borotou. Rappelons en les principales caractéristiques, en le décrivant rapidement :

- Un *plateau cuirassé* de faible étendue (de l'ordre de l'hectare) et de 6 mètres de commandement, à la végétation arborée ou boisée. Les sols, peu épais et gravillonnaires, reposent sur une cuirasse ferrallitique fortement indurée pouvant avoir quelques mètres d'épaisseur, et reposant elle-même sur un matériau ferrallitique rouge, riche en fer et en argiles.
- Un *épaulement* aux pentes faibles (moins de 2.5°), aux sols ferrallitiques traversés par des nappes gravillonnaires profondes à l'amont et plus superficielles vers l'aval. C'est le domaine privilégié des formations boisées et arborées hautes. Cette partie du bassin fait partie du domaine agricole du village de Booro-Borotou, et rares y sont les zones qui n'ont jamais été cultivées. On y trouve la zone cultivée de 1985 à 1987, et des jachères de moins de 40 ans. Sur cette partie du versant, l'infiltrabilité des sols est décroissante vers l'aval.
- Une *rupture de pente*, marquée par un affleurement gravillonnaire et cuirassé, et traversée par de nombreuses formes d'érosion linéaire qui se présentent soit sous forme d'une incision au profil en travers carré de 50 cm à 3 m de côté, soit sous forme d'une incision au profil en travers en "V" très aplati, d'une dizaine de centimètres de profondeur pour un mètre de large environ. La rupture de pente correspond à un minimum pour l'infiltrabilité des sols.
- Un *versant convexo-concave*, appelé "bas de versant" par opposition aux autres composantes du versant décrites ci-dessus. La teneur en fer et en argile des sols décroît vers l'aval, et l'on passe de sols ferrugineux, compacts de couleur ocre, à des sols sableux blancs en bas de la séquence. C'est le domaine des formations ligneuses claires, arborées ou arbustives.

- Un *bas-fond*, occupé par une forêt galerie discontinue, elle-même bordée par des lambeaux de savane herbeuse haute.

Cette présentation, d'un type assez classique dans les études de bassin versant, a des vertus didactiques indéniables qui justifient à elles seules son existence. On ne doit pourtant pas oublier qu'une telle représentation répond à la nécessité d'offrir un support *synthétique* à l'exposé des processus mis en évidence sur l'ensemble du bassin.

Ceci ne va pas sans quelques concessions à la réalité. La représentativité est ici entendue au sens des processus plutôt qu'au sens statistique. Telle particularité est jugée représentative, et donc digne de figurer sur le "versant type" si elle est un bon support pour l'exposé de processus importants pour la compréhension du milieu et de sa mise en place. Quelques formes rares, mais éloquents, peuvent au besoin être intégrées à la représentation type.

Dans cet article, nous présentons une analyse du milieu complémentaire de celle-ci. La méthode employée est strictement descriptive et est menée à partir des documents cartographiques établis sur le bassin-versant par les membres de l'équipe HYPERBAV. La démarche repose sur le postulat qu'en un lieu donné, une formation végétale se développe de préférence à une autre sous l'effet de contraintes (excès ou manque d'eau, forte pression anthropique,...). Notre travail consiste alors à :

- Identifier ces contraintes et leur expression par l'analyse des données.
- Cartographier les zones du bassin pour lesquelles les caractères élémentaires du milieu⁽¹⁾ représentant les contraintes, sont associées à celles représentant l'expression de ces contraintes par la végétation.

CONSTRUCTION DU TABLEAU POUR L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES

Les données de base

Les données utilisées sont issues de six cartes du bassin versant, dressées à 1/2.500. Le choix de ces cartes est purement opportuniste : il s'agit de la totalité des documents cartographiques disponibles, à l'exception de l'esquisse géologique, dont la précision est moindre en raison du faible nombre d'affleurements rocheux et des données topographiques, écartées malheureusement pour des raisons techniques. Ces cartes représentent respectivement :

Les sols

La carte représente le premier horizon minéral. Elle ne contient en particulier pas d'information sur les horizons humifères, ni sur les horizons indurés. Replacée dans la méthode d'analyse structurale proposée par Boulet *et al.* (1982), cette carte ne contient qu'une des familles de courbes d'iso-différentiation.

¹ Nous désignons par "caractère élémentaire du milieu" une classe relevée sur une des cartes. Par exemple, "végétation boisée haute" et "sol ferrallitique rouge" sont des caractères élémentaires du milieu.

Les gravillons

La carte représente la profondeur d'apparition des nappes de gravillons sur le bassin, tous types de gravillons confondus. Une description détaillée de ces gravillons est fournie par Boa et Fritsch (1988).

Les cuirasses

La carte représente la profondeur d'apparition des cuirasses et des carapaces. Deux systèmes cuirassés sont présents à Booro-Borotou. Celui des plateaux appartient au haut glacis (Eschenbrener, 1988) ; Il est antérieur à la différenciation du bassin versant et présente des formations très indurées. Celui de la mi-versant est plus récent, et s'apparente à une carapace plutôt qu'à une cuirasse.

La végétation

La carte de la végétation représente la structure des formations ligneuses du bassin versant. Deux critères de classification ont été utilisés : la hauteur et la densité des ligneux. Le premier différencie les formations hautes, basses, et arbustives ; le second oppose les formations boisées, arborées, denses, claires et herbeuses. Mitja et Valentin (1990) en fournit une présentation détaillée.

Les réorganisations pelliculaires superficielles

Deux critères principaux ont été utilisés pour dresser la carte des réorganisations pelliculaires superficielles. La première concerne leur évolution annuelle ; les Mops (Micro-organisations pelliculaires superficielles) peuvent être absentes, saisonnières ou permanentes. La seconde indique leur origine, naturelle ou anthropique. Les zones sans réorganisations superficielles sont elles-même subdivisées selon la présence de caractères tels que la litière, le micro-relief ou la pente. Les limites de ces unités sans réorganisations superficielles se trouvent souvent concordantes avec les limites d'unités végétales ou de modelé.

L'occupation du sol

La carte de l'occupation du sol représente l'âge des derniers sarclages sur le bassin. C'est un des résultats des enquêtes menées par Mitja (1990), qui permettent d'étudier la reconstitution du milieu naturel après culture.

La méthode utilisée

Les cartes ont servi à constituer une base de données au moyen du Système d'Information Géographique ARC/INFO. Une nouvelle carte a été dressée par croisement des six premières. Un tableau de contingence généralisé, ou tableau de Burt, en a été extrait. C'est une matrice carrée, contenant autant de lignes et de colonnes que de caractères élémentaires du milieu, toutes cartes confondues, soit 48 : 8 pour les sols, 7 pour les gravillons, 6 pour les cuirasses, 11 pour la végétation, 11 pour les réorganisations pelliculaires superficielles et 5 pour l'occupation du sol. La valeur au croisement de la ligne x et de la colonne y représente la part du bassin occupée par la combinaison des caractères élémentaires x et y.

Les résultats présentés ici concernent l'analyse factorielle des correspondances sur ce tableau. Elle consiste à représenter les 48 caractères élémentaires du milieu dans un

espace à $n^{(2)}$ dimensions muni de la distance du Khi2 (Lebart, Morineau et Tabard, 1977). Dans cet espace, les caractères élémentaires x et y sont représentés par des points d'autant plus proches l'un de l'autre que x et y sont souvent associés, ou qu'ils ont la même affinité pour un autre caractère z .

Les axes d'inertie sont les axes d'allongement maximal du nuage de points. On les interprète en considérant qu'ils représentent les contraintes que nous cherchons à identifier. Sous l'effet de celles-ci, un grand nombre d'associations devient pratiquement obligatoire, tandis que beaucoup d'autres sont interdites. C'est le long de l'axe représentant la contrainte la plus forte que l'on observe les distances les plus grandes entre les points, selon qu'ils expriment ou non cette contrainte ou ses conséquences.

Notons que cette interprétation n'est acceptable qu'après un travail assez lourd de tests systématiques dont l'objectif est de vérifier que les axes d'inertie ne sont pas simplement liés au choix des cartes utilisées pour décrire le milieu.

MISE EN EVIDENCE DES CONTRAINTES

Le premier plan factoriel est représenté sur la figure 1. Pour en faciliter la lecture, une icône particulière a été attribuée à chaque carte (à l'exception des gravillons et de la cuirasse) : un arbre pour la végétation, un schéma évoquant un micro-profil de sol pour les encroûtements, un tracteur pour l'âge des jachères et un disque noir pour les sols. Les traits gras délimitent les zones du plan factoriel dans lesquelles les variables ont des caractéristiques communes.

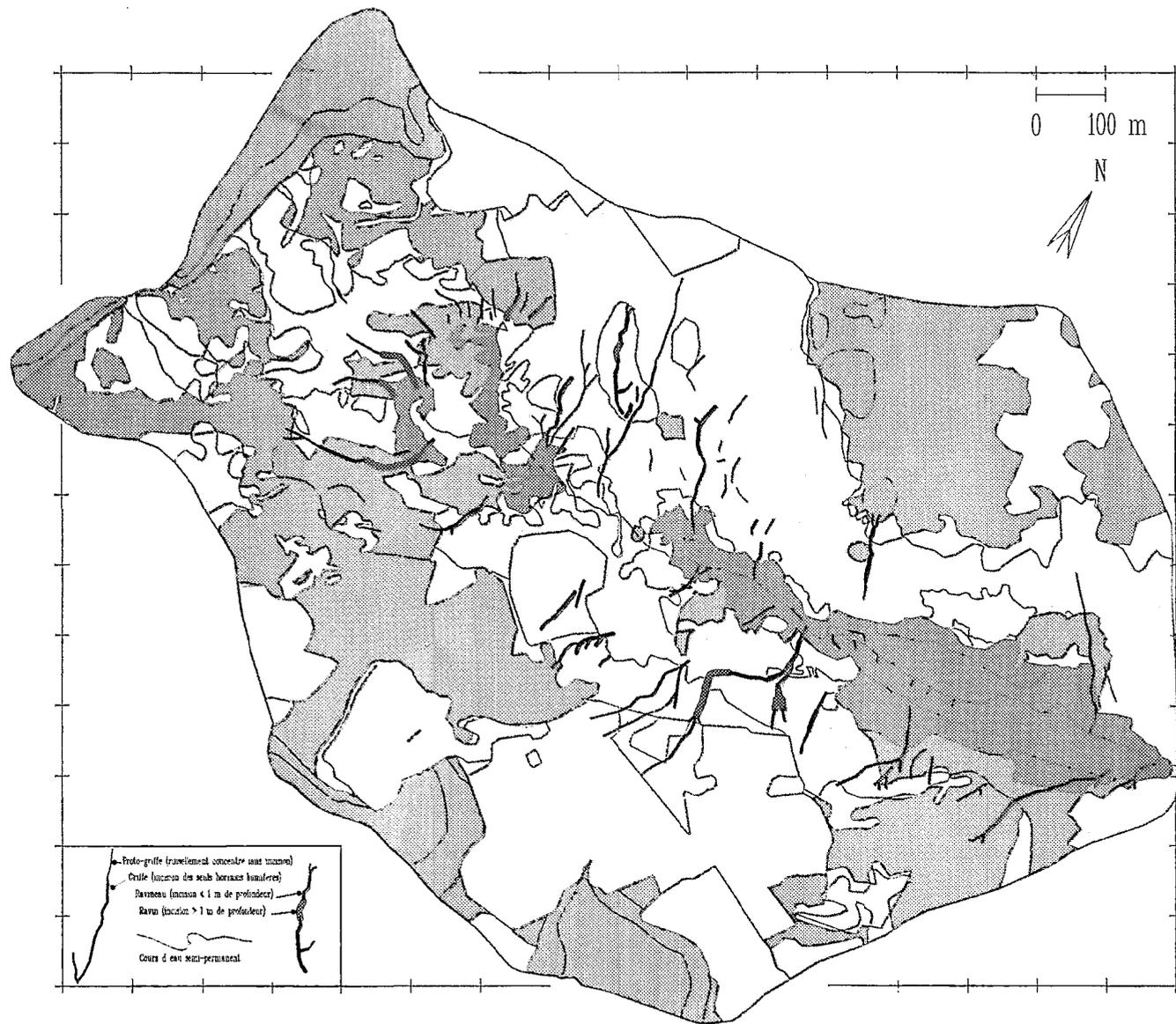
La forêt galerie, ses marges et le bas des versants sont bien séparées le long du premier axe. En revanche, la zone de mi-versant, les hauts de versant et les plateaux ont une position identique sur cet axe.

L'interprétation proposée pour cet axe est l'excès d'eau, permanent dans le bas-fond, saisonnier en bas de versant et nul sur le reste du bassin (l'interprétation strictement topographique de l'axe 1 est réfutée par la position commune, sur cet axe, de toute la zone située à l'amont du mi-versant). L'axe 1 explique 27% de l'inertie totale du nuage de points.

Les axes 2 et 3 expliquent respectivement 16% et 11% de l'inertie totale. Ces valeurs étant proches l'une de l'autre, il est prudent d'interpréter ces axes simultanément, en étudiant le deuxième plan factoriel (figure 2).

Le plan 2-3 est remarquable par l'alignement de tous les points, à l'exception des cinq qui sont encadrés sous le titre "jachères récentes" et rejetés par l'analyse à l'extérieur du nuage. Dans l'espace 1-2-3, le nuage de points est donc très aplati. Cinq points, représentés par les jachères de moins de 30 ans, les Mops qui leurs sont caractéristiques, et la savane arbustive dense, également caractéristique de certaines jachères récentes, forment un groupe isolé du reste du nuage et sont responsables de l'inertie de l'axe 3.

² $n \leq 48$. Ici $n = 30$, et correspond aux 30 caractères élémentaires qui occupent plus de 5% de la surface du bassin. Les 18 autres caractères sont utilisés comme "variables supplémentaires", c'est-à-dire simplement projetés sur les axes d'inertie calculés à partir des 30 premiers.



Les unites de paysage :

-  Plateaux et talus
-  Milieux fermes
-  Milieux ouverts
-  Bas-fonds
-  Savane boisee hygrophile
-  Milieux anthropises
-  Milieux heterogenes

le paysage

Plan 1-2

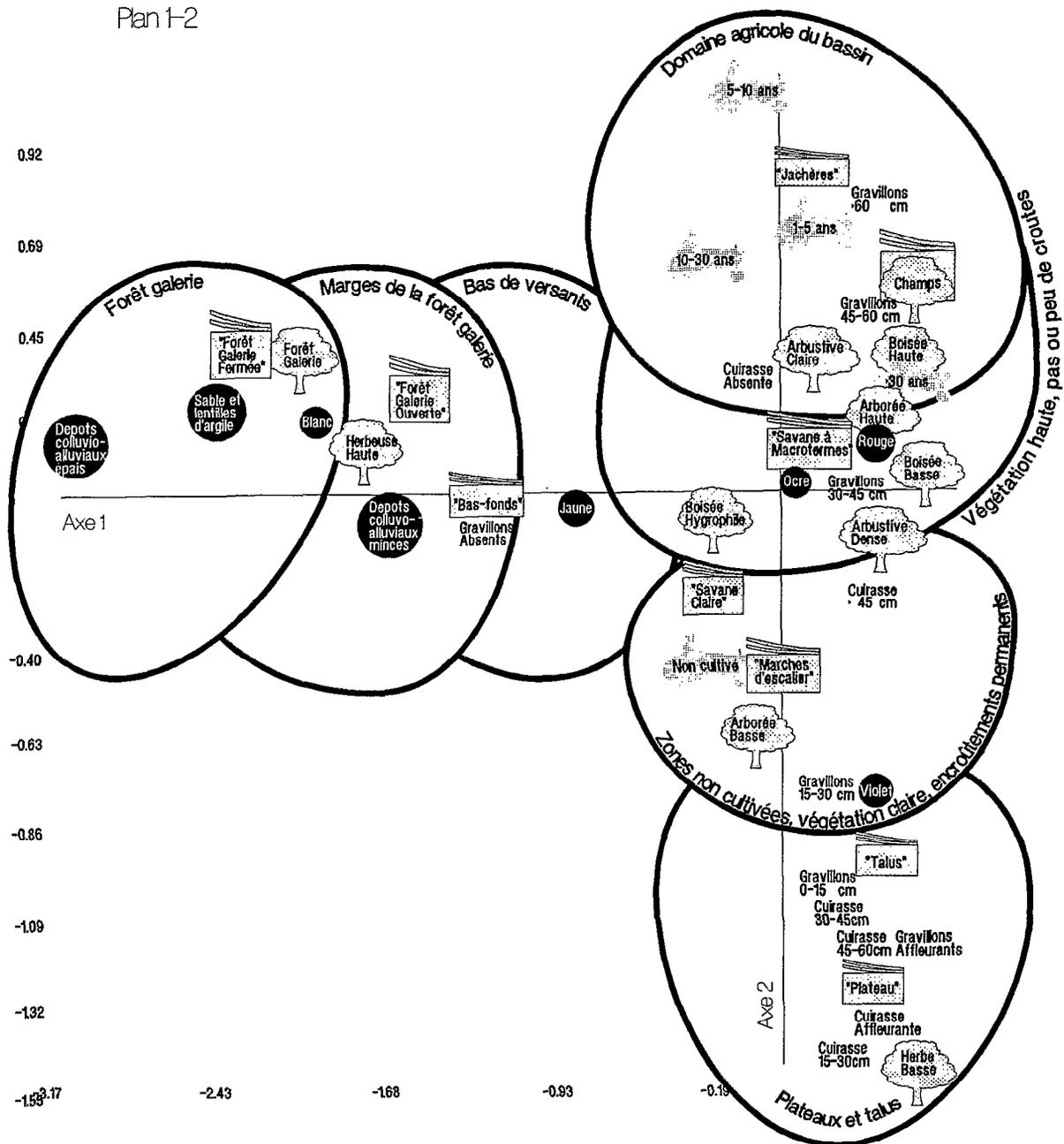


Figure 1. Analyse factorielle des correspondances. Plan 1-2.

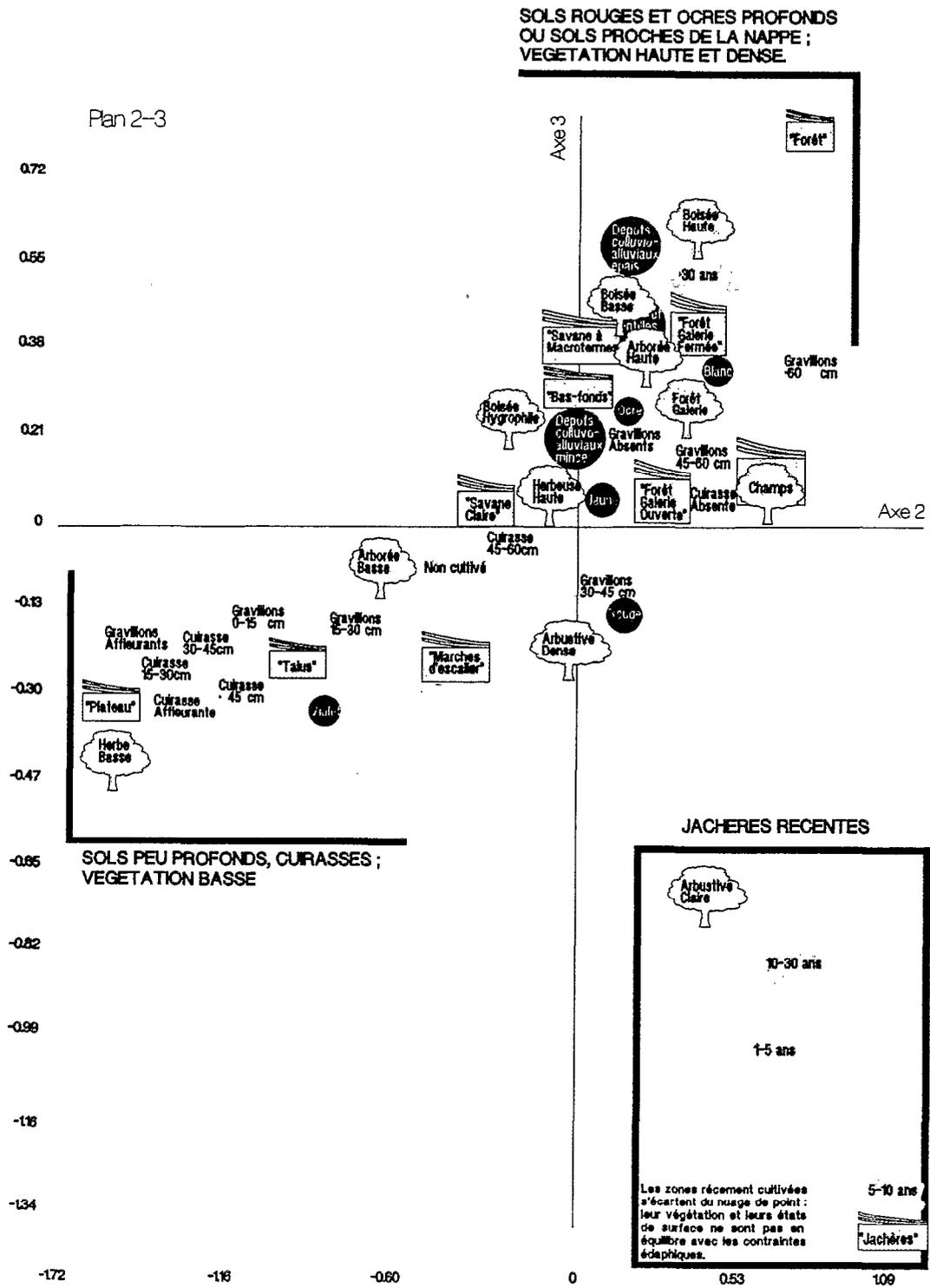


Figure 2 .Analyse factorielle des correspondances . Plan 2 - 3.

Dans ces conditions, le plan 2-3 doit être interprété en étudiant tout d'abord la cause de l'allongement du nuage le long de son axe diagonal d'aplatissement. La particularité des cinq points isolés sera étudiée dans un deuxième temps, et ce n'est qu'alors qu'une interprétation des axes eux-mêmes pourra être proposée.

L'axe diagonal oppose les affleurements gravillonnaires et cuirassés aux zones boisées.

Le pôle gravillonnaire et cuirassé est caractérisé par le regroupement des affleurements gravillonnaires et cuirassés, des sols ferrallitiques des plateaux et des talus, et de la savane herbeuse basse, localisée exclusivement sur les plateaux cuirassés. Ce pôle décrit donc des sols peu profonds et dont la végétation est basse.

Le pôle boisé est caractérisé par le regroupement des zones boisées, des jachères de plus de 30 ans, et des gravillons profonds. Les sols qui appartiennent à ce pôle sont soit des sols rouges ou ocres profonds, soit des sols proches de la nappe.

Entre ces deux pôles, la position des faciès végétaux dépend d'un critère peu éloigné de la biomasse totale, ou tout au moins de la notion intuitive d'une telle valeur : les formations herbeuse basse, arborées basses et arbustives denses, herbeuses hautes, boisées hygrophiles, de forêt galerie, arborées hautes, boisées basses et enfin, boisées hautes y apparaissent successivement. La position des champs n'est pas en relation avec celle des autres zones cultivées. Nous attribuons cette particularité au fait qu'ils forment un ensemble strictement homogène pour trois des six cartes (végétation, Mops et âge des jachères). Leur position dans l'espace factoriel n'est ainsi due qu'aux caractéristiques des sols qu'ils occupent.

L'axe diagonal est donc un axe le long duquel peuvent être observés les faciès végétaux et les états de surface qui sont l'expression naturelle de la "fertilité" des sols. Les guillemets indiquent que le terme est pris au sens large ; nous utiliserons désormais le terme de "contraintes édaphiques" qui présente l'avantage de faire appel, dans sa définition même, à des notions peu précises. Il oppose les sols peu profonds à végétation basse et claire aux sols profonds ou proches de la nappe, à végétation haute et dense.

Selon l'interprétation que nous proposons, le pôle des jachères récentes n'appartient pas à l'axe diagonal car les sols, choisis par les paysans, y sont "fertiles", alors que la végétation en cours de reconstitution y est basse.

La position de la profondeur d'apparition des gravillons et de la cuirasse, ordonnée sur l'axe diagonal, indique une organisation selon la profondeur du sol. En revanche, la nature du matériau présent entre la surface du sol et ces indurations, c'est-à-dire le sol tel qu'il est décrit par la carte utilisée, n'a pas une organisation claire sur le plan 2-3. Les sols "fertiles", au sens de leur capacité à produire de la biomasse, sont aussi bien les sols ocres et rouges sans induration ou à induration profonde, que les sols jaunes et blancs du bas-fonds. Ces sols n'ont pas de propriété physique ou chimique commune. Ils ont en revanche la même capacité à fournir une alimentation en eau pratiquement continue au long de l'année. Les sols profonds par leur capacité de rétention, et les sols de bas-fond par la proximité de la nappe. Il est donc possible de proposer la capacité des sols à alimenter les plantes en eau comme un des facteurs d'organisation du plan 2-3. L'axe diagonal regrouperait ainsi les milieux dans lesquels la végétation est en équilibre avec la capacité du sol à l'alimenter en eau continûment au cours de l'année. L'interprétation des axes 2 et 3 peut alors être tentée.

Sur l'axe 2, les jachères récentes, à la végétation basse, ont la même position que les savanes boisées. Il représente donc des caractères intrinsèques du sol, indépendamment

de la végétation qui l'occupe. En l'occurrence, la capacité d'alimentation continue en eau des plantes.

L'axe 3 exprimerait le plus ou moins bon remplissage de cette capacité de rétention par la végétation. En se servant de la savane herbeuse basse comme référence, on peut interpréter la position haute des savanes boisées sur l'axe 3 comme l'expression d'un effet synergique de la végétation. Plus le sol est en mesure de fournir une alimentation correcte et continue de la végétation, plus celle-ci peut évoluer vers des formations arborées, puis boisées. En retour, les réorganisations superficielles deviennent saisonnières, puis inexistantes, sous l'effet de la faune du sol qui se développe dans ce type de milieu, et qui remanie les croûtes.

A l'opposé, le défrichement provoque la réapparition des encroûtements permanents qui sont un frein à l'infiltration. La capacité de rétention du sol n'est alors plus exploitée de façon optimale.

En conclusion de ce paragraphe concernant l'interprétation des axes factoriels, nous nous limiterons au rappel des trois contraintes clairement mises en évidence et qui organisent le paysage du bassin : excès d'eau lié à la proximité du bas-fond, contraintes édaphiques et action de l'homme.

Une interprétation plus fine des résultats de l'A.F.C. a été tentée. L'axe 2 serait l'expression de la capacité des sols à alimenter la végétation en eau continûment au cours de l'année, soit qu'ils soient profonds et qu'ils possèdent une bonne capacité de rétention, soit que la nappe n'y soit jamais éloignée de la surface du sol. L'axe 3 exprimerait alors le plus ou moins bon remplissage de cette capacité de rétention.

Seules des mesures de bilan hydrique complètes et nombreuses permettraient de vérifier cette hypothèse, et d'affirmer ainsi que l'eau, par son excès ou par son déficit, est le principal facteur d'organisation du paysage. L'impact de l'homme dans l'organisation du paysage serait alors dû à des modifications des termes du bilan hydrique, d'abord par le biais des encroûtements qui se développent dans les jachères récentes, ensuite par la végétation boisée qui a tendance à se reconstituer dans les jachères anciennes, et dans laquelle l'absence de croûtes permet l'utilisation optimale de la capacité de rétention des sols.

CLASSIFICATION

La classification des variables de l'analyse précédente permet, comme nous nous le sommes proposé, de regrouper les différentes unités selon leur affinité les unes pour les autres.

La classification a été faite dans l'espace décrit par les trois premiers axes factoriels, (classification ascendante hiérarchique par la méthode du barycentre, Lebart *et al.*, 1977, écrite pour micro-ordinateur par Noirot *et al.*, 1988).

L'arbre de la classification est décrit sur la figure 3. Sa hiérarchie respecte celle des axes d'inertie. Ainsi, la première fourche de l'arbre sépare les bas-fonds du reste du bassin ; la deuxième distingue les terrains selon les contraintes édaphiques auxquelles ils sont soumis ; enfin, pour les terrains à faible contrainte édaphique, les zones anthropisées sont distinguées des zones naturelles.

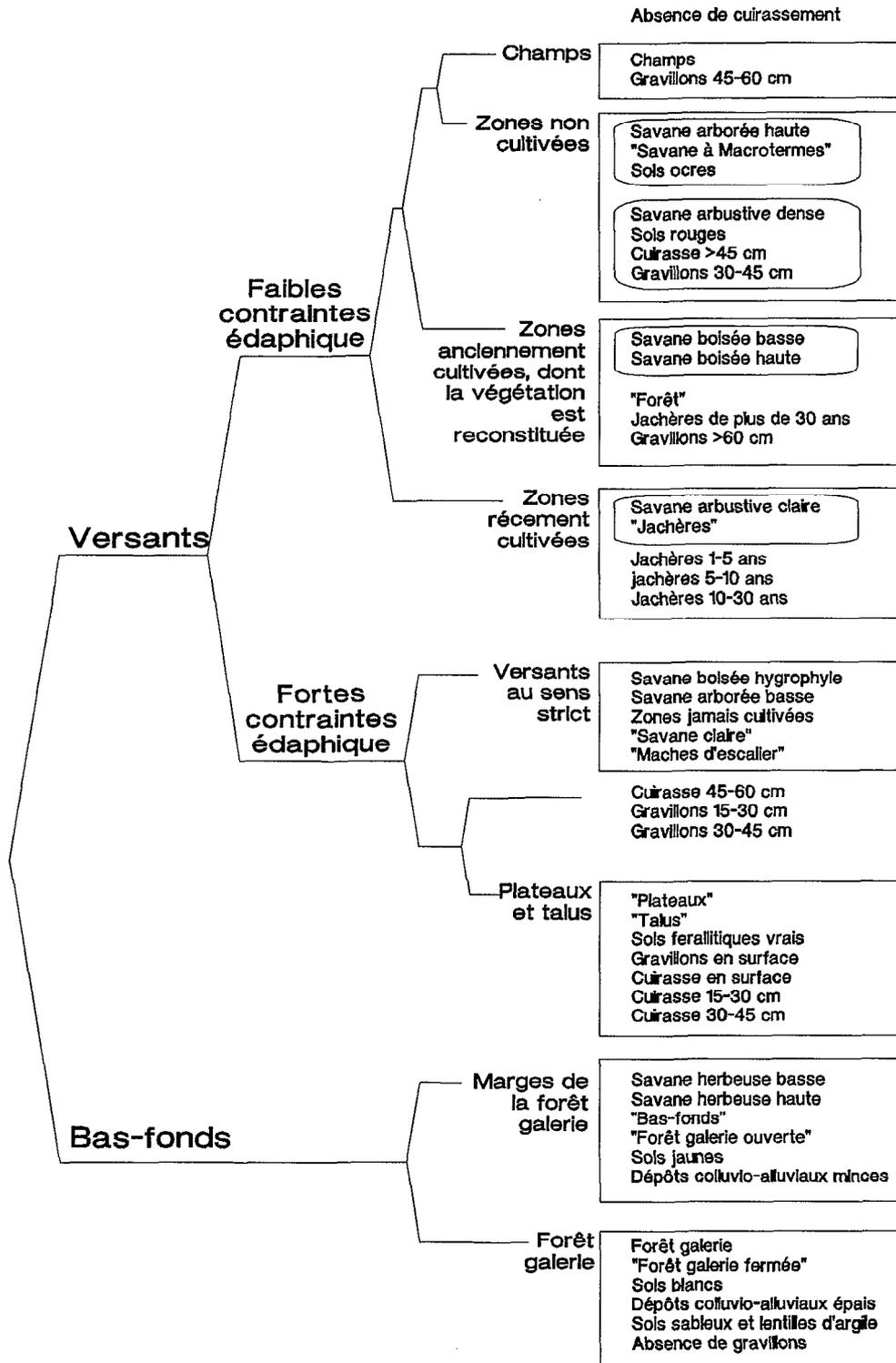


Figure 3. Classification ascendante hiérarchique sur l'espace 1-2-3.

Les branches supérieures font apparaître des distinctions plus fines, en particulier entre jachères anciennes et récentes et entre zones boisées et arborées.

Au delà de ces constatations, l'intérêt de cette classification est d'exprimer les analogies entre différents faciès, comme celle qui existe entre la savane boisée haute et de la savane arborée dense. C'est sur la base de cette classification que nous pourrions identifier quelques associations caractéristiques du paysage du bassin versant. Elles sont décrites ci-dessous et reportées sur la carte des paysages (h.t.).

Les plateaux et leurs talus (7,9%) : forte contrainte édaphique, faible pression anthropique

L'unité géomorphologique et pédologique des plateaux justifie que les plateaux soient séparés du reste du bassin. Leur végétation n'est pas très caractéristique ; elle est composée à 50% de zones boisées et la savane herbeuse basse, caractéristique des plateaux cuirassés peu fissurés, n'occupe que 10% de la surface des plateaux.

Les zones de bas-fond.(10%) : excès d'eau en surface

La forêt galerie stricto sensu (5,7%) permet d'identifier les zones aux sols engorgés en permanence. Elles sont caractérisées par des sols non gravillonnaires, jaunes ou blancs, qui peuvent présenter des accumulations d'argile en surface ou en profondeur.

Les états de surface de savane boisée (1,7%) sont un faciès particulier de la forêt galerie. Ils sont peu représentés sur le bassin et caractérisés par l'absence de sous-bois dense. Les sols sont les mêmes que ceux de la forêt galerie. Ils sont localisés un peu plus haut sur les versants, dans les bas de versants concaves de l'aval du bassin. Ils correspondent à des sols probablement moins engorgés, de texture plus fine et qui peuvent même être gravillonnaires.

La savane herbeuse haute (2,6%) est localisée dans les thalwegs secondaires de la rive droite. On la trouve également dans le thalweg principal entre les deux zones de forêt galerie. Les sols sont les mêmes que ceux de la forêt galerie. Les dépôts colluvio-alluviaux d'argile sont fréquents dans l'axe des thalwegs. La présence de ce type de végétation indique que les sols subissent un engorgement temporaire pendant la saison des pluies.

La savane boisée hygrophile (14,5%) : excès d'eau en profondeur

Ce type de végétation est le signe d'un engorgement des sols en profondeur. Les sols sur lesquels il se développe sont le plus souvent ocres (57%), mais peuvent également être rouges (26%) ; ils présentent un horizon gravillonnaire qui apparaît entre 15 et 60 cm de profondeur (70%).

Les zones anthropisées (17,3%)

Ce sont les champs (7.8%) et les jachères de moins de 30 ans (9,5%). Les jachères de moins de 10 ans sont caractérisées par la persistance d'états de surface d'origine anthropique ; elles font également partie des quelques endroits du bassin ou peuvent être observées des pellicules superficielles à micro-porosité vésiculaire. Les jachères de

10 à 30 ans peuvent conserver un micro-relief d'origine anthropique, mais elles sont principalement caractérisées par des structures de végétation particulières, généralement arbustives.

Les sols sont rouges (52%) ou ocres (34%). Ils sont gravillonnaires en profondeur (82%) ; la carapace est profonde (23%) ou inexistante (74%).

Les zones à végétation ligneuse haute et sans réorganisations pelliculaire (20,2%) : faible contrainte édaphique, faible contrainte anthropique

Ce paysage est l'intersection d'un groupe de faciès végétaux et d'un groupe d'états de surface :

- faciès végétaux : savane boisée haute, savane boisée basse, savane arborée haute ;
- états de surface : savane arbustive dense, savane arborée.

La répartition des sols est la même que dans les zones anthropisées : rouges (50%) ou ocres (43%) ; gravillonnaires en profondeur (79%) et peu cuirassés (96%). Dans l'analyse du tableau de Burt que nous avons effectuée plus haut, ils représentent le pôle non anthropisé des sols soumis à de faibles contraintes édaphiques. Les états de surfaces au sens large (végétation et réorganisations superficielles) sont ici considérés comme de bons intégrateurs de ces contraintes, qui sont mal expliquées par la seule description de quelques caractères pédologiques internes (premier horizon minéral et profondeur d'apparition de la cuirasse et du gravillonnement).

Les zones à végétation ligneuse basse présentant des réorganisations pelliculaires (26,7%) : forte contrainte édaphique, faible contrainte anthropique

Cette unité de paysage est également l'intersection d'un groupe de faciès végétaux et d'un groupe d'états de surface :

- faciès végétaux : savane arborée basse, savane arbustive dense , savane arbustive claire ;
- états de surface : savane arbustive claire, savane arbustive claire à micro-relief en marches d'escalier.

Les sols sont rouges (46%) ou ocres (37%), mais aussi jaunes ou blancs (23%). Statistiquement, ils sont donc situés sur des sols moins argileux que ceux de la classe précédente. Ils occupent une grande partie des bas de versants, à l'aval de la rupture de pente, mais on les trouve également en rive gauche, du haut en bas du versant. Les gravillons apparaissent souvent à moins de 45 cm de profondeur (62%) mais peuvent également être absents (18%).

L'infiltrabilité des sols de ces paysages est susceptible de varier du tout au tout selon leur position topographique : faible à l'amont de la rupture de pente (sols gravillonnaires ocres et rouges) et forte à l'aval (sols jaunes non gravillonnaires).

Les zones hétérogènes (3,4%)

4.7 ha correspondent à des associations atypiques entre les caractères élémentaires du milieu. Une analyse détaillée de certaines d'entre elles nous permet de proposer tantôt une explication purement technique et tantôt une explication inhérente à l'hétérogénéité du milieu naturel :

- imprécision de la photo-interprétation qui a permis de dresser certaines cartes. Certaines zones de faible étendue sont bien délimitées mais mal classées ;
- dessin différent, sur deux cartes différentes, des mêmes limites ;
- zone réellement hétérogène sur le terrain. Dans ce cas, l'attribution d'un caractère plutôt que d'un autre dépend des critères de détermination choisies, qui peuvent être statistiques (dominance d'un caractère sur un autre) ou logiques (présence, ou non, d'une caractéristique importante).

Ces zones n'ont été ni modifiées ni corrigées sur la carte résultante (carte des paysages, h.t.), présentée au paragraphe suivant. Elles représentent bien la difficulté technique et méthodologique que l'on peut avoir à dresser des cartes à 1/2.500, sur lesquelles chaque arbre pourrait être dessiné.

DISCUSSION

Seuls les grands traits morphologiques et pédologiques permettent de caractériser certaines unités de paysage. Il s'agit des plateaux et de leurs cuirasses d'une part, et des sols hydromorphes et des thalwegs d'autre part. Sur les versants, des associations fortes existent entre les organisations pelliculaires superficielles et la végétation. En revanche, les unités de paysage ainsi définies ne sont pas concordantes avec la pédologie ; entre les deux n'existent que des relations statistiques.

Deux explications complémentaires peuvent être avancées pour expliquer cette absence de relation. La première traite du mode de représentation de la pédologie dans l'analyse, la seconde de la marque de l'homme dans le paysage :

- La végétation exprime, entre autres choses, l'état de l'eau dans le sol : son excès dans les zones engorgées, sa disponibilité au long de l'année, l'épaisseur de sol pour laquelle cette eau est disponible,... Les sols jouent indéniablement un rôle dans ce domaine, ce qui est confirmé par l'interprétation proposée pour les trois premiers axes factoriels, qui ne fait intervenir que l'état de l'eau dans le sol. Il reste que cet état de l'eau dans le sol est difficile à caractériser par les seules observations pédologiques, et que seule l'interaction de plusieurs facteurs peut être à même de le définir. Or, l'A.F.C. ne met pas en évidence les interactions entre les variables analysées. La lecture de l'analyse indique ainsi, et seulement, que les caractères pédologiques pris un à un ne sont pas déterminants dans l'organisation du nuage de points. Ce sont des combinaisons entre les caractères élémentaires décrits par chacune des cartes pédologiques qui doivent être prises en compte ; elles ne sont mises en évidence qu'au travers de l'interprétation des axes factoriels. On peut également remarquer que la limite entre sols rouges et sols ocres ne correspond pas au franchissement d'un seuil tranché dans la géométrie de l'espace poral, alors qu'une limite de ce type existe à l'intérieur des sols

ocres, à mi-distance environ entre leurs limites amont et aval (Bruand *et al.* , 1990).

- L'homme marque l'ensemble du paysage par des limites tranchées qui persistent après que la végétation ait atteint un nouvel équilibre. Les limites des anciens champs se superposent à celles, souvent plus progressives, du milieu physique. L'aspect de mosaïque de la carte de la végétation est une bonne illustration de la complexité du paysage qui en est la conséquence.

CONCLUSION

Notre démarche a consisté à analyser les associations entre les caractères élémentaires du milieu. Elle montre que 53% de la variabilité de ces associations sont expliqués par trois contraintes : l'excès d'eau, les contraintes édaphiques et la pression anthropique. Des regroupements effectués sur la base de la présence ou de l'absence de ces contraintes permettent :

- de fournir un document cartographique synthétique qui peut servir de nouvelle base de travail à d'autres études de ce milieu.
- de poser des questions méthodologiques relatives à la cartographie à grande échelle.

Ce travail illustre une des nombreuses démarches rendues possibles par la diffusion des Systèmes d'Information Géographiques, outil dont il a été peu question au cours de cet article, mais sans lequel ce travail n'aurait pu être réalisé.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier la chaire de Sciences du Sol de l'INRA de Montpellier, et le Centre Universitaire Sud de Calcul pour avoir mis à sa disposition le logiciel ARC/INFO.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Boa (D.), Fritsch (E.),** 1988. Cartes de profondeur d'apparition du gravillonnement et de l'induration sur le bassin versant de Booro-Borotou. ORSTOM, Adiopodoumé, 2 cartes à 1/2.500.
- Boulet (R.), Chauvel (A.), Humbel (F.-X.), Lucas (Y.),** 1982. Analyse structurale et cartographie en pédologie. I - Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique : les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 19(4), 309-322.
- Bruand (A.), Braudeau (E.), Fritsch (E.),** 1990. Evolution de la géométrie de l'espace poral des sols lors du passage du domaine ferrallitique au domaine ferrugineux et hydromorphe : Exemple du bassin de Booro Borotou (Côte d'Ivoire) Cet ouvrage.
- Chevallier (P.),** 1988. Complexité hydrologique du petit bassin versant. Exemple en savane humide, Booro-Borotou (Côte d'Ivoire). *Thèse, Univ. Montpellier*, 331 p.

- Eschenbrenner (V.)**, 1988. Les glébules des sols de Côte d'Ivoire. Nature et origine en milieu ferrallitique. Modalité de leur concentration. Rôle des termites. *Thèse de Doctorat es Sci.*. ORSTOM, T.D.M. n°39.
- Lebart (L.), Morineau (A.), Tabard (N.)**, 1977. Techniques de la description statistique ; méthodes et logiciels pour l'analyse des grands tableaux. Dunod, Bordas, Paris, 351p.
- Mitja (D.)**, 1990.. Reconstitution de la végétation d'un petit bassin versant de savane préforestière après culture sur brûlis. Relations eau-sol-plantes (Booro-Borotou, Côte-d'Ivoire). *Thèse de doctorat*, Université de Paris VI.
- Mitja (D.), Valentin (C.)**, 1990. La couverture végétale : interactions avec la couverture pédologique et les réorganisations superficielles. Cet ouvrage.
- Noirot (M.), Desjardin (J.), Mullon (C.), Savy (L.)**, 1987. NDMS. Logiciel d'exploitation des données à l'usage des biologistes. ORSTOM, Paris.
- Planchon (O.)**, 1989. Le relief, les paysages et les formes d'érosion linéaire : leur importance dans le fonctionnement d'un petit bassin versant (Booro-Borotou - Côte-d'Ivoire). *Thèse de Doctorat*, Univ. Montpellier.