



HAL
open science

État des ressources pastorales dans une terre d'accueil et de transit des pasteurs transhumants: le terroir de Kotchari (sud-est du Burkina Faso)

Issa Sawadogo, Jean-Louis Devineau, Anne Fournier

► To cite this version:

Issa Sawadogo, Jean-Louis Devineau, Anne Fournier. État des ressources pastorales dans une terre d'accueil et de transit des pasteurs transhumants: le terroir de Kotchari (sud-est du Burkina Faso). *Revue d'Écologie*, 2012, 67 (2), pp.157-178. hal-03530549

HAL Id: hal-03530549

<https://hal.science/hal-03530549>

Submitted on 17 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTAT DES RESSOURCES PASTORALES DANS UNE TERRE D'ACCUEIL ET DE TRANSIT DES PASTEURS TRANSHUMANTS : LE TERROIR DE KOTCHARI (SUD-EST DU BURKINA FASO)

Issa SAWADOGO^{1,2}, Jean-Louis DEVINEAU³ & Anne FOURNIER²

SUMMARY.— *The condition of pastoral resources of a land of reception and transit for transhumant herders: the Kotchari territory (Southeastern Burkina Faso).*— Kotchari pasturelands, which include a portion of the W National Park, were characterized by three complementary methods: an analysis of a colour composition of an Aster image, a floristical analysis and a pastoral survey. Nine pastoral landscape units with diverse tree cover were described, they include ten agrostological groups. The landscape units located outside the protected area, especially on thin to fairly deep soils, show the highest density in ligneous species and the highest herbaceous richness as well as the least dominance between species. Conversely, herbaceous phytomass and ligneous cover are higher in the protected area, particularly on the deep hydromorphic soils units. In addition, these units are more or less heterogeneous, some containing several agrostological groups. In general, the pasture lands located outside the protected area tend to be the most degraded: in some of them there is a regeneration of trees and a decrease of perennial herbaceous species. In all, although the phytomass is rather abundant and the pastoral values are acceptable in most units, those located outside the W park appear not very interesting in terms of pastoral use. Their ability to produce herbaceous regrowth after vegetation fires is low, the landscape is highly fragmented and the access to some units is not possible all year long. The pastoral status of the pastoral units inside the protected area, which have the highest phytomasses and the best pastoral values, is clearly much better. The strong interest of transhumant herders in this region seems guided on the one hand by the quality and availability of forage that is better at the end of the dry season than in their home grazing territory, and on the other hand by the opportunity of illegal use of pastoral resources in protected areas.

RÉSUMÉ.— Les pâturages du terroir de Kotchari, qui incluent une portion du Parc national du W, ont été caractérisés par trois méthodes complémentaires : une analyse en composition colorée d'une image satellitaire Aster, une analyse floristique et une enquête pastorale. Neuf unités paysagères pastorales plus ou moins densément boisées qui comprennent dix groupements agrostologiques ont été décrites. Celles situées à l'extérieur de l'aire protégée présentent la densité en ligneux la plus élevée et la strate herbacée la plus riche en espèces avec la dominance entre espèces la moins marquée, surtout sur les sols minces à moyennement profonds. La phytomasse herbacée sur pied et le recouvrement ligneux apparaissent en revanche plus élevés dans l'aire protégée, notamment dans les unités sur sols profonds hydromorphes. Par ailleurs, ces unités sont plus ou moins hétérogènes, certaines renfermant plusieurs groupements agrostologiques. De manière générale, il y a une tendance à la dégradation des pâturages dans les unités situées en dehors de l'aire protégée : certaines d'entre elles présentent un début d'emboisement et les herbacées pérennes y sont en diminution. Au total, malgré une phytomasse globalement satisfaisante et des valeurs pastorales acceptables, la plupart des unités situées hors du parc W apparaissent peu intéressantes au plan pastoral. Leur potentiel en repousses herbacées après les feux est faible, les milieux sont fortement fragmentés et il est impossible d'accéder à certaines d'entre elles toute l'année. Le statut pastoral des unités pastorales à l'intérieur de l'aire protégée, qui ont les plus fortes phytomasses et les meilleures valeurs pastorales, est

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles de l'Est-Kouaré, BP. 208, Fada N'Gourma, Burkina Faso. E-mail : sawissa2001@yahoo.fr / issa.sawadogo@ird.fr

² Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR 208 – MNHN/IRD. 57 rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05, France. E-mail : anne.fournier@ird.fr

³ CNRS, UMR 7206. 57 rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05, France. E-mail : jldevineau@yahoo.fr

clairement bien meilleur. Le fort attrait des transhumants pour ce terroir semble s'expliquer par une production fourragère meilleure et plus disponible en fin de saison sèche que dans les territoires d'attache d'une part, par l'usage possible des ressources interdites des aires protégées d'autre part.

La péjoration du climat en cours depuis les années soixante-dix dans les zones sahéliennes et soudanaises de l'Afrique au Sud du Sahara a profondément marqué les systèmes de vie des populations, notamment des peuples pasteurs (Wittig *et al.*, 2007). Si la transhumance caractérise depuis toujours les systèmes de production de ces sociétés, sa forme et ses manifestations s'en trouvent bouleversées. Les pasteurs investissent de nouveaux territoires dans des zones considérées comme plus clémentes qui, dans un passé récent, étaient encore peu utilisées et bien pourvues en ressources fourragères (Boutrais, 2007).

L'est du Burkina Faso, en particulier la province de la Tapoa demeure ainsi une destination privilégiée pour les pasteurs sahéliens venant du nord du pays et du Niger (Paris, 2002). Les éleveurs y sont attirés par une disponibilité en ressources naturelles meilleure que dans leurs régions d'origine (Savadogo, 2004), mais cette contrée représente aussi une zone de passage pour les pasteurs en transit vers le Togo et surtout le Bénin. Toutain *et al.* (2001), Paris (2002), Fournier & Toutain (2007) et Kaboré (2010) estiment en outre que la possibilité de pénétration illégale dans le Parc du W expliquerait aussi la préférence des pasteurs en transit ou en accueil saisonnier pour certaines zones de la province de la Tapoa. Le terroir de Kotchari est l'une de ces destinations privilégiées.

Avec une nouvelle extension de la culture du coton depuis 1997, la disponibilité des ressources naturelles diminue et les pasteurs, qu'ils soient locaux ou allochtones, ne trouvent plus la quiétude d'antan, le problème est particulièrement aigu pour les transhumants (Hahn-Hadjali *et al.*, 2006). La concurrence pour l'espace devient plus vive du fait de l'augmentation de la densité de population, mais aussi du fait d'un affaiblissement du tissu social, la gestion des unités de production s'étant individualisée (Savadogo, 2004). Le phénomène s'aggrave encore avec l'intérêt croissant des autochtones, autrefois surtout agriculteurs, pour l'élevage. On peut s'interroger sur la capacité des milieux naturels à supporter durablement des charges sans cesse croissantes dans des destinations comme Kotchari : de fortes concentrations animales y sont déjà enregistrées et la sécurité de l'élevage et des groupes pastoraux n'y semble pas assurée dans l'avenir. Pour mieux comprendre les raisons de l'afflux particulièrement marqué des éleveurs dans cette localité, un état des lieux des ressources fourragères était nécessaire. En effet, alors que les éleveurs semblent justifier leur préférence pour ce terroir précis par la qualité et la disponibilité des parcours, on ne dispose que de données générales sur l'ensemble de la province de la Tapoa.

L'objectif de l'article est de fournir une typologie des différentes unités pastorales du terroir de Kotchari et d'évaluer leur état écologique et leurs potentialités pastorales ; la partie contigüe du parc W, elle aussi utilisée par les pasteurs, est incluse dans la zone d'étude.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été menée entre 11,68° et 11,95° de latitude nord et 1,87° et 2,03° de longitude est dans le terroir de Kotchari (Fig. 1) qui fait partie de la commune rurale de Tansarga située dans la partie méridionale de la province de la Tapoa. Le terroir est adossé à la réserve de biosphère transfrontalière du W (10 000 km²), la plus vaste des aires protégées de la zone, avec laquelle il partage une trentaine de kilomètres de frontière. Nous entendons par terroir la zone hors de l'aire protégée qui est considérée comme telle par les villageois (une partie du terroir d'origine a été incluse dans le Parc lors de son classement) ; sa superficie - environ 350 km² - a été estimée avec leur aide.

Au plan phytogéographique, le terroir correspond à une transition entre la zone nord-soudanienne et le district de la Pendjari qui relève de la zone sud-soudanienne (Fontes & Guinko, 1995). La végétation y est un ensemble de savanes dont la physionomie varie en fonction de la géomorphologie, de la nature physicochimique des sols et de l'intensité des activités

humaines (Mbaygone *et al.*, 2008). Les savanes arborées et surtout arbustives sont les plus répandues et les espèces ligneuses y sont en majorité des *Combretaceae*. Dans les endroits les plus anthropisés, on observe des savanes herbeuses, tandis que le long des cours d'eau subsistent des formations de forêts sèches à *Anogeissus leiocarpa*, qui se présentent sous forme d'îlots de boisement dense ou de bandes étroites de forêts claires (Traore, 2008 ; Ouédraogo, 2008).

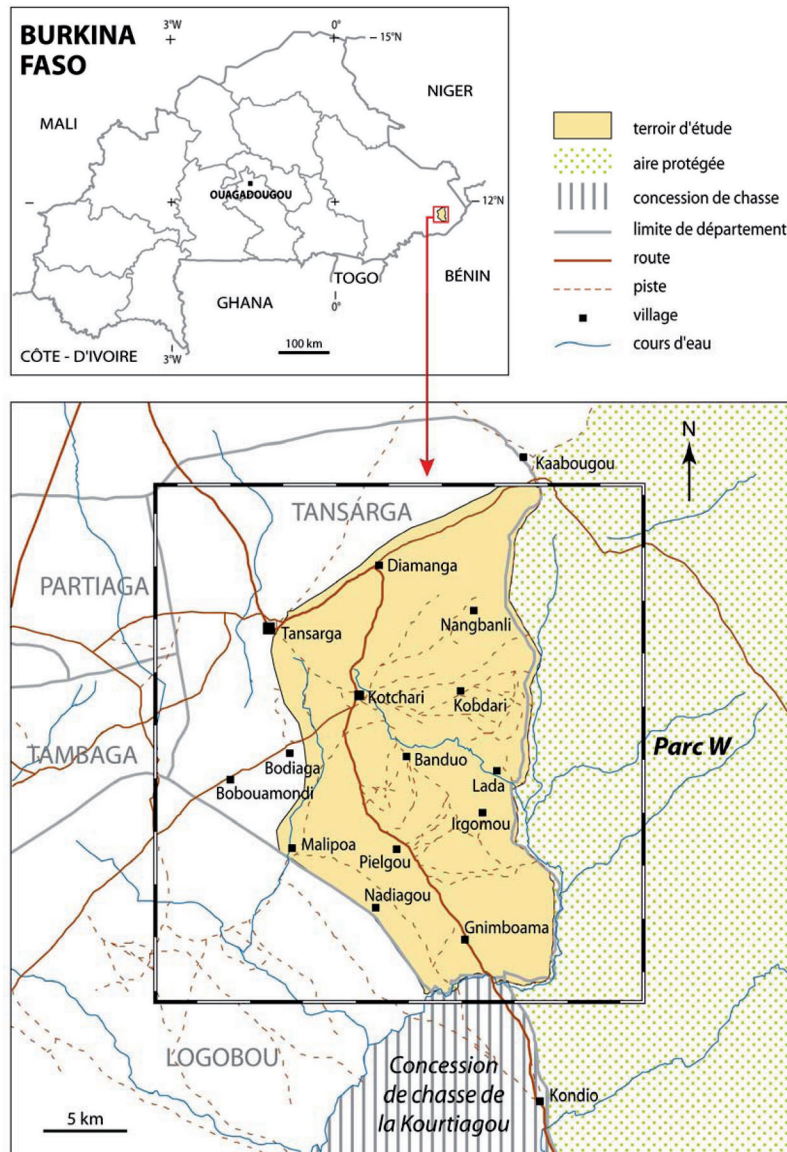


Figure 1.— Localisation du terroir de Kotchari au Burkina Faso.

Le climat de type nord-soudanien se caractérise par une pluviosité moyenne annuelle de 652,8 mm (période 1997 à 2008) (Direction de la Météorologie Nationale, 2009) et par une grande variabilité de durée de la courte saison pluvieuse (3 à 5 mois de juin à octobre) et de la longue saison sèche (7 à 9 mois de novembre à mai). Cette saison sèche elle-même comprend une saison sèche froide (novembre-mars) et une saison sèche chaude (avril- mai).

Dans le terroir les sols sont surtout de type ferrugineux tropical lessivé induré peu profond (56 %), mais le type lessivé à taches et concrétions (18 %) et les lithosols sur cuirasse ou sur roche (17 %) sont également présents (Bureau National des Sols, 2007). On rencontre enfin des sols hydromorphes peu humifères à pseudogley de surface profonds (7 %) dans les plaines, bas-fonds et vallons colluviaux et des sols bruns eutrophes (2 %) bien localisés.

La population du terroir est estimée à 19 806 habitants après ajustement des données du recensement administratif de 2004 (taux d'ajustement annuel : 4,6 %), ce qui correspond à une densité humaine de 56,45 / km². Des autochtones gourmantchés, des Peuls sédentaires et migrants et quelques Djermas forment l'essentiel de ce peuplement. À l'origine, les Gourmantchés étaient essentiellement agriculteurs, et même céréaliculteurs, mais de nos jours ils sont devenus agro-éleveurs. Alors que, le coton aidant, les Gourmantchés mettent en place des effectifs importants de bétail, les autres groupes diversifient aussi leur système de production : ainsi les Peuls se sont mis à l'agriculture pour minimiser les risques et augmenter leurs revenus.

Nos observations de terrain indiquent que l'espace pastoral du terroir, tant dans l'aire protégée voisine qu'en dehors de celle-ci, est soumis à une forte pression anthropique de nature et d'intensité variables selon le type de milieu. L'action du bétail est prépondérante en toute saison sur les buttes rocheuses, les cuirasses, les plateaux à sol squelettique et les hauts glacis. Excepté les buttes rocheuses ces milieux sont surtout des jachères de différents âges. L'activité agricole se concentre sur les moyens et bas glacis et les plateaux où le sol, moyennement profond, correspond au type ferrugineux lessivé induré avec une texture sablo-limoneuse à limono-sableuse en surface. Les bas-fonds et plaines non inondables à sol profond hydromorphe à pseudogley de surface sont également exploités par la culture des céréales, notamment du sorgho et parfois du riz. Dans les aires protégées voisines (parc W et concession de chasse de la Kourtiagou), des feux de végétation - de gestion et préventifs - sont généralement allumés en octobre. Aux alentours, ces feux sont moins étendus et se localisent surtout sur les plateaux à sols peu profonds et dans les plaines inondables à sols profonds hydromorphes. En saison des pluies, ces dernières, qui sont inaptes à l'agriculture et évitées par les animaux du fait des risques d'embourbement, sont peu utilisées. La partie du parc W considérée dans notre étude est proche de la périphérie et présente des marques d'anthropisation (sentiers, divers prélèvements, fèces et traces d'animaux, etc.).

CARACTÉRISATION DES UNITÉS PAYSAGÈRES

Pour définir puis caractériser les unités paysagères pastorales (UPP *sensu* DeWispelaere & Waksman, 1977) et produire ainsi une carte des pâturages du terroir, trois approches complémentaires ont été mises en œuvre :

- l'analyse d'une image satellitaire ;
- une analyse phytocécologique au sol ;
- une évaluation de la valeur pastorale fondée sur l'appréciation des pasteurs.

Approche des unités paysagères pastorales par la télédétection

Une classification en différents types de pâturages a été faite grâce à une image Aster acquise le 10 octobre 2006. Les images Aster ont une résolution spatiale de 15 m dans le domaine du visible et proche infra rouge, qui est bien adaptée à une étude phytocécologique de la végétation comme à l'étude de l'occupation des sols dans un territoire à petit parcellaire.

Comme notre connaissance du terrain nous permettait de bien différencier les différents thèmes d'occupation du paysage, nous avons opté pour une interprétation visuelle d'une composition colorée de l'image Aster. L'exploitation visuelle d'une composition colorée permet une interprétation globale des paysages et l'accès rapide à des informations d'ordre spectral, structural et textural, dont l'intégration avec des méthodes numériques serait complexe (De Wispelaere & Waksman, 1977). Elle permet en particulier de repérer par leurs formes les zones de champs et de jachères, dont les signatures spectrales se différencient souvent mal de celles des milieux savaniques environnants (Devineau *et al.*, 1997).

La composition colorée a été établie en mode fausses couleurs avec les bandes spectrales du visible et proche infrarouge (VNIR), les bandes 1 (0,52-0,60 µm) (coloré en bleu), 2 (0,63-0,69 µm) (coloré en vert) et 3 (0,76-0,86 µm) (coloré en rouge). L'interprétation s'est fondée sur les couleurs rendues par chaque surface ou thème au sol (Tab. I). Les formations végétales apparaissent dans divers tons de rouge ; le rouge vif correspond à la végétation naturelle notamment aux savanes arbustives à arborées ou les forêts claires (activité photosynthétique élevée entraînant une forte réflectance dans le proche infrarouge) et le rouge clair correspond aux savanes herbeuses et aux cultures (activité photosynthétique faible à moyenne compte tenu de la période). Les sols nus se traduisent par des teintes blanches à grises, les cuirasses et les buttes rocheuses par du bleu et l'eau libre apparaît en noir.

TABLEAU I

Expression colorée des différents thèmes du paysage dans l'image ASTER en composition colorée, infrarouge fausse couleur utilisée pour définir les unités paysagères pastorales du terroir de Kotchari

Bande spectrale (capteur)	Couleur sur l'écran	Longueur d'onde (µm)	Couleur rendue par thème				
			Sol nu	Eau	Cuirasse et butte	Cultures	Végétation naturelle
Vert	Bleu	0,520 - 0,600					
Rouge	Vert	0,630 - 0,690	Blanc à gris	Noir	Bleu	Rouge-clair	Rouge-vif
Proche Infrarouge	Rouge	0,760 - 0,860					

En octobre, mois d'acquisition de l'image, les cultures sont toutes au stade de l'épiaison avec un feuillage dont le vert commence à diminuer d'intensité ; la strate herbacée des zones non cultivées, dominée par les annuelles, a également déjà bien entamé son dessèchement. Ainsi dans la composition colorée, les zones de culture et de savane herbeuse dont l'activité photosynthétique est en forte baisse apparaissent moins rouges que des formations plus fermées où la strate ligneuse est encore très verte bien que la chute des feuilles soit déjà amorcée (Mahamane *et al.*, 2007).

Les unités paysagères pastorales ainsi définies ont été ensuite rapprochées d'une base de données produite en 2007 par le Bureau National des Sols pour la caractérisation des sols.

L'analyse d'image satellitaire a été faite par le logiciel ENVI 4.0 et les sorties cartographiques ont été effectuées dans le logiciel MapInfo 8.1.

Analyse phytoécologique par relevés au sol

Le but de l'analyse phytoécologique était d'établir une typologie des pâturages du terroir de Kotchari en validant les unités paysagères issues de l'analyse d'image, mais aussi en caractérisant leur végétation et leur valeur pastorale. Cette analyse s'est fondée sur des relevés phytoécologiques effectués sur le terroir de Kotchari et dans la partie adjacente du Parc du W dont l'usage par les pasteurs est avéré. L'échantillonnage a visé à rendre compte de la diversité végétale présente dans chacun de ces deux espaces. Au total 45 relevés (21 dans l'aire protégée et 24 en dehors) ont été faits sur des placeaux de végétation le plus homogène possible.

Les relevés ont consisté en un inventaire de la végétation herbacée et ligneuse ainsi qu'en observations sur la nature des sols et la topographie du milieu. La superficie des placeaux, 2500 m² (50 m x 50 m), était conforme aux surfaces généralement utilisées par les auteurs qui travaillent en zone soudanienne (Hiernaux, 1975 ; Hahn-Hadjali, 1998 ; Devineau, 2005).

La composition et la structure spécifique de la strate herbacée ont été étudiées par la méthode des points quadrats (Daget & Poissonet, 1971) au moment du maximum de phytomasse (octobre dans cette région). Dans chaque placeau, des lectures en présence-absence des espèces ont été faites à l'aide d'une tige métallique (Boudet, 1991) tous les 20 cm sur quatre lignes de 20 m disposées parallèlement tous les 10 m, ce qui a fourni 400 points de lecture.

Sur chaque placeau la phytomasse herbacée a été évaluée par la méthode de la récolte intégrale (Boudet, 1991) sur 30 placettes de 1 m² (1m x 1m), effectif qui permet d'atteindre un taux de précision d'environ 20 % (Levang, 1978). Les placettes ont été disposées tous les 5 m sur 5 lignes parallèles espacées de 10 m. Les prélèvements par fauchage à 2 cm du sol ont été effectués début octobre, période où la phytomasse est maximale. La précision (P) des mesures a été déterminée selon la formule de Daget et Poissonet (1971) :

$$P(\%) = \frac{t\sigma}{x\sqrt{N}} \times 100$$

Avec

t, coefficient de Student (P = 0,5),

σ, écart-type,

x, poids moyen par placette d'1 mètre carré,

N, nombre de placettes par placeau.

La structure de la strate ligneuse (arbres, arbustes et sous-arbustes) a été analysée par recensement exhaustif sur les placeaux pour permettre un calcul de densité (nombre de pieds par hectare). Le recouvrement ligneux (R) a été évalué par la méthode de l'interception linéaire (Canfield, 1941) sur 3 lignes parallèles de 50 m de long espacées de 20 m par placeau. Le calcul a été fait selon la formule suivante :

$$R(\%) = \frac{\sum Dh}{L} \times 100$$

Dh, projection du houppier sur la ligne au sol,

L, longueur de la ligne.

Enquêtes sur la qualité des espèces fourragères

La qualité des espèces fourragères herbacées a été évaluée au cours d'un entretien de groupe avec des éleveurs expérimentés ou responsables d'organisations d'éleveurs ; le résultat reflète la finesse d'analyse de ces personnes reconnues comme des spécialistes par leur communauté. Après que le nombre de classes d'indice de qualité spécifique à prendre en compte ait été déterminé, les espèces herbacées fourragères ont été rangées dans chacune de ces classes en fonction de leur niveau d'appétence par les bovins. En général 3 à 6 classes de l'indice de qualité peuvent être établies (César & Coulibaly, 1993 ; Daget & Godron, 1995) ; les connaissances des éleveurs de Kotchari ont permis d'en définir 5 (Tab. II).

ANALYSE DES DONNÉES

Constitution et caractérisation des groupements agrostologiques, lien avec les unités pastorales paysagères

Bien qu'il soit courant de caractériser les formations végétales en s'appuyant en priorité sur la strate ligneuse, nous avons concentré notre analyse sur la strate herbacée qui constitue l'aliment principal du bétail et qui, par ailleurs, apparaît mieux révéler les perturbations anthropiques récentes que les ligneux (César, 1992).

TABLEAU II

Classes de qualité fourragère des espèces établies avec les éleveurs de Kotchari

Classe d'indice de qualité spécifique	Appréciation de la qualité fourragère	Niveau d'appétence par les bovins
0	Nulle	Habituellement non appété
1	Faible	Habituellement peu appété
2	Moyenne	Habituellement moyennement appété
3	Bonne	Habituellement bien appété
4	Très bonne	Habituellement très bien appété

La typologie proposée se fonde donc uniquement sur la strate herbacée. La présence des ligneux, qui constituent une ressource complémentaire pour le bétail, n'est prise en compte qu'ensuite pour expliquer certains traits de la strate herbacée.

Les groupements agrostologiques ont été constitués par classification ascendante hiérarchique agrégative des relevés floristiques à l'aide du logiciel XlStat version 2010 4.03. C'est l'indice de similitude de Jaccard (J) sur des données de présence-absence des espèces dans les relevés qui a été utilisé pour construire le dendrogramme.

Les herbacées caractéristiques des groupements ont été recherchées par la méthode d'évaluation de la valeur indicatrice des espèces (IndVal) de Dufrene & Legendre (1997). Cette méthode se fonde sur la fidélité des espèces (présence dans un seul des groupements agrostologiques) et leur constance (présence dans la plupart des relevés de ce groupement). Pour chaque espèce (j) et chaque groupement agrostologique (k), l'indice se calcule comme suit :

$$IndVal_{Groupe\ k, Espèce\ j} = 100 \times A_{k,j} \times B_{k,j} \text{ avec :}$$

$A_{k,j}$, fidélité de l'espèce = NE_{kj}/NE_j (moyenne de la contribution de l'espèce j dans le groupe k / somme des moyennes des contributions de l'espèce dans tous les groupes),

$B_{k,j}$, constance de l'espèce = NR_{kj}/NR_k (nombre de sites du groupe k dans lesquels l'espèce j est présente / total des sites du groupe k),

$$IndVal_{Espèce\ j} = \max(IndVal_{k,j}).$$

Seules ont été prises en compte les espèces herbacées dont la contribution spécifique moyenne était supérieure ou égale à 4 % dans au moins l'un des groupements agrostologiques. L'espèce végétale a été estimée caractéristique d'un groupement agrostologique quand sa valeur indicatrice y était maximale ($IndVal_{max}$), mais ceci seulement si son lien avec ce groupement était statistiquement significatif ($p \leq 0,05$).

À partir de là il a été possible d'évaluer l'homogénéité floristique des unités pastorales paysagères par l'examen des groupements agrostologiques qu'elles contiennent. Une telle évaluation devait cependant être complétée en y intégrant la strate ligneuse. Pour déterminer les principales espèces des peuplements ligneux des unités paysagères pastorales, seules les quatre espèces les plus abondantes de chaque relevé ont été retenues. Les abondances moyennes de ces espèces ont ensuite été comparées entre unités paysagères. Ont alors été considérées seulement les espèces dont les moyennes étaient significativement les plus élevées.

Les effectifs des groupes à comparer étant faibles, les comparaisons de moyennes ont été effectuées grâce à une ANOVA non paramétrique de Kruskal-Wallis (Scherrer, 2007) suivi d'un test post-hoc de comparaison multiple de Dunn-Bonferroni dans le logiciel XlStat.

La diversité spécifique des espèces herbacées

L'analyse de la diversité spécifique de la végétation herbacée des différentes unités paysagères pastorales a été faite en prenant en compte les trois niveaux α , β et γ .

* La diversité intra-placeau ou diversité α

La richesse spécifique (S) et l'équitabilité (E) (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974) ont été calculées pour chaque placeau. Dans une optique pastorale, la dominance des espèces est une donnée importante pour évaluer le disponible fourrager. E est maximale quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement, minimale quand une seule espèce domine tout le peuplement. Insensible à la richesse spécifique, E est très utile pour comparer les dominances d'espèces entre stations.

L'équitabilité (E) a été calculée à l'aide du logiciel PAST (PAleontological STatistics) version 2.03 (Hammer & al. 2001) selon la formule de Pielou (1966).

$$E = \frac{H'}{H' \max} \quad (0 \leq E \leq 1), \text{ avec}$$

$$H', \text{ entropie de Shannon ; } H' = - \sum (Pi \log_2 Pi),$$

$$H' \max = \log_2 N ; N, \text{ nombre total d'individus,}$$

$$Pi, \text{ contribution spécifique de chaque espèce au recouvrement } (0 \leq Pi \leq 1),$$

$$\log_2, \text{ logarithme à base 2.}$$

* *La diversité inter-placeaux ou diversité β*

La diversité β de chaque unité pastorale paysagère a été évaluée à l'aide de l'indice de similitude de Jaccard (J) (Jaccard, 1901) qui exprime le rapport entre le nombre d'espèces communes et le nombre total des espèces pour les placeaux pris deux à deux :

$$J = \frac{c}{a + b + c}$$

a = nombre d'espèces propres au premier plateau,
b = nombre d'espèces propres au deuxième plateau,
c = nombre d'espèces communes aux deux plateaux.
 J a été calculé par le logiciel *PAST*.

* *La richesse spécifique totale ou diversité γ*

Le recensement de l'ensemble des espèces herbacées rencontrées dans les relevés ne peut donner qu'une idée par défaut des espèces effectivement présentes dans le terroir de Kotchari : en effet moins l'effort d'échantillonnage est important, plus la liste obtenue est incomplète. C'est pourquoi, vu le faible nombre de relevés (3) dans certaines unités paysagères (Tab. III), la diversité γ n'a pas été calculée pour chacune, mais globalement pour les deux grandes unités que constituent l'intérieur et l'extérieur du parc W. Il est possible de simuler la richesse réelle du milieu par des méthodes d'extrapolation de la courbe aire-espèce - ou courbe d'accumulation des espèces et des relevés- et des coefficients de variation. De tels estimateurs de richesse sont fondés sur l'idée que l'information sur les espèces manquantes est donnée par les espèces rares. Pour cette simulation, nous avons eu recours à la méthode de Chao (1984) mise en œuvre dans le logiciel EstimateS 7.5 (Colwell, 2004).

TABLEAU III

Unités paysagères reconnues dans le terroir de Kotchari (hors Parc du W)

Nom	Topographie et sol	Superficie (km ²)	% du terroir
UPP1	Bas-fonds sur sol hydromorphe à pseudogley de surface	80,10	22,90
UPP2	Plaine inondable sur sol hydromorphe à pseudogley de surface	28,53	8,20
UPP3	Bas et moyen glacis sur sols ferrugineux lessivés indurés à taches et concrétions	39,95	11,40
UPP4	Haut glacis et plateaux sur sols ferrugineux lessivés indurés	42,73	12,20
UPP5	Mosaïque agroforestière sur sols ferrugineux lessivés indurés	93,59	26,80
UPP6	Buttes et cuirasses	64,82	18,50

La phytomasse herbacée

Les 30 échantillons collectés sur chaque plateau au moment de la phytomasse maximale ont immédiatement été pesés (peson de 7 kg de portée) pour en déterminer le poids de matière fraîche. Le poids moyen de matière sèche a ensuite été déterminé par calcul, après évaluation de la teneur en eau de 3 échantillons de 500 g par plateau, séchés à l'étuve à 65 °C pendant 48 heures (Akpo & Grouzis, 2004). Les résultats sont exprimés en tonnes de matière sèche par hectare (tMS/ha).

La valeur pastorale des unités paysagères pastorales

Pour déterminer la valeur pastorale des différents pâturages, seules les espèces dites productives (Daget & Poissonet, 1971) ou structurantes, c'est-à-dire celles dont la contribution spécifique était supérieure ou égale à 5 %, ont été prises en compte (Kièma, 2007).

La valeur pastorale (VP) est une évaluation globale de la qualité fourragère des parcours (Daget & Poissonet, 1971). Elle intègre à la fois l'abondance des espèces (contribution spécifique CS_i) et leurs qualités nutritionnelles (indice de qualité spécifique IS_i). Couramment utilisée pour comparer les différents herbages consommés par les bovins (Daget, 2004), elle se détermine selon la formule suivante :

$$VP = \frac{1}{k} \times \sum (CS_i \times IS_i)$$
 avec

k , plus fort indice de l'échelle,

IS_i , indice de qualité spécifique ou coefficient de valeur de l'espèce i ,

CS_i , contribution spécifique de l'espèce i , égale à $\frac{FS_i}{\sum_{i=1}^n FS_i} \times 100$

FS_i , fréquence de l'espèce i ; n , nombre d'espèces sur la ligne.

RÉSULTATS

LES UNITÉS PASTORALES PAYSAGÈRES

Il n'existait pas de carte de végétation pour la partie du terroir située en dehors de l'aire protégée, celle-ci a été étudiée uniquement par analyse de l'image ASTER. Pour la partie du terroir située dans l'aire protégée, nous nous sommes appuyés sur une carte de végétation de l'ensemble du parc du W établie par le programme régional ECOPAS (Ecosystèmes protégés en Afrique soudano-sahélienne) à partir de huit scènes Landsat ETM7 acquises entre le 31 octobre 1999 et le 19 mai 2000 (Arbonnier *et al.*, 2002) ; cette carte comporte certaines zones non classées (brûlées).

Six unités paysagères (UPP) ont été reconnues en dehors de l'aire protégée, (Tab. III et Fig. 2). Les unités 1 (bas-fonds) et 5 (mosaïque agroforestière constituée de champs cultivés sous parc arboré et de jachères de différents âges) sont les plus étendues, elles couvrent chacune environ un quart de la superficie du terroir. Ensuite vient l'unité 6 de buttes et cuirasses représentée essentiellement par la chaîne du Gobnangou.

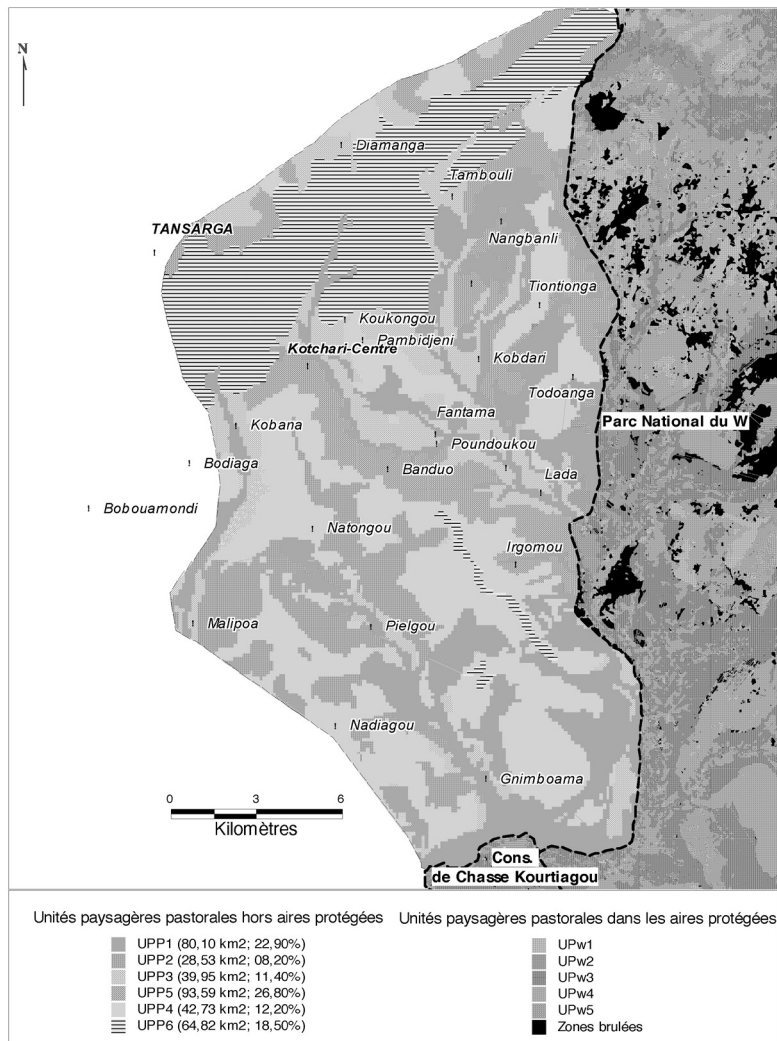


Figure 2.— Carte des unités paysagères pastorales du terroir de Kotchari.

La classification de la partie du terroir située dans le Parc du W a été faite en se basant sur les unités que nous venons de définir dans la périphérie du Parc et sur la carte ECOPAS. Parmi les 8 unités originelles de cette carte, les formations de savane arbustive claire à herbacées annuelles et de savanes arbustives à annuelles ont tout d'abord été regroupées les zones brûlées étant ignorées, pour définir 5 unités paysagères pastorales dans le parc du W (UPw) (Tab. IV et Fig. 2).

Le rapprochement des deux classifications paysagères, étayé par les observations au sol notamment lors des relevés, a permis de mettre en évidence des concordances (Tab. V).

LES GROUPEMENTS AGROSTOLOGIQUES

La classification hiérarchique a permis d'isoler 6 grands ensembles à l'intérieur desquels le degré de similitude entre relevés est supérieur à 0,5. Cependant, l'examen de ces ensembles, en particulier l'analyse de la valeur de l'indice IndVal à chacun des niveaux du dendrogramme, conduit à en scinder certains et à reconnaître 10 groupements agrostologiques au total (Fig. 3).

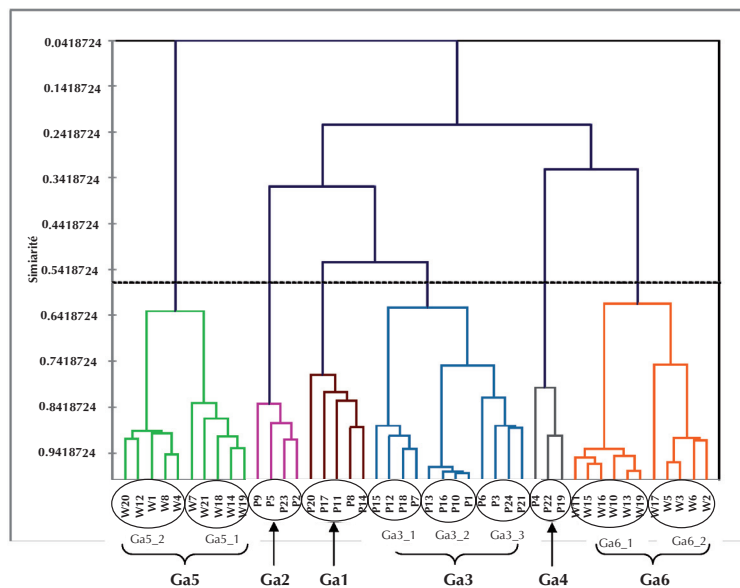


Figure 3.— Dendrogramme des groupes agrostologiques des pâturages de Kotchari.

- Ga1 : Groupement à *Oryza longistaminata*, *Echinochloa stagnina* et *Echinochloa colona* ;
- Ga2 : Groupement à *Sorghastrum bipennatum*, *Abildgaardia hispidula*, *Microchloa indica* et *Kyllinga pumila* ;
- Ga3_1 : Groupement à *Brachiaria jubata*, *Sporobolus pyramidalis* et *Melochia corchorifolia* ;
- Ga3_2 : Groupement à *Andropogon pseudapricus* et *Schizachyrium exile* ;
- Ga3_3 : Groupement à *Digitaria debilis*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Setaria pallide-fusca* ;
- Ga4 : Groupement à *Eragrostis tremula* et *Eragrostis tenella* ;
- Ga5_1 : Groupement à *Schizachyrium sanguineum*, *Hyparrhenia subplumosa*, *Hyparrhenia smithiana* et *Andropogon gayanus* ;
- Ga5_2 : Groupement à *Andropogon chinensis* et *Diheteropogon amplexens* ;
- Ga6_1 : Groupement à *Loudetia simplex* et *Loudetia togoensis* ;
- Ga6_2 : Groupement à *Aristida funiculata*, *Aristida adscensionis* et *Andropogon tectorum*.

CARACTÉRISTIQUES DES UNITÉS PAYSAGÈRES PASTORALES

Pour évaluer leur qualité, les unités paysagères définies par analyse d'image ont été comparées aux groupes agrostologiques définis par analyse floristique à l'aide d'une matrice de confusion (Tab. VI). Au total, la matrice de confusion montre une bonne cohérence entre les deux typologies.

TABLEAU IV

Regroupement des unités paysagères de la carte du Parc du W établie par le programme ECOPAS (Arbonnier et al., 2002)

Nom	Description
UPw1	Affleurements rocheux et cuirasses à végétation clairsemée
UPw2	Cordon ripicole, galerie forestière et fourré
UPw3	Savane arborée et boisée dominée par les herbacées pérennes
UPw4	Savane arbustive dominée par les herbacées annuelles
UPw5	Savane herbeuse, prairie hydromorphe, végétation aquatique

TABLEAU V

Correspondances entre unités de paysages définies dans la périphérie et dans le Parc du W

UPP périphérie du Parc (1)	UPw d'après carte de ECOPAS (2)	Commentaire
UPP1 et UPP2	UPw2, UPw3 et UPw5	Parties les plus basses du terroir, sols généralement argileux à argilo-limoneux hydromorphes et profonds
UPP3 et UPP4	UPw4	Sols peu à moyennement profonds
UPP6	UPw1	Sols les plus superficiels (buttes et cuirasses)

(1) Cette étude (voir Tab. III)

(2) Arbonnier *et al.* (2002)

TABLEAU VI

Matrice de confusion entre unités paysagères et groupement agrostologiques

Groupements agrostologiques	Unités paysagères									Total
	Dans l'aire protégée			En dehors de l'aire protégée						
	UPw 1	UPw 3	UPw 4	UPP1	UPP2	UPP3	UPP4	UPP5	UPP6	
Ga1				5						5
Ga2					4					4
Ga3_1						3			1	4
Ga3_2							2		2	4
Ga3_3							4			4
Ga4								3		3
Ga5_1		4	1							5
Ga5_2		2	3							5
Ga6_1			6							6
Ga6_2	3		2							5
Total	3	6	12	5	4	3	6	3	3	45

Les chiffres dans les cases correspondent au nombre de relevés dans le groupement agrostologique ou l'unité paysagère pastorale correspondante

Par ailleurs, chaque unité paysagère a été caractérisée par le recouvrement et la densité des espèces ligneuses les plus abondantes (Tab. VII).

■ L'unité paysagère UPP1 des bas-fonds sur sols hydromorphes correspond au groupement agrostologique Ga1 constitué d'espèces herbacées caractéristiques de milieux humi-

des. Les espèces ligneuses principales de cette unité sont *Mitragyna inermis* et *Anogeissus leiocarpa*.

■ L'unité paysagère UPP2 des plaines inondables sur sols hydromorphes correspond au groupement agrostologique Ga2 caractérisé également par des espèces herbacées hydrophiles. Ici, *Terminalia macroptera* et *Combretum molle* sont les espèces ligneuses dominantes.

■ L'unité paysagère UPP3 des sols ferrugineux à taches et concrétions de bas et moyens glacis correspond au groupement Ga3_1 qui se caractérise également par des espèces herbacées de milieux humides ou à inondation temporaire. Les observations au sol montrent en effet que cette unité représente des zones de transition entre milieux nettement humides ou inondés et milieux secs. Les principales espèces ligneuses sont *Terminalia mollis* et *Gardenia aquala*.

■ L'unité paysagère UPP4 de plateaux et hauts glacis sur sols peu profonds correspond aux groupements agrostologiques Ga3_3, caractérisé par des espèces adventices ou de jeunes jachères et Ga3_2 caractérisé par des espèces indicatrices de dégradation pastorale. Cette unité peut être considérée comme très anthropisée. Dans cette unité, *Vitellaria paradoxa*, *Combretum glutinosum* et *Khaya senegalensis* sont les principales espèces ligneuses.

■ L'unité paysagère UPP5, consiste en des mosaïques agroforestières dans les endroits les plus cultivés du terroir. Elle correspond au groupement agrostologique Ga4 qui est caractérisé par des adventices annuelles messicoles et par *Diospyros mespiliformis*. Les espèces ligneuses principales de cette unité sont cependant *Vitellaria paradoxa* et *Acacia gourmaensis*.

■ L'unité paysagère UPP6 des buttes et cuirasses abrite le groupement agrostologique Ga3_2, déjà présent dans l'unité paysagère UPP4. On y rencontre aussi le groupement agrostologique Ga3_1, dans les parties les plus basses où le sol peut être moyennement profond et humide. L'espèce ligneuse principale de cette unité paysagère est *Combretum micranthum*.

■ L'unité paysagère des affleurements rocheux de l'aire protégée (UPw1) correspond au groupement agrostologique Ga6_2 caractérisé par les graminées annuelles de sols superficiels. Les espèces ligneuses principales de cette unité paysagère sont *Combretum nigricans* et *Detarium microcarpum*.

■ L'unité paysagère UPw3 de savane arborée et boisée est dominée par les herbacées pérennes. Elle correspond surtout au groupe agrostologique Ga5_1 caractérisé par les graminées vivaces de sols profonds. Le groupement agrostologique Ga5_2 bien que moins bien représenté, s'y rencontre également. L'espèce ligneuse dominante ici est *Terminalia laxiflora*.

■ L'unité paysagère UPw4 de savane arbustive de l'aire protégée est dominée par des herbacées annuelles. Relativement hétérogène, elle correspond principalement au groupement agrostologique Ga6_1, mais aussi au groupement Ga5_2. Cette unité peut être vue comme une transition entre les sols profonds situés dans les bas de toposéquence (UPw3) et les sols peu profonds sur élévations (UPw1). Elle est dominée par l'espèce ligneuse *Acacia gourmaensis*.

LA DIVERSITÉ FLORISTIQUE LOCALE HERBACÉE DES UNITÉS PAYSAGÈRES PASTORALES (DIVERSITÉ A)

La richesse spécifique (S)

La richesse moyenne locale en espèces herbacées des unités paysagères est de 19 à 52 espèces (Tab. VIII). Bien que la richesse spécifique soit très variable entre relevés, on observe qu'elle est plus faible dans l'aire protégée (19 à 23) qu'en dehors de l'aire protégée (29 à 52).

En dehors de l'aire protégée, cette richesse en espèces est plus élevée sur sols moyennement ou peu profonds (UPP3, UPP4, UPP5) que sur sols profonds hydromorphes (UPP1 et UPP2). Toutefois, la richesse des buttes et cuirasses (UPP6) est relativement faible et équivalente à celle des unités sur sols profonds (UPP1 et UPP2).

Dans l'aire protégée l'unité UPw4 peut être considérée comme une unité de transition, sa richesse en espèces herbacées est plus grande que celles des unités de savane arborée et boisée à pérennes (UPw3) et des affleurements rocheux et cuirassés (UPw1).

TABLEAU VII
Espèces ligneuses dominantes (nombre de pieds.ha⁻¹) des unités paysagères pastorales du terroir de Kotchari

Espèces	UPP1	UPP2	UPP3	UPP4	UPP5	UPP6	UPw3	UPw4	UPw1
<i>Acgo</i>	132,2 ^a	258,75 ^{ab}	343,67 ^b	192,83 ^{ab}	363 ^b	330,67 ^b	214,17 ^{ab}	550,08 ^c	397,17 ^b
<i>Anle</i>	1228,2 ^c	569,5 ^b	---	135 ^a	249,33 ^{ab}	---	300 ^{ab}	119,75 ^a	---
<i>Cogl</i>	---	---	209,67 ^a	556 ^c	333,33 ^{ab}	245,33 ^a	---	447,38 ^b	294,44 ^a
<i>Comi</i>	---	---	---	166,17 ^b	---	405,33 ^c	---	35,75 ^a	292,5 ^b
<i>Como</i>	---	662,25 ^c	---	---	---	---	120,67 ^b	41,33 ^a	---
<i>Coni</i>	---	---	310 ^a	311,83 ^a	---	303,67 ^a	---	296,36 ^a	579,69 ^b
<i>Demi</i>	---	---	---	295,17 ^c	---	152,33 ^b	---	101,01 ^a	440,99 ^d
<i>Dime</i>	16 ^a	---	---	---	255,6 ^c	---	32 ^a	113,5 ^{ab}	168,06 ^{ab}
<i>Gaaq</i>	---	---	232,67 ^b	61,33 ^a	---	62,67 ^a	---	---	---
<i>Khse</i>	8,6 ^a	---	30,33 ^b	387,33 ^c	66 ^b	1,33 ^a	---	---	---
<i>Miin</i>	1376,8 ^b	---	---	---	---	---	351,67 ^a	---	---
<i>Tela</i>	185,2 ^a	706,5 ^c	---	---	---	---	1003 ^d	341,42 ^b	---
<i>Tema</i>	149,4 ^a	2477,5 ^d	183 ^{ab}	---	---	121 ^a	542,17 ^c	184,83 ^{ab}	---
<i>Temo</i>	---	166 ^b	1669,33 ^c	---	---	---	11 ^a	45,25 ^a	---
<i>Vipa</i>	65,2 ^a	210 ^b	384,67 ^b	1182 ^d	632,33 ^c	26,33 ^a	93,67 ^a	284,03 ^b	67 ^a

Sur la même ligne, les valeurs portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %. Les espèces dont les valeurs de densité sont en gras sont liées aux unités paysagères correspondantes. Les cases marquées en pointillé indiquent l'absence de l'espèce dans l'unité paysagère correspondante. *Acgo* = *Acacia gourmaensis*, *Anle* = *Anogeissus leiocarpus*, *Cogl* = *Combretum glutinosum*, *Comi* = *Combretum molle*, *Como* = *Combretum micranthum*, *Coni* = *Combretum nigricans*, *Demi* = *Detarium microcarpum*, *Dime* = *Diospyros mespiliformis*, *Gaaq* = *Gardenia aquala*, *Khse* = *Khaya senegalensis*, *Miin* = *Mitragyna inermis*, *Tela* = *Terminalia laxiflora*, *Tema* = *Terminalia macroptera*, *Temo* = *Terminalia mollis*, *Vipa* = *Vitellaria paradoxa*.

L'équitabilité (E)

L'indice d'équitabilité de Pielou varie d'un minimum de 0,62 pour les savanes arborées et boisées à pérennes de sols profonds de l'aire protégée (UPw3) à un maximum de 0,89 pour les mosaïques agroforestières sur sols ferrugineux lessivés indurés ou unités cultivées (UPP5) (Tab. VIII). De manière générale, la composition floristique des unités paysagères est moins équitablement répartie dans l'aire protégée (0,62 à 0,73) que dans sa périphérie (0,79 à 0,89). Enfin, que ce soit dans l'aire protégée ou en dehors de celle-ci, plus les sols sont superficiels et secs plus la valeur de l'équitabilité augmente.

LA DIVERSITÉ INTER FORMATIONS (DIVERSITÉ BÊTA)

L'indice de similitude de Jaccard (*J*) (Tab. VIII) qui traduit la similitude de composition spécifique entre les relevés d'une même unité paysagère varie entre 0,46 (forte diversité β) pour l'unité de savane arbustive de l'aire protégée (UPw4) qui est la plus hétérogène et 0,91 (faible diversité β) pour l'unité d'affleurements et de cuirasse de la même entité (UPw1) qui est la plus homogène. La diversité entre placeaux reflète ici la diversité des unités paysagères en termes de groupes agrostologiques, les unités les plus diverses (UPW4, UPW3, UPP4, UPP6) étant composées de plusieurs groupes agrostologiques, les plus homogènes (UPW1, UPP1, UPP3, UPP2, UPP5) n'en comportant qu'un seul (Tab. VI).

LA DIVERSITÉ RÉGIONALE OU DIVERSITÉ GAMMA (S_{CHAO2})

La diversité régionale, ou diversité γ , évaluée par le calcul de la richesse estimée (S_{Chao2}) (Tab. IX) est plus élevée en dehors de l'aire protégée (143,6) qu'à l'intérieur (80,6). Il est ainsi confirmé à cette échelle d'observation que la diversité spécifique des herbacées est moindre dans l'aire protégée.

TABLEAU VIII

Diverses expressions de la diversité intraplaceau (*S*, *E*) et interplaceaux (*J*) des unités paysagères pastorales du terroir de Kotchari (valeurs moyennes et écart-type)

Unité paysagère pastorale	Richesse spécifique (<i>S</i>)	Équitabilité de Pielou (<i>E</i>)	Indice de similitude de Jaccard (<i>J</i>)
UPP1	35,20 ± 1,48 ^{ab}	0,79 ± 0,01 ^{abc}	0,88 ± 0,06 ^c
UPP2	29,25 ± 3,30 ^{ab}	0,81 ± 0,01 ^{abc}	0,80 ± 0,08 ^{bc}
UPP3	45,33 ± 1,53 ^b	0,83 ± 0,02 ^{bc}	0,85 ± 0,21 ^{bc}
UPP4	45,50 ± 12,88 ^b	0,84 ± 0,04 ^c	0,66 ± 0,11 ^b
UPP5	51,67 ± 1,53 ^b	0,89 ± 0,01 ^c	0,82 ± 0,06 ^{bc}
UPP6	32,00 ± 7,55 ^{ab}	0,82 ± 0,01 ^{abc}	0,73 ± 0,04 ^b
UPw3	19,00 ± 3,16 ^a	0,62 ± 0,06 ^a	0,55 ± 0,19 ^{ab}
UPw4	23,00 ± 3,91 ^a	0,69 ± 0,03 ^{ab}	0,46 ± 0,14 ^a
UPw1	20,00 ± 1,73 ^a	0,73 ± 0,07 ^{abc}	0,91 ± 0,03 ^c

Sur la même colonne, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

TABLEAU IX

Diversité gamma (γ) dans le terroir de Kotchari. Comparaison des secteurs dans et hors du Parc du W (valeurs moyennes et écart-type)

Unités Paysagères pastorales	S_{Chao2}		
	S_{Chao2} moyen	S_{Chao2} min (95 % IC)	S_{Chao2} sup (95 % IC)
Parc W	80,56 ± 4,62 ^a	76,34	98
Hors Parc W	143,64 ± 1,91 ^b	142,27	152,1

Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

LA PHYTOMASSE HERBACÉE

Les évaluations de phytomasse faites en milieu pâturé ne représentent que des valeurs par défaut de la production nette dont une partie a été consommée par les animaux. Bien que certaines des données disponibles dans la littérature aient été acquises dans des zones mises temporairement en défens, elles ont été dans leur grande majorité acquises dans les mêmes conditions que celles de notre étude et la comparaison paraît donc pertinente.

Dans l'aire protégée, les phytomasses les plus fortes (6,5 tMS.ha⁻¹) correspondent aux savanes arborées et boisées à pérennes sur sols profonds (UPw4) (Tab. X). En dehors de l'aire protégée, les phytomasses les plus fortes ont été observées sur les sols les plus profonds et les plus humides (UPP1 et même UPP2). La phytomasse apparaît d'autant plus faible que le sol est plus mince et plus sec.

CARACTÉRISTIQUES DE LA STRATE LIGNEUSE DANS LES UNITÉS PAYSAGÈRES PASTORALES

En dehors de l'aire protégée, la densité la plus forte du peuplement ligneux est observée sur plateaux et hauts glacis à sol peu ou moyennement profonds (UPP4). Le recouvrement des ligneux (38 %) apparente cependant cette unité à une formation relativement ouverte (Emberger *et al.*, 1983) à dominance d'arbustes (Tab. XI), autrement dit à une savane arbustive.

TABLEAU X

Phytomasse herbacée (moyenne ± écart-type) dans les différentes unités paysagères du terroir de Kotchari

Unités paysagères pastorales	Phytomasse (tMS.ha ⁻¹)
UPP1	4,78 ± 0,43 ^c
UPP2	4,59 ± 0,53 ^c
UPP3	3,42 ± 0,58 ^{bc}
UPP4	3,27 ± 0,50 ^b
UPP5	1,41 ± 0,50 ^a
UPP6	1,84 ± 0,85 ^a
UPw3	6,50 ± 0,63 ^d
UPw4	4,32 ± 1,27 ^c
UPw1	2,55 ± 0,56 ^a

Sur la même colonne, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

TABLEAU XI

Valeurs (moyenne ± écart-type) de la densité et du recouvrement ligneux dans les différentes unités paysagères du terroir de Kotchari

Unités paysagères pastorales	Densité moyenne (pieds.ha ⁻¹)	Recouvrement moyen (%)
UPP1	9917,40 ± 524,85 ^{abc}	52,52 ± 3,27 ^{bc}
UPP2	10984,75 ± 385,18 ^{bc}	46,55 ± 4,12 ^{abc}
UPP3	11920,33 ± 125,52 ^{bc}	39,90 ± 2,29 ^{abc}
UPP4	12977,17 ± 695,91 ^c	37,73 ± 2,47 ^{ab}
UPP5	5441,33 ± 172,66 ^{ab}	14,37 ± 1,85 ^a
UPP6	4993,33 ± 22,50 ^a	12,03 ± 2,06 ^a
UPw3	6935,83 ± 263,59 ^{ab}	61,13 ± 3,09 ^c
UPw4	8598,99 ± 808,28 ^{abc}	42,93 ± 5,29 ^{abc}
UPw1	7246,80 ± 248,81 ^{ab}	23,50 ± 4,36 ^{ab}

Sur la même colonne, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

À l'intérieur de l'aire protégée, le recouvrement le plus fort (61 %) est observé pour l'unité UPw3. Les relevés montrent une strate arborée nettement dominante (Tab. XII), en accord avec la classification de la carte ECOPAS qui la place parmi les savanes arborées denses.

Hors de l'aire protégée, c'est dans l'unité UPP1 que l'on rencontre la végétation la plus dense, une savane arborée à 53 % de recouvrement. L'unité UPP2, avec une quasi codominance des ensembles arborés et arbustifs, correspond à une forme plus ouverte *sensu* Emberger *et al.* (*op. cit.*) et peut être qualifiée de savane boisée claire (*sensu* Devineau *et al.*, 1997). Les autres unités sont des savanes arbustives au recouvrement moyen (40 et 43 % pour UPP3 et UPw4) ou des savanes arbustives claires très ouvertes (12 à 24 % pour UPP5, UPP6 et UPw1). Dans des unités au recouvrement total relativement faible (UPP6, UPP4, UPP5 et UPP3), on peut observer un développement assez important de la strate sous-arbustive qui n'est cependant jamais dominante. On peut l'interpréter comme un début d'emboisement qui reste cependant discret.

LA VALEUR PASTORALE DES UNITÉS PAYSAGÈRES

Les valeurs pastorales les meilleures se rencontrent dans l'aire protégée (63 à 80 %), surtout dans les savanes arborées à pérennes (UPw3) (Tab. XIII). Les espèces fourragères de bonne à très bonne valeur nutritive (Is = 3 et 4) y sont en effet bien représentées (30 % + 8 % = 38 % pour UPw1 et 28 % + 15 % = 43 % pour UPw3).

En dehors de l'aire protégée, la proportion d'espèces sans valeur ou à valeur faible (IS = 0 et 1) est en revanche très forte (28 % + 16 % = 44 % pour UPP1 et 30 % + 30 % = 60 % pour UPP6) ce qui entraîne de faibles valeurs pastorales. Les valeurs pastorales les meilleures sont enregistrées sur les sols peu humides à secs (UPP3, UPP4, UPP5) si l'on en excepte les buttes et cuirasses (UPP6). À l'opposé, les valeurs pastorales les plus faibles s'observent sur les sols profonds, en particulier dans les plaines hydromorphes (UPP2).

TABLEAU XII

Proportions des types biologiques ligneux dans les unités paysagères pastorales du terroir de Kotchari (spectres pondérés des abondances)

Types biologiques	Unités paysagères pastorales (%)								
	UPP1	UPP2	UPP3	UPP4	UPP5	UPP6	UPw3	UPw4	UPw1
Arbres	61,54 ^c	50,60 ^b	36,97 ^b	24,22 ^a	21,27 ^a	19,13 ^a	57,61 ^c	36,74 ^b	26,26 ^b
Arbustes	32,36 ^b	45,81 ^b	44,64 ^c	56,11 ^b	61,22 ^b	60,48 ^b	37,69 ^b	53,75 ^c	66,60 ^c
Sous-arbustes	6,10 ^a	3,58 ^a	18,40 ^a	19,65 ^a	19,51 ^a	20,38 ^a	4,69 ^a	9,51 ^a	7,14 ^a

Sur la même colonne, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

TABLEAU XIII

Qualité du fourrage dans les unités paysagères du terroir de Kotchari : contribution des espèces par classes d'indice spécifique et valeurs pastorales (moyenne ± écart-type)

Classes d'indice spécifique (Is)	Unités paysagères pastorales								
	UPP1	UPP2	UPP3	UPP4	UPP5	UPP6	UPw3	UPw4	UPw1
0	0,28 ^{ab}	0,36 ^c	0,31 ^{ab}	0,37 ^c	0,31 ^b	0,30 ^b	0,25 ^{ab}	0,17 ^{ab}	0,07 ^a
1	0,16 ^{ab}	0,18 ^{ab}	0,27 ^b	0,17 ^{ab}	0,24 ^{ab}	0,30 ^b	0,09 ^a	0,17 ^{ab}	0,20 ^{ab}
2	0,31 ^b	0,20 ^a	0,21 ^a	0,26 ^{ab}	0,24 ^{ab}	0,21 ^a	0,22 ^a	0,24 ^{ab}	0,35 ^b
3	0,20 ^{ab}	0,22 ^{ab}	0,16 ^a	0,20 ^a	0,19 ^a	0,18 ^a	0,28 ^b	0,32 ^c	0,30 ^c
4	0,06 ^b	0,04 ^{ab}	0,04 ^{ab}	0,01 ^a	0,02 ^a	0,02 ^a	0,15 ^c	0,10 ^b	0,08 ^b
Valeur pastorale brute (%)	49,37 ± 4,99 ^{ab}	39,05 ± 5,26 ^a	53,57 ± 3,27 ^{abc}	53,99 ± 5,99 ^{abc}	57,628 ± 1,861 ^{ab}	44,46 ± 3,26 ^{ab}	79,88 ± 5,31 ^c	68,16 ± 9,67 ^{bc}	63,05 ± 2,29 ^{bc}

Sur la même ligne, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

DISCUSSION

AFFINITÉ DE GROUPEMENTS AGROSTOLOGIQUES AVEC DES UNITÉS DE VÉGÉTATION DÉJÀ DÉCRITES

Certains de nos groupements, en particulier ceux des parties hautes du terroir, ont déjà été décrits dans la même zone par Hahn-Hadjali (1998) et Wittig *et al.* (2000) travaillant respectivement à l'échelle de la grande région ou simplement sur la chaîne du Gobnangou, partiellement incluse dans notre terroir. Ainsi, Ga6_1 s'apparente au groupement de milieux incultes (buttes et cuirasses) de Wittig *et al.* (2000) ou de vieilles jachères à *Loudetia togoensis* de Hahn-Hadjali (1998). Wittig *et al.* (2000) distinguent aussi sur les endroits aux sols plus humides de ces unités, un groupement à *Terminalia laxiflora* et *Combretum glutinosum* (une variante de Ga6_1) dans laquelle les espèces *Loudetia annua* et *Andropogon pseudapricus* s'associent à *Loudetia togoensis* et qui peut aussi s'assimiler à Ga3_2.

Les groupements Ga3-3 de jachères d'âge moyen et Ga4 de milieux cultivés (différencié par des espèces messicoles ou de jeunes jachères) sont courants des milieux exploités en zone soudanienne (César, 1991 ; Hien, 1996 ; Fournier *et al.*, 2001), le dernier peut être interprété comme une variante à *Eragrostis tremula*, sur sols profonds sablonneux, du groupement à *Schizachyrium exile* de Hahn-Hadjali (1998). Ga3_3 y apparaît par contre comme une variante d'un groupement à *Schoenefeldia gracilis* sur substrats généralement argileux (vertisols). Il présente par ailleurs de bonnes similitudes avec Ga6_2, ses autres espèces différentielles appartenant au genre *Aristida*. Ga4 et Ga6, groupements de substrats secs, s'associent, probablement à cause de la faible empreinte du feu qui permet la présence en leur sein d'espèces non pyrotolérantes comme *Pennisetum pedicellatum* (César, 1991) ou *Diospyros mespiliformis*. Le groupement Ga3_1, anthropisé comme en témoigne la présence de la graminée vivace rudérale *Sporobolus pyramidalis* (César, 1991 ; César & Zoumana, 1993), présente des similitudes avec le groupement à *Aspilia helianthoides* défini par Hahn-Hadjali (1998).

Les autres groupements, généralement situés en bas de toposéquence, sont décrits pour la première fois dans le terroir mais se rapprochent des groupements connus ailleurs. Ainsi, Ga1, sur terrain de marécages ou de bas-fonds limono-argileux à inondation importante plus ou moins prolongée, se rencontre aussi dans les savanes du nord ivoirien (César, 1991). Quant à Ga2 de sol hydromorphe argilo-sableux sur plaine inondable, il est proche du groupement à *Heteropogon contortus* défini par Onana *et al.* (2003) en zones humides du nord-Cameroun, sous climat relativement plus humide (1000 mm/an). Par ailleurs, Ga5_1 sur sols profonds sableux ou limoneux et Ga5_2 sur sols peu profonds sableux ou caillouteux se ressemblent ; ils ont été identifiés par César (1991) et Fournier *et al.* (2001) ; ils se caractérisent par des graminées vivaces héliophytes à large amplitude écologique.

CONFIRMATION D'UNE RICHESSE FLORISTIQUE HERBACÉE PLUS FAIBLE DANS L'AIRE PROTÉGÉE

Nos résultats indiquent que la richesse spécifique herbacée est plus élevée à l'extérieur qu'à l'intérieur de l'aire protégée. Des observations analogues ont été faites par plusieurs auteurs dans l'est burkinabé et dans le terroir même de Kotchari (Hahn-Hadjali *et al.* 2006 ; Sodré, 2009), mais aussi dans l'ouest du pays (Kiéma, 2007). Dans ce dernier site, Devineau *et al.* (2009) donnent cependant des résultats plus nuancés pour de petites aires protégées très anthropisées.

La richesse en espèces herbacées la plus forte est observée sur les terres qui correspondent aux milieux les plus anthropisés (milieux les plus aptes à la culture, jachères de divers âges bien pâturées) ; elles se situent entre les parties les plus basses (bas-fonds et plaines) et les plus hautes (buttes rocheuses ou cuirassées) du terroir (UPP5, UPP4, UPP3). La richesse spécifique des milieux équivalents à l'intérieur du Parc est moindre, ainsi que leur équitabilité. Ce dernier indice atteint des valeurs particulièrement élevées dans l'unité la plus cultivée (UPP5), cette dominance d'espèces peu affirmée suggère que, dans la compétition qui les oppose, aucune des espèces en présence ne parvient à s'imposer. Des observations comparables ont été faites par Hahn-Hadjali *et al.* (2006) dans un terroir voisin de Kotchari.

Hors de l'aire protégée, la richesse en herbacées est plutôt faible tant sur les sols à hydro-morphie superficielle, argileux à argilo-limoneux humides (UPP1, UPP2) et cuirassés (UPP6). Devineau *et al.* (2009) présentent des résultats analogues dans l'ouest burkinabé et mettent en évidence l'influence des facteurs édaphiques, mais aussi celle de l'usage des terres, sur la diversité des peuplements herbacés. Ils montrent que la perte de fertilité chimique par lessivage n'affecte pas la richesse de la strate herbacée, celle-ci reste élevée sur les terres les plus exploitées. César (1991) explique d'ailleurs que les phorbes ubiquistes, notamment les légumineuses fixatrices d'azote, s'accommodent de tels milieux épuisés (baisse de la richesse en azote) tandis que les graminées ne peuvent y subsister. L'effet d'enrichissement de la strate herbacée qui résulte de la pratique de la jachère a par ailleurs été clairement démontré. En zone soudanienne en effet, la reconstitution de la strate herbacée des jachères, sur 10 à 30 ans selon le contexte, se fait par une succession d'espèces messicoles (les adventices) puis savanicoles (Fournier *et al.*, 2001) comme le montrent les études de César (1991) dans les savanes du nord de la Côte d'Ivoire, de Hien (1996) et de Botoni-Liehou *et al.* (2006) dans l'ouest burkinabé. À chaque étape de ce processus, le milieu s'enrichit en espèces diverses, qui cohabitent momentanément sans dominance affirmée (phénomène de chevauchement) avant de se substituer aux précédentes, ce qui peut expliquer les fortes diversités observées à l'échelle locale (α). Le bétail peut y jouer un rôle important par pâturage plus ou moins intense (Hiernaux, 1998) et par dissémination d'espèces (Devineau, 1999) comme *Zornia glochidiata*, *Tephrosia pedicellata*, *Crotalaria* spp., *Indigofera* spp. (Légumineuses), *Spermacoce* spp., *Sida* spp., *Commelina diffusa*, *C. forskalaei* & *C. benghalensis* qui sont bien représentées avec parfois de fortes contributions spécifiques.

À l'échelle du paysage les fortes diversités (β et γ) en espèces herbacées s'expliquent par la diversification des milieux qui présentent chacun un stade différent de reconstitution.

Dans l'aire protégée, nos observations indiquent que l'unité UPw4 est la plus pâturée, comme en témoigne la présence d'espèces herbacées de milieux anthropisés comme *Digitaria* spp., *Brachiaria* spp. et même *Tephrosia pedicellata*. La contribution de ces espèces y est cependant très faible, indice que la présence animale est nettement moindre qu'en périphérie du parc. Ces espèces indicatrices d'anthropisation s'observent également en des proportions encore plus faibles sur les affleurements (UPw1), Ceci suggère que les éleveurs fréquentent surtout les plateaux puis les affleurements et évitent les bas-fonds.

CONSERVATION DES MILIEUX : LA RICHESSE ET LA DIVERSITÉ FLORISTIQUE SONT-ELLES LES SEULS INDICATEURS ?

Le rôle des aires protégées dans la conservation de la diversité biologique en région de savane est diversement apprécié. Si des études mettent en évidence une dégradation floristique due à la pression anthropique dans les terres exploitées et la préservation de la flore dans les aires protégées (Guinko *et al.*, 2000), d'autres montrent que la diversité végétale, et plus précisément le nombre d'espèces, ne diffère pas ou est même supérieure en dehors des aires protégées (Shackleton, 2000). L'évaluation de la diversité végétale peut cependant varier en fonction de l'échelle d'observation et selon les critères pris en compte (Devineau *et al.*, 2009). Ainsi, dans le cas de Kotchari, si le nombre d'espèces herbacées est plus important hors de l'aire protégée, les espèces caractéristiques de la savane soudanienne, en particulier les herbes pérennes, y régissent de façon drastique sous le double effet de l'exploitation animale et de la concurrence exercée par les herbes annuelles qui s'adaptent mieux aux conditions pédoclimatiques médiocres ou perturbées (César, 1992 ; Fournier & Nignan, 1997).

UTILISATION PASTORALE DES MILIEUX NATURELS

Phytomasse et feu

La moindre phytomasse mesurée en dehors de l'aire protégée est une conséquence de la pâture animale et de la pauvreté en nutriments des sols (Fournier, 1994), qui résultent toutes deux d'une forte pression d'exploitation (pastorale et agricole). Il en résulte que les feux de végétation y sont moins violents que dans le Parc lui-même. Les aires protégées de la région

dans lesquelles se maintiennent les écosystèmes de savane soudanienne sont ainsi plus régulièrement et plus intensément parcourues par les feux que les zones extérieures agricoles et pastorales à végétation modifiée (Clerici, 2006 ; Devineau *et al.*, 2010). Du point de vue de la gestion pastorale, brûler des parcours à annuelles est tout à fait contre-productif (César, 1992) alors que cela présente un intérêt pour des parcours à herbes pérennes en favorisant des repousses. En fin de saison des pluies et début de saison sèche les pailles sèches des pérennes sont pauvres en matière azotée et riches en silice, donc peu digestibles. En revanche leurs repousses après le passage du feu sont très riches en nutriments et très appétibles : elles constituent un apport alimentaire précieux à ces périodes difficiles « de soudure » (Fournier, 1996).

Valeur pastorale des parcours et classes de qualité fourragère des espèces

Dans l'aire protégée où les graminées cespitueuses bonnes fourragères dominent, la valeur pastorale est élevée, notamment dans l'unité de savane arborée et boisée à pérennes (UPw3), la phytomasse y est également la plus forte. On comprend comment, en dehors de l'aire protégée, les activités pastorales et agricoles induisent une baisse de la valeur pastorale des parcours, car celle-ci dépend tout à la fois de la quantité de la phytomasse herbacée et de sa qualité. Pourtant les unités les plus pâturées (UPP3 et UPP4) ont les meilleures valeurs pastorales sauf sur les buttes et cuirasses (UPP6) ; en effet bien que pauvres en graminées vivaces à très forte qualité fourragère, elles sont enrichies, à des degrés divers, en phorbies à bonne valeur fourragère, notamment des légumineuses (*Fabaceae* en particulier). La faible valeur pastorale de l'unité de butte et cuirasse (UPP6) est à relier non seulement à la faible productivité de ce milieu où le sol est squelettique, mais aussi à la forte représentation des espèces de qualité nulle à très faible. Des constatations similaires ont été faites en Côte d'Ivoire par César (1992) et au Burkina Faso par Kagoné (2000) au Centre-sud et par Kiéma (2007) dans l'Ouest.

La relative bonne valeur pastorale de la mosaïque agroforestière (UPP5) est à relier à une bonne contribution d'espèces à moyenne ou bonne valeur, essentiellement des graminées de jeunes jachères. Par ailleurs, dans les milieux à statut édaphique et hydrique plus favorable de cette partie du terroir (UPP1 et UPP2) la valeur pastorale est faible à cause de l'importance d'espèces peu appréciées. Ainsi, la valeur pastorale particulièrement faible observée dans la plaine inondable (UPP2) est due à la faible proportion des espèces de bonne à très bonne qualité ($I_s = 3 : 20\%$; $I_s = 4 : 6\%$; total : 26%) ; les espèces à indice spécifique nul ou faible, notamment les Cypéracées comme *Kyllinga* spp. et *Abildgaardia hispidula*, sont en revanche bien représentées ($I_s = 0 : 36\%$; $I_s = 1 : 18\%$; total 54%).

Selon les définitions (Daget & Godron, 1995), pour qu'un pâturage soit considéré de bonne qualité il faut que sa valeur pastorale atteigne au moins 65% ; ainsi, seules les savanes arborées et boisées à pérennes (UPw3) et les savanes arbustives à annuelles (UPw4) méritent ce qualificatif. Comme le rappellent cependant ces auteurs, la valeur des pâturages évaluée par enquête est toujours fortement dépendante des représentations liées au contexte environnemental local. Par exemple, *Andropogon gayanus* dont l'indice de qualité spécifique a été fixé à 4, a obtenu une meilleure appréciation, de valeur 5, dans une étude conduite ailleurs par César (2005).

Appréciation globale des parcours de Kotchari

Une appréciation globale des différentes unités pastorales cartographiées peut être faite en prenant en compte leur gestion, leur accessibilité, leur phytomasse, la valeur pastorale de leur fourrage et, pour les unités situées hors parc, leur étendue. Les unités sont abordées suivant l'ordre décroissant d'étendue.

— La mosaïque agroforestière (UPP5), unité pastorale la plus représentée (94 km^2) dans le terroir, est cependant la moins intéressante à cause de la faiblesse de sa phytomasse et surtout parce que les cultures la rendent inaccessible en saison des pluies. Ces dernières deviennent cependant très utiles pour le bétail dès la fin des récoltes grâce aux résidus de culture exploitables en vaine pâture.

— Les savanes arbustives (mosaïques agroforestières non comprises) de mi-pente (plateaux et glacis) à l'extérieur de l'aire protégée (UPP3, UPP4) constituent un vaste domaine de 83 km² utilisable toute l'année. La phytomasse y est moyenne à très faible, mais de qualité relativement intéressante. L'utilisation de ces savanes, fragmentées dans l'espace à cause de l'exploitation agricole et connaissant un début d'embuissonnement, n'est pas toujours rentable en saison sèche et risquée en saison pluvieuse à cause des risques de dégâts et des conflits qui en résultent. Par ailleurs, avec les buttes rocheuses et cuirassées, ce sont les pâturages affectés le plus négativement par les feux car leur couverture herbacée est composée essentiellement d'annuelles.

— Les savanes arborées de bas-fonds en dehors du parc W (UPP1), d'une superficie de 80,10 km², produisent une phytomasse notable de qualité moyenne qui n'est exploitable qu'après les récoltes en début de saison sèche. Cette unité constitue un refuge pour le bétail en période de soudure (saison sèche chaude jusqu'aux premières pluies) à cause de sa relative fraîcheur, des repousses et de la possibilité d'y creuser des puisards.

— Les savanes arbustives des buttes rocheuses et cuirassées (UPP6), assez vastes (65 km²) et surtout peu fragmentées, sont intéressantes en termes pastoraux notamment en saison pluvieuse bien que la phytomasse offerte y soit très faible et nutritivement la plus médiocre du terroir et que le fréquent passage des feux y cause une perte de paille non compensée par des repousses. Peu convoitée par l'agriculture, elle constitue la zone de repli de l'essentiel du bétail villageois en saison pluvieuse.

— La savane boisée claire des plaines inondables (UPP2) est l'unité la moins étendue du terroir (29 km²), sa phytomasse est importante, mais de faible qualité. Il s'agit d'un pâturage de réserve pour la saison sèche car elle est inaccessible pendant les pluies ; certaines années, des feux accidentels ou provoqués font cependant partir cette réserve en fumée et les repousses y sont négligeables.

— Les assez vastes savanes arbustives, arborées et boisées de l'aire protégée (UPw3 et UPw4), offrent la phytomasse la plus importante et la meilleure valeur alimentaire grâce à la dominance de pérennes. Dans ces milieux, les feux précoces à partir du mois d'octobre permettent de produire d'importantes repousses de bonne qualité qui attirent le bétail pendant la saison sèche froide de novembre à janvier (surtout dans UPw3).

— Les affleurements rocheux et cuirassés de l'aire protégée (UPw1) ne fournissent qu'une faible phytomasse herbacée de qualité moyenne, vite éliminée par une mise à feu précoce qui, vu la pauvreté en herbes pérennes, n'est pas suivie d'une repousse notable.

CONCLUSION

Malgré un faible embuissonnement, les pâturages de l'extérieur de l'aire protégée ne semblent pas trop dégradés, même dans les secteurs les plus pâturés, et leur richesse floristique est plus élevée que celle de l'aire protégée. Cependant la quantité fait défaut quand la qualité est présente. Les plaines inondables et les mosaïques agroforestières, largement représentées, ne sont pas exploitables par le bétail en saison des pluies. Ainsi, le terroir de Kotchari n'apparaît pas comme particulièrement intéressant du point de vue pastoral si l'on s'en tient à la qualité du fourrage disponible. Pourtant, il est très attractif pour les transhumants c'est en avril-mai la campagne de transhumance y connaît son pic, au moment où l'offre fourragère, alors faite de paille sèche, est la plus médiocre en quantité comme en qualité. L'engouement des transhumants peut s'expliquer par une plus grande disponibilité en fourrage, celle de leurs terroirs d'attache en cette fin de transhumance. La productivité des parcours sahéliens est en effet de l'ordre de 0,5 tMS/ha à 3 tMS/ha (Boudet, 1975 ; Zouri, 2003), valeurs largement inférieures à celles enregistrées sur le terroir de Kotchari (1,41 à 4,78 tMS/ha). Mais on peut aussi supposer que fréquenter ce terroir qui jouxte le Parc permet aux transhumants d'accéder aux ressources fourragères de l'aire protégée dont le statut pastoral est bien meilleur. Comme le montre Kaboré (2010) une telle stratégie leur permet en outre d'éviter les conflits de plus en plus durs avec les sédentaires.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le programme CORUS 2 qui a financé les recherches à travers le projet CORUS 6075 « Gestion des activités d'élevage et des feux de végétation et gestion de la biodiversité au Burkina Faso » et Saïbou Nignan, technicien botaniste de l'UMR 208 (IRD/MNHN), qui a contribué à l'identification des espèces.

RÉFÉRENCES

- AKPO, L.E. & GROUZIS, M. (2004).— Interactions arbre/herbe en bioclimat semi-aride : influence de la pâture. Note de recherche. *Sécheresse*, 15 : 253-261.
- ARBONNIER, M. BARBIER, N., DE WISPELAERE, G., DULIEU, D., LEJOLY, J., MAHAMANE, A., OUADBA, J-M. & SAADOU, M. (2002).— *Cartographie du couvert végétal du complexe du « W » : 1^{re} phase. « Mission de recherche »*. Rapport définitif, Programme Régional Parc – W (ECOPAS) 7 ACP RPR 742.
- BOTONI-LIEHOUN, E., DAGET, P. & CÉSAR, J. (2006).— Activités de pâturage, biodiversité et végétation pastorale dans la zone Ouest du Burkina Faso. Ressources alimentaires. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 59 : 31-38.
- BOUDET, G. (1975).— Inventaire et cartographie des pâturages de l'Afrique de l'Ouest. CIPEA, ILCA, Addis Abeba, *Actes du colloque de Bamako*, Mali, 3-8 mars : 57-77.
- BOUDET, G. (1991).— *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*. Deuxième édition, IEMVT, Ministère de la Coopération, République Française.
- BOUTRAIS, J. (2007).— Crises écologiques et mobilités pastorales au Sahel : les Peuls du Dallol Bosso (Niger). *Sécheresse*, 18 : 5-12.
- BUREAU NATIONAL des SOLS, (2007).— *Caractérisation des sols de la province de la Tapoa*. Rapport provisoire, PICOFA.
- CANFIELD, R. (1941).— Application of the line interception method in sampling range vegetation. *J. Forestry*, 39 : 338-394.
- CÉSAR, J. (1991).— Typologie, diagnostic et évaluation de la production fourragère des formations pastorales en Afrique tropicale. *Fourrages*, 128 : 423-442.
- CÉSAR, J. (1992).— *Étude de la production biologique des savanes de Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Phytomasse, valeur pastorale et production fourragère*. Thèse de doctorat, Sciences Naturelles, Université de Paris VI.
- CÉSAR, J. & COULIBALY, Z. (1993).— Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le Nord de la Côte d'Ivoire. Pp 415-434 in : C. Floret & G. Serpantié (eds). *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Paris, ORSTOM, Atelier international 1991-12-02/1991-12-05, Montpellier, France.
- CHAO, A. (1984).— Nonparametric estimation of the number of classes in population. *Scand. J. Statist.*, 11 : 265-270.
- CLERICI, N. (2006).— *Monitoring and assessing fire impacts and land-cover change in tropical and subtropical ecosystems using satellite remote sensing and GIS techniques*. PhD thesis, ESA, Ispra, Italie.
- COLWELL, R.K. (2004).— *EstimateS : Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7*. (User's Guide and application published at : <http://purl.oclc.org/estimates>).
- DAGET, P. (2004).— Retour sur la valeur pastorale. Pp 21-23 in : AFP (ed.). *Nouvelle PAC, quelles perspectives ?*, Les journées de l'AFP, 22, 23, 24 septembre. *Pastum, Bulletin de l'Association Française du Pastoralisme*, 72.
- DAGET, P. & GODRON, M. (1982).— *Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés*. Biogéocénoses locales, Collection d'Écologie, vol 18. Masson, Paris.
- DAGET, P. & GODRON, M. (1995).— *Pastoralisme : Troupeaux, espaces et sociétés*. Hatier, AUPELF, UREF, Universités francophones.
- DAGET, P. & POISSONET, J. (1971).— Méthode d'analyse de la végétation des pâturages. Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22 : 4-41.
- DEVINEAU, J.-L. (1999).— Rôle du bétail dans le cycle culture -jachère en région soudanienne : la dissémination d'espèces végétales colonisatrices d'espaces ouverts (Bondoukuy, Sud-ouest du Burkina Faso). *Rev. Ecol. (Terre & Vie)*, 54 : 97-121.
- DEVINEAU, J.-L. (2005).— Generalist versus specialist : a contrasted sociology of woody and herbaceous species in a fallow-land rotation system in the West African savanna (Bondoukuy, Western Burkina Faso). *Phytocoenologia*, 35 : 53-77.
- DEVINEAU, J.-L., FOURNIER, A. & KALOGA B. (1997).— *Les sols et la végétation de la région de Bondoukuy, Sud-ouest burkinabé : présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection satellitaire (SPOT)*. Éditions de l'ORSTOM.
- DEVINEAU, J.-L., FOURNIER, A. & NIGNAN, S. (2009).— "Ordinary biodiversity" in western Burkina Faso (West Africa) : what vegetation do the state forests conserve ? *Biodiv. Conserv.*, 18 : 2075-2099.
- DEVINEAU, J.-L., FOURNIER, A. & NIGNAN, S. (2010).— Savanna fire regimes assessment with MODIS fire data : their relationship to land cover and plant species distribution in western Burkina Faso (West Africa). *J. Arid Envir.*, 74 : 1092-1101.
- DE WISPELAERE, G. & WAKSMAN, G. (1977).— Contribution du traitement des images-satellite à la cartographie des pâturages sahéliens. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 30 : 407-424.

- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. (1997).— Species assemblages and indicator species : the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.*, 67 : 345-366.
- EMBERGER, L., GODRON, M., DAGET, P., LONG, G., SAUVAGE, C., LE FLOC'H, E., WACQUANT, J-P. & POISSONET, J. (1983).— *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu : principes et transcription sur cartes perforées*. CEPE, Montpellier, Éditions du CNRS.
- FONTES, J. & GUINKO, S. (1995).— *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative*. Toulouse, Ministère de la Coopération Française (Projet Campus 88 313 101).
- FOURNIER, A. (1994).— Cycle saisonnier et production nette de la matière végétale herbacée en savanes soudanaises pâturées. Les jachères de la région de Bondoukuy (Burkina Faso). *Écologie*, 25 : 173-188.
- FOURNIER, A. (1996).— *Dans quelle mesure la production nette de matière végétale herbacée dans les jachères en savane soudanienne est-elle utilisable pour le pâturage ?* Actes atelier : *La jachère, lieu de production*, Bobo-Dioulasso, 2-4 octobre 1996. Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest. Publication CORAF.
- FOURNIER, A., FLORET, C. & GNAHOVA, G.-M. (2001).— Végétation des jachères et succession post-culturelle. Pp 123-168 in : C. Floret & R. Pontanier (eds). *La jachère en Afrique tropicale*. John Libbey Eurotext, Paris.
- FOURNIER, A. & NIGNAN, S. (1997).— Quand les annuelles bloquent la succession postculturelle... Expérimentations sur *Andropogon gayanus*. *Écologie*, 28 : 13-21.
- FOURNIER, A. & TOUTAIN, B. (2007).— *Suivi des activités en matière de pastoralisme et de transhumance dans la zone d'influence du parc régional du W du Niger. Missions de juillet et septembre 2007*. Rapport de recherche/expertise pour le programme de l'Union Européenne, ECOPAS W.(FED) CIRAD-ES/IRD R200.
- GUINKO, S., OUOBA, P. & MILLOGO-RASOLOUDIMBY, J. (2000).— L'apport de l'inventaire des aires classées et protégées dans la connaissance de la diversité végétale au Burkina Faso. *Berichte des Sonderforschungsbereichs 268*, Band 14 : 257-271
- HAHN-HADJALI, K. (1998).— Les groupements végétaux des savanes du sud-est du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Études sur la flore et la végétation du Burkina Faso et des pays avoisinants*, Frankfurt a. Main/Ouagadougou, 3 : 3-79.
- HAHN-HADJALI, K., SCHMIDT, M. & THIOMBIANO, A. (2006).— Phytodiversity dynamics in pastured and protected West African savannas. Pp 351-359 in : S.A. Ghazanfar & H.J. Beentje (eds). *Taxonomy and ecology of African plants, their conservation and sustainable use*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- HAMMER, O., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. (2001).— PAST : Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1).
- HIEN, M. (1996).— *La reconstitution postculturelle de la végétation en savane soudanienne dans la région de Bondoukuy (Burkina Faso). Les jachères de moins de six ans : flore, persistance des adventices, lien avec le milieu et son utilisation*. Mémoire de DEA en Sciences biologiques appliquées, option Biologie et Écologie végétales, FAST/ORSTOM Bobo-Dioulasso.
- HIERNAUX, P. (1975).— *Étude phytoécologique du pays baoulé méridional (Côte-d'Ivoire centrale)*. Thèse de Doctorat-ingénieur, C.N.R.S., Montpellier.
- HIERNAUX, P. (1998).— Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel. *Plant Ecol.*, 138 : 191-202.
- JACCARD, P. (1901).— Lois de distribution de la flore alpine dans le bassin de Dranses et quelques régions voisines. *Bull. Soc. vaudoise Sci. nat.*, 37 : 241-272.
- KABORE, A. (2010).— *Brousse des uns, aire protégée des autres. Histoire du peuplement, perceptions de la nature et politique des aires protégées dans le Gourma burkinabè : l'exemple de la Réserve partielle de faune de Pama*. Thèse de docteur en études du développement, Institut de Hautes Études Internationales et du Développement, Genève, Suisse.
- KAGONE, H. (2000).— *Gestion durable des écosystèmes pâturés en zone nord-soudanienne du Burkina Faso*. Thèse de doctorat. Gembloux, Faculté universitaire des Sciences Agronomiques.
- KIEMA, S. (2007).— *Élevage extensif et conservation de la diversité biologique dans les aires protégées de l'Ouest burkinabè. Arrêt sur leur histoire, épreuves de la gestion actuelle, état et dynamique de la végétation*. Thèse de doctorat, Université d'Orléans.
- LEVANG, P. (1978).— *Phytomasse herbacée de formations sahéliennes. Étude méthodologique et application du bassin versant de la mare d'Oursi*. DGRST/ORSTOM, ACC. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan.
- MAGURRAN, A.E. (2004).— *Measuring ecological diversity*. Blackwell publishing, Malden, Oxford, Carlton, USA, UK, Australia.
- MAHAMANE, A., MAHAMANE, S. & LEJOLY, J. (2007).— Phénologie de quelques espèces ligneuses du parc national du « W » du Niger, *Sécheresse*, 1E (4) : 1-13.
- MBAYGONE, E., THIOMBIANO, A., HAHN-HADJALI, K. & GUINKO, S. (2008).— Structure des ligneux des formations végétales de la Réserve de Pama (Sud-Est du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, 11 : 25-34.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. (1974).— *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto.
- ONANA, J., TOUFFET, J., ALEXANDRE, D.-Y., YONKEU, S., ASONGWED-AWA, A., MVONDO AWONO, J.-P. & TARLA, F. N. (2003).— *La végétation herbacée des zones humides du Nord-Cameroun. Phytosociologie et utilisation pastorale*. In : J. Y. Jamin, L. Seiny Boukar & C. Floret (eds). *Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque, mai 2002, Garoua Cameroun.

- OUEDRAOGO, D. (2008).— *Caractérisation des ressources fourragères et des pratiques pastorales du terroir de Kotchari à la périphérie du parc*. Mémoire d'ingénieur, IDR / UPB.
- OUEDRAOGO, O. (2008).— *Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso*. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou.
- PARIS, A. (2002).— *État des lieux quantitatif et spatialisé de la transhumance dans la zone périphérique d'influence du Parc National du W*. Rapport de stage de DESS, Projet ECOPAS/Ouaga, UFR Sciences/ Univ. Montpellier II/France, CIRAD-EMVT.
- RAKOTOARIMANANA, V., GROUZIS, M. & LE FLOC'H, E. (2008).— Influence du feu et du pâturage sur l'évolution de la phytomasse d'une savane à *Heteropogon contortus* (Région de Sakaraha). *Tropicultura*, 26 : 56-60.
- SAVADOGO, S. (2004).— *Contribution au suivi écologique des ressources fourragères dans la zone de chasse de Pama Nord et le Ranch de gibier de Singou*. Mémoire d'Ingénieur, IDR/UPB, Burkina Faso.
- SAWADOGO, I. (2004).— *Transhumance et pratiques pastorales sur le terroir de Kotchari en périphérie du Parc W du Burkina Faso*. Mémoire de DEA EMTS Environnement : Milieux, Techniques, Sociétés, INA P-G, ECOPAS.
- SCHERRER, B. (2007).— *Biostatistique*, volume 1, 2^{ème} édition, les éditions de la Chenelière inc., édition Gaëtan Morin, Montréal, Paris, Casablanca, Canada.
- SHACKLETON, C. (2000).— Comparison of plant diversity in protected and communal lands in the Bushbuckridge lowveld savanna, South Africa. *Biol. Conserv.*, 94 : 273-285.
- SODRE, E. (2009).— *Caractérisation des pâturages naturels du terroir de Kotchari et de la partie voisine du Parc W (côté du Burkina Faso)*, Mémoire d'Ingénieur, IDR/UPB, Burkina Faso.
- TOUTAIN, B., COMPAORE, A., OUADBA, J.M., KAGONE, H. & DIALLO, S. (2001).— *Mission d'appui scientifique « transhumance »*. Rapport CIRAD-EMVT n° 01-43. CIRAD-EMVT, Montpellier, France.
- TRAORE, S. (2008).— *Les formations à Acacia de l'Est du Burkina Faso : Typologie en relation avec les facteurs pédo-climatiques, prédictions spatiales et fonctions sur la dynamique du carbone et de l'azote*. Thèse de doctorat de l'Université de Ouagadougou, Biologie et Écologie Végétales.
- WITTIG, R., HAHN-HADJALI, K. & THIOMBIANO, A. (2000).— Les particularités de la végétation et de la flore de la chaîne du Gbongangou dans le sud-est du Burkina Faso. *Études Flor. Vég. Burkina Faso*, 5 : 49-64.
- WITTIG, R., KÖNIG, K., SCHMIDT, M. & SZARZYNSKI, J. (2007).— A study of climate change and anthropogenic impacts in West Africa. *Env. Sci. Pollut. Res.*, 14 : 182-189.
- ZOURI, I. (2003).— *Impacts des pratiques pastorales sur la végétation de la périphérie du Parc W (côté Burkina Faso)*. Mémoire d'Ingénieur, IDR /UPB, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.