

# Analyse comparative de trois méthodes de quantification du recouvrement des strates arbustive et herbacée au niveau de huit principaux écosystèmes sylvopastoraux du Maroc

Abdellah OUYAHYA<sup>1</sup>, Mohamed QARRO<sup>2</sup>, Mohamed SABIR<sup>2</sup>, Ayoub ACEBBAR<sup>2</sup>

(Reçu le 05/11/2023; Accepté le 16/12/2023)

## Résumé

La présente étude consiste à comparer trois méthodes de quantification du recouvrement de la végétation: Méthode du point d'interception, Méthode des points quadrats simples et la méthode combinée, au niveau de huit écosystèmes sylvopastoraux du Maroc. L'objectif de cette étude consiste à trouver une méthode qui approche d'une manière objective et plus fiable le recouvrement de la végétation au niveau des écosystèmes pastoraux multi-strates méditerranéens. Pour se faire, nous avons procédé à une comparaison des résultats de ces trois méthodes, en les appliquant aux mesures du recouvrement par espèce pour chaque écosystème et pour l'ensemble des écosystèmes, du recouvrement par strate pour chaque écosystème et pour l'ensemble des écosystèmes et du recouvrement global de l'ensemble des strates. La méthode d'investigation qui concerne huit écosystèmes naturels, répartis sur les régions d'Essaouira, Maâmora, Tendirra et Aderj, est fondée sur la stratification de la végétation à partir des images satellitaires. Dans chaque strate, un inventaire de la végétation et du milieu a été effectué simultanément par les mêmes méthodes. L'analyse des données a été opérée par l'AFC pour caractériser la typologie des écosystèmes en question, mettant en évidence les relations entre ces écosystèmes et les facteurs écologiques qui y règnent. Ensuite, par l'application d'un test d'indépendance, de l'ANOVA1 et de l'ANOVAM, nous avons pu comparer l'efficacité de ces trois méthodes dont les résultats ci-après, diffèrent selon la structure de la végétation. Pour les espèces (herbacées et arbustives) considérées au niveau de chaque écosystème et au niveau de tous les écosystèmes, les résultats diffèrent d'une méthode à l'autre. Il en est de même pour les strates considérées individuellement. Pour l'ensemble des écosystèmes, l'analyse des recouvrements de la strate herbacée ne donne aucune différence pour les trois méthodes; par contre, pour les recouvrements arbustifs, la méthode combinée se distingue bien des deux autres méthodes. En se basant sur le recouvrement global, nous avons montré que la méthode combinée est nettement différente des deux autres méthodes, lesquelles donnent les mêmes résultats.

**Mots clés:** ANOVA1, ANOVAM, Écosystème, Méthodes de quantification, Recouvrement végétal, Strate

## Comparative analysis of three methods for quantifying shrub and herbaceous stratum cover in eight major silvopastoral ecosystems in Morocco

### Abstract

The present study consists in comparing three methods of quantifying the vegetation cover: Intercept point method, Simple quadratic points method and the combined method, at the level of eight silvopastoral ecosystems of Morocco. The objective of this study is to find a method that objectively and more reliably approaches the cover of vegetation at the level of Mediterranean multi-strata pastoral ecosystems. To do this, we compared the results of these three methods, applying them to species cover measures for each ecosystem and for all ecosystems, stratum cover for each ecosystem, and for all ecosystems and the overall cover of all strata. The investigation method, which concerns eight natural ecosystems spread over the regions of Essaouira, Maâmora, Tendirra and Aderj, is based on the stratification of vegetation from satellite images. In each stratum, an inventory of the vegetation and the station's factors was made simultaneously by the same methods. The analysis of the data was done by the Factorial Correspondence Analysis (AFC) to characterize the typology of the targeted ecosystems in question, highlighting the relations between these ecosystems and the ecological factors which prevail there. Then, through the application of an independence test, One-way analysis of variance (ANOVA1) and multiple analysis of variance (ANOVAM), we were able to compare the efficiency of these three methods, the results of which differ according to the structure of the vegetation. For the species (herbaceous and shrub species) considered at the level of each ecosystem and at the level of all the ecosystems, the results differ from one method to another. It is the same for the strata considered individually. For all ecosystems, the analysis of coverings of the herbaceous stratum shows no difference for the three methods; on the other hand, for shrub coverings, the combined method differs from the other two methods. Based on the overall cover, we have shown that the combined method is distinctly different from the other two methods which give the same results.

**Keywords:** ANOVA1, ANOVAM, Ecosystem, Cover quantification methods, Vegetation cover, Strata

## INTRODUCTION

La notion de l'espace pastoral regroupe des terres de natures différentes, mais ayant toutes à un moment ou à un autre de l'année, une fonction fourragère. Selon les statistiques de la FAO, la superficie des pâturages n'excéderait guère 17 % de la surface située en climat méditerranéen non aride des pays du circum méditerranéen.

La principale raison de la diversité des paysages pastoraux méditerranéens réside dans leur diversité bioclimatique ; la saison sèche estivale, plus ou moins longue, est le dominateur commun à chacun des types de climats qu'il est possible d'individualiser. La classification des terres marocaines montre que 78 % de la superficie (56 millions d'ha) se

trouvent dans des zones sèches et désertiques (précipitations annuelles moyennes < 250 mm), 15 % (10 millions d'ha) dans la zone semi-aride (entre 250 et 500 mm par an) et 7 % dans les zones subhumides et humides (> 500 mm par an).

Le premier Inventaire Forestier National (IFN), réalisé entre 1990-2005, a permis de disposer d'une base de données cartographiques et numériques fiables et importantes sur la répartition géographique, la consistance et l'état général des ressources forestières:

Avec une productivité et un usage variable, les parcours naturels s'étendent sur quelque 53 millions d'hectares. On peut distinguer dix zones pastorales, définies en fonction de la topographie, du climat, de la végétation et de l'usage des terres (Mara, 1992).

<sup>1</sup> Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

<sup>2</sup> École Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, Maroc

La quantification de la production d'un pâturage n'est pas chose aussi aisée à effectuer que celle par exemple d'une céréale ou d'une culture fourragère. Dans une culture ou dans un pré de fauche, la végétation est coupée, chargée, transportée et conservée et il est facile de la mesurer, la peser au cours de l'une de ces étapes, ou même dans ce dernier cas de compter les balles sur le champ. En ce qui concerne la qualité de la récolte, elle pourrait être analysée sur un petit échantillon, ce qui n'est que très rarement fait en ce qui concerne les foin. Certes, le nombre de méthodes de quantification de la végétation était très important (Gounot, 1961) et le choix ne manquait pas, mais la complexité de l'ensemble des écosystèmes pastoraux du pays, rendait insuffisante l'application stricte d'une de ces méthodes. Les recherches envisagées nécessitaient une utilisation échelonnée de l'ensemble des caractères phyto-écologiques et écologiques déterminants sur le plan pastoral et l'emploi de plusieurs méthodes pouvant s'intégrer et permettre l'élaboration d'une étude complète s'imposait obligatoirement.

La préoccupation des instances nationales et internationales, vis-à-vis de l'état de dégradation des parcours, particulièrement ceux arides et semi-arides conduira les chercheurs et gestionnaires à rechercher les méthodes de quantification des ressources sylvo-pastorales les plus efficaces et les moins coûteuses, permettant à assurer les bases rationnelles du développement pastoral.

La quantification de la production fourragère a donc un rôle très spécifique; elle va permettre de fournir les données de base à partir desquelles les discussions et décisions doivent être engagées.

Plusieurs méthodes de quantification de la production fourragère peuvent être envisagées; elles ont presque toutes été imaginées au siècle dernier mais ont subi de multiples corrections, aménagements et raffinements qui ont fait oublier ce qu'elles en étaient à l'origine. La production fourragère demeure une expression du milieu très liée aux conditions climatiques journalière, mensuelle, saisonnière et annuelle; donc d'une instabilité inter et intra annuelle.

A ce sujet, le recouvrement, quantifié d'une manière scientifique, représente mieux le potentiel pastoral des parcours qui reflète en même temps l'état des écosystèmes face à la pression animale et anthropique.

La difficulté en matière de quantification du recouvrement de la végétation des écosystèmes pastoraux réside généralement, dans la présence de plusieurs strates (arbustive, buissonnante et herbacée) directement accessible pour les animaux. Face à cette complexité, il existe des méthodes plus adaptées à une strate et non à l'autre et vice-versa.

Parmi toutes ces méthodes, on distingue celles qui sont plus adaptées à la strate herbacée ou à la strate arbustive et d'autres, mieux adaptées aux deux strates.

On se demande alors de l'existence d'une ou des méthodes qui approchent d'une manière objective et plus fiable le recouvrement des ressources pastorales au niveau des écosystèmes sylvo-pastoraux multi-strates au niveau des écosystèmes méditerranéens.

La présente étude concerne huit écosystèmes sylvo-pastoraux multi-strates situés essentiellement au niveau des zones arides et semi-arides du pays. Elle vise à comparer sur le terrain, la pertinence de trois méthodes de quantification de la végétation pastorale, les plus couramment employées à cette

fin, à savoir: la méthode du point d'interception, la méthode des points quadrats simples et la méthode combinée (utilisation simultanée des deux premières sur le même transect).

La comparaison de ces trois méthodes de quantification est fondée sur les trois critères suivants: Le recouvrement des espèces herbacées, Le recouvrement des espèces arbustives et le recouvrement global des deux strates (arbustive et herbacée). L'objectif global de cette étude est de pouvoir identifier une méthode qui approche d'une manière objective et plus fiable le recouvrement au niveau des écosystèmes pastoraux multi-strates méditerranéens.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Présentation des écosystèmes étudiés

Les huit écosystèmes étudiés ont été choisis dans les quatre régions d'Aderj, de Tendirra, d'Essaouira et dans la forêt de la Maâmora (Figure 1).

- Pour la zone d'**Aderj**, le travail a porté sur deux écosystèmes: Ecosystème de *Tetraclinis articulata* à *Cistus libanotis*, Ecosystème de *Tetraclinis articulata* à *Rosmarinus officinalis*
- Pour la zone de **Tendirra**, le travail a porté sur deux écosystèmes: Ecosystème de *Stipa tenacissima* à *Noaea mucronata*, Ecosystème de *Stipa tenacissima* pure.
- Pour la zone d'**Essaouira**, le travail a porté sur deux écosystèmes: Ecosystème de *Tetraclinis articulata* en mélange avec *Argania spinosa* au niveau du SIBE «Jbel Amsittene», Ecosystème d'*Argania spinosa* pure au niveau de la commune rurale d'Imi n'Tlit.
- Pour la forêt de la **Maâmora**, le travail a porté sur deux écosystèmes: Ecosystème de *Quercus suber* à *Thymelaea lythroides*, Ecosystème de *Quercus suber* à *Teline linifolia*.

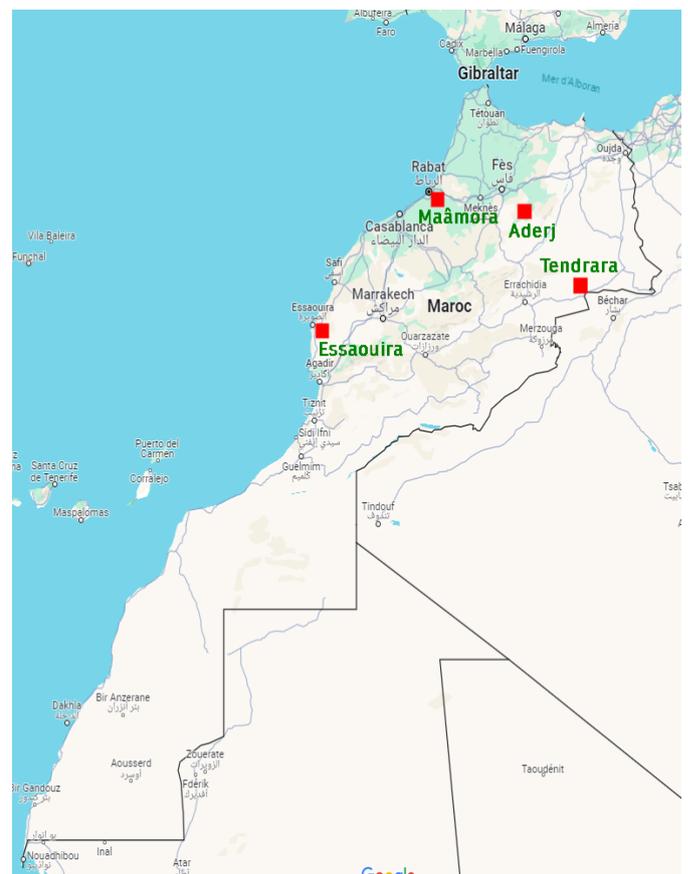


Figure 1: Répartition spatiale des écosystèmes choisis

### Approche méthodologique

Avant de procéder au choix des méthodes à comparer, une analyse bibliographique concernant les différentes méthodes utilisées pour la quantification de la végétation pastorale, a été réalisée afin de cerner les principales caractéristiques concernant ces techniques.

Afin de répondre aux objectifs assignés au présent travail, l'approche méthodologique adoptée porte sur la comparaison de trois méthodes de quantification du recouvrement parmi toutes les méthodes les plus employées. Il s'agit de:

- La méthode du point d'interception ou de pin-point;
- La méthode des points quadrats simples;
- La méthode combinée.

Ces méthodes ont été mises à l'épreuve pour estimer le recouvrement de la strate herbacée, le recouvrement de la strate arbustive et le recouvrement global des deux strates.

### Délimitation des zones homogènes de chaque écosystème

En se basant sur les images satellitaires, la plateforme Google Earth Pro et les sorties de prospection sur terrain, on a pu délimiter des zones relativement homogènes au niveau de chaque écosystème étudié. Chacune de ces zones homogènes est considérée comme une mosaïque de plusieurs sous strates homogènes, constituant ainsi l'espace au niveau duquel les aires minimales ont été délimitées et qui sont conçues comme les aires sur lesquelles la quasi-totalité des espèces de la communauté végétale est représentée (Michael, 2006) (Figure 2).

A l'intérieur de chaque aire minimale ainsi délimitée, on a effectué un relevé phytoécologique;

- Trois répétitions de la méthode de quantification du recouvrement par points d'interceptions;
- Trois répétitions de la méthode de quantification du recouvrement par points quadrats simples (deux transects croisés de 10 m chacun).
- Trois répétitions de la méthode combinée (deux transects croisés de 10 m chacun).

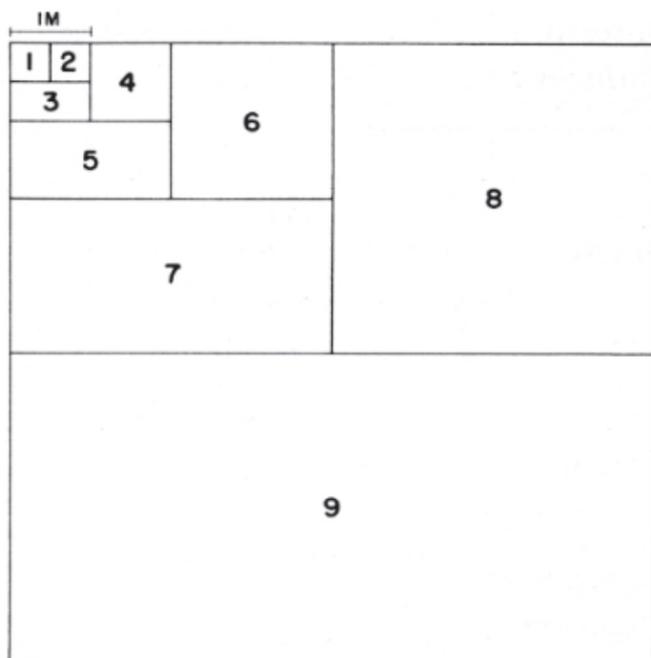


Figure 2: Le système emboîté pour déterminer l'aire minimale (Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974)

### Méthodes de quantification du recouvrement adoptées

Les inventaires des ressources pastorales font partie des pratiques traditionnelles pour l'évaluation, le suivi et la planification d'aménagements pastoraux. Il s'agit d'utiliser des techniques et des outils basés sur des paramètres facilement mesurables pouvant approcher d'une manière objective le recouvrement des espèces pastorales en particulier. Les méthodes de quantification du recouvrement adoptées dans ce travail sont citées dans ce qui suit.

#### Méthode des points quadrats simples (Floret, 1988)

La méthode des points quadrats de Levy et Madden (1933) et qui a été reprise par de nombreux auteurs (Boudet, 1984; Daget, 1971; Daget et Poissonnet, 1971, 1991; Daget *et al.*, 1995; Gaston, 1992; PNUD, 2006), est une méthode fastidieuse. Cela n'empêche qu'elle a été utilisée récemment avec succès au Burkina Faso par divers auteurs (Zoungrana, 1991; Doulkoum, 2000; Dayamba, 2005; Ouédraogo, 2008).

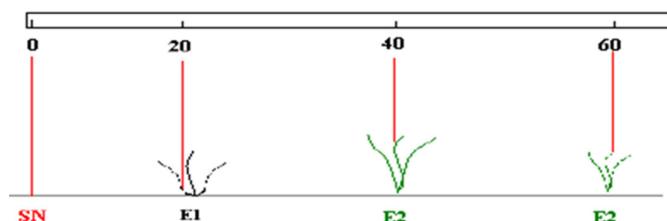


Figure 3: Schématisation de la méthode des points quadrats simples

La méthode des points quadrats simples permet le calcul des paramètres caractéristiques de la végétation définis par Daget et Poissonnet (1971):

- La fréquence spécifique de l'espèce (i) (FSi): le nombre de points où l'espèce (i) a été rencontrée;
- La fréquence centésimale de l'espèce (i) (FCi):

$$FCi = (FSi / N) \cdot 100$$

- La contribution spécifique de l'espèce (i) (CSi):

$$CSi (\%) = (FSi / \sum(FSi)) \cdot 100$$

Cette méthode permet aussi de calculer la valeur pastorale d'un milieu, obtenue en multipliant la contribution spécifique de chaque espèce par son indice de valeur pastorale.

#### L'interception linéaire (Parker et Savage, 1944 in Floret, 1988)

La méthode de la ligne d'interception dite de «line intercept» ou méthode de Canfield est la plus adaptée pour les arbustes (Figure 4). Elle permet une mesure plus précise du recouvrement, puisque dans ce cas les espèces ont des formes géométriques bien déterminées. Cette méthode consiste à mesurer, sur une ligne de longueur déterminée retenue comme grandeur d'échantillonnage, la longueur de la projection horizontale de l'appareil aérien des individus successivement rencontrés. Le rapport de la longueur

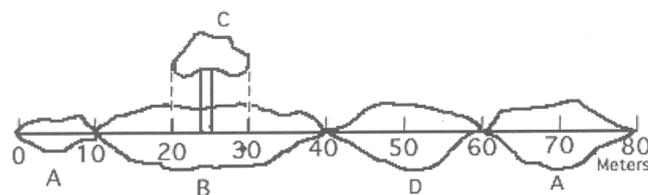


Figure 4: Illustration de la mesure de la largeur des touffes interceptées à l'aide de la méthode la ligne d'interception

occupée par les individus d'une même espèce à la longueur échantillonnée exprime son recouvrement (Floret, 1988), soit:  $\text{Recouvrement} = (\sum Li/l) 100$  Avec:  $\sum Li$  est la longueur totale occupée par une espèce (i) le long d'un ruban de longueur égale à 10 m.

### Méthode combinée (Qarro, 1982)

Comme son nom l'indique, c'est une méthode qui combine à la fois les deux méthodes, à savoir les points quadrats simples déjà expliquée et l'interception linéaire.

Le principe consiste à mesurer la longueur recouverte par les espèces arbustives le long d'une ligne tendue au-dessus de la végétation, ainsi que le recensement des divers espèces herbacées et arbustives au niveau des transects, tous les 20 cm.

### Méthode du point d'interception ou de pin-point (Jonas-son, 1983)

L'estimation du recouvrement de la végétation herbacée et arbustive peut être obtenue en utilisant la méthode du point d'interception encore appelée méthode pin-point (Levy et Madden, 1933).

En plus de l'estimation du recouvrement de la végétation herbacée et arbustive, une petite modification de la technique d'échantillonnage permet aussi une estimation non destructive de la biomasse végétale (Goodall, 1952; Johnston, 1957).

### Typologie des écosystèmes

Parmi les méthodes numériques couramment employées pour l'analyse des grands tableaux de données, on se réfère très souvent aux méthodes d'analyses multivariées à savoir: l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Elle permet de traiter en un minimum de temps un nombre important de relevés floristiques et elle est utilisée pour l'étude de la végétation, du milieu et des peuplements forestiers au Maroc (M'hirit, 1982; Achhal, 1986; Fennane, 1987; Ezzahiri, 1989; Aafi, 1995 et 2007; Nefaoui, 1996; Chkheichekh et Chkheichekh *et al.*, 2015).

### Test d'indépendance de Khi-carré de PEARSON

Le test d'indépendance du khi-carré (l'écriture anglaise est «chi-square») a été développé par Karl Pearson (1857-1936). Ce test d'indépendance est utilisé à partir d'un tableau de contingence, dans le but est de tester l'indépendance entre les modalités méthode de quantification du recouvrement et les modalités écosystèmes concernant le nombre d'espèces recensées. Ce test est basé sur le calcul de la statistique Khi-Carré, selon l'expression suivante:

$$\chi^2 \text{ observé} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 \frac{(foij - ftij)^2}{ftij}$$

Avec:

foij: La fréquence observée dans la modalité ij du tableau de contingence,

ftij: La fréquence théorique dans la modalité ij du même tableau.

Si le khi-carré observé est inférieur au khi-carré théorique:  $\chi^2 (14; 0,05)$ , on peut admettre l'indépendance entre le nombre d'espèces recensées et la méthode de quantification du recouvrement appliquée, dans le cas contraire, la dépendance entre les deux facteurs est certaine.

### Comparaison des trois méthodes de quantification du recouvrement par l'ANOVA1

Pour la réalisation de la comparaison des trois méthodes de quantification du recouvrement, nous avons fait appel à l'analyse de la variance à un facteur de classification dont les conditions d'application ont été préalablement vérifiées.

La validité de cette analyse suppose des populations normales, de même variance et des échantillons aléatoires simples et indépendants.

L'homoscédasticité des erreurs a été vérifiée par le test de Bartlett, basé sur la statistique  $\chi^2 \text{ obs} \leq \chi^2 (1-\alpha)$  à (P-1) degrés de liberté,  $\alpha$  étant le risque d'erreur de première espèce.

Quant à l'hypothèse de normalité des populations étudiées, de nombreuses études relatives aux modèles fixes admettent que l'analyse de la variance est peu sensible à la non normalité des populations, tant en ce qui concerne le niveau de signification que la puissance du test (Baker et Collier, 1966) cité par Dagnelie (1975).

Lorsqu'à l'issue de l'ANOVA1, on est amené à accepter l'effet du facteur, il est nécessaire de comparer les moyennes relatives à chaque modalité du facteur. Dans ce cas, on a effectué chaque fois, le test de Newman-Keuls.

Cette technique d'analyse de la variance est importante pour étudier l'effet des facteurs qualitatifs sur une réponse. Tel est le cas dans notre étude, où on a analysé:

- L'effet de la méthode de quantification du recouvrement utilisée sur le nombre d'espèces herbacées et arbustives recensées;
- L'effet de la méthode de quantification du recouvrement sur le recouvrement en % des espèces, des strates (Herbacée et arbustive) et global.

Étant donné que les valeurs observées du recouvrement sont inférieures à l'unité, leur transformation permet de normaliser dans une certaine mesure leurs distributions et de stabiliser leurs variances (Dagnelie, 1975).

Selon le même auteur, la transformation angulaire ou arcsinus, recommandée dans les problèmes relatifs aux proportions, n'est commode que si l'effectif (n) ou le dénominateur est constant ou sensiblement constant. Dans le cas des effectifs inégaux que nous avons rencontré dans ce travail, la proportion observée (R) du recouvrement peut être mise sous une nouvelle forme:

$\theta = \arcsin \sqrt{R}$ ; où R est la valeur observée du recouvrement.

### Analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA2)

Pour confirmer les résultats obtenus par l'analyse de la variance à un seul critère de classification, nous avons poussé l'analyse à l'aide d'une analyse de la variance à deux critères de classification qui consiste, dans un premier temps, à décomposer la dispersion totale des données, en quatre origines:

- La part imputable au premier facteur (méthode),
- La part imputable au second facteur (écosystème),
- La part imputable à l'interaction des 2 facteurs (méthode-écosystème),
- La part non expliquée, ou résiduelle.

Puis, dans un second temps, à évaluer, à l'aide d'un test statistique, si les parts factoriels, et celle relative à l'interaction, sont significativement supérieures à la part résiduelle. Cette méthode d'analyse de la variance est importante pour étudier l'effet «méthode d'inventaire», écosystème et

l'interaction méthode-écosystème sur le recouvrement en % des espèces, des strates (Herbacée et arbustive) et global.

**Analyse de la variance multiple (ANOVAM)**

L'analyse de variance multivariée (ANOVAM) utilise le même cadre conceptuel que l'ANOVA simple. Il s'agit d'une extension de cette dernière analyse permettant de prendre conjointement en compte, plusieurs variables éventuellement interdépendantes plutôt qu'une seule.

L'ANOVAM teste les effets de facteurs sur plusieurs variables réponses. Avec une ANOVAM, il est donc possible de tester conjointement toutes les hypothèses testées par une série d'ANOVA simples avec plus de chance d'observer un effet significatif.

Dans la présente étude, nous avons adopté l'analyse de la variance multiple pour étudier l'effet du facteur « méthode de quantification » sur les trois variables suivantes, simultanément considérées:

- Le recouvrement herbacé par relevé et par écosystème,
- Le recouvrement arbustif par relevé et par écosystème,
- Le recouvrement global par relevé et par écosystèmes.

**Le test T2 de Hotelling**

Le test T2 de Hotelling ou distribution de Hotelling, associée à la distribution de Hotelling qui peut être approximée par la distribution F de Snedecor, peut servir pour vérifier la validité de l'hypothèse d'égalité des vecteurs moyens issus de deux populations de même matrice de variances et covariances mais inconnue (Anderson, 1958; Jensen, 1972; Jhonson *et al.*, 1988).

Tel est le cas de notre étude, où ont été étudiées les relations entre les recouvrements moyens et la nature de la méthode utilisée pour les calculs.

Les composantes (x1, x2, x3) des trois vecteurs moyens considérés sont:

- x1 = Recouvrement herbacé,
- x2 = Recouvrement arbustif,
- x3 = Recouvrement global.

Cette statistique de Hotelling suppose que les populations parentes sont multi normales et que les échantillons sont extraits de manière aléatoire et simple. On a donc considéré les échantillons: X(1)=(X1(1) ... Xα(1) ... Xn1(1)) avec X(1)~Np(μ(1), Σ) X(2)=(X1(2) ... Xα(2) ... Xn1(2)) avec X(2)~Np(μ(2), Σ)

$$\bar{X}(i) = \frac{1}{n_i} \sum_{\alpha=1}^{n_i} X(i)\alpha$$

D'où la matrice des sommes des carrés et des produits des écarts pour l'échantillon i est:

$$A(i) = \sum_{\alpha=1}^{n_i} (X(i)\alpha - \bar{X}(i)) (X(i)\alpha - \bar{X}(i))'$$

Il en découle (Anderson *et al.*, 1972) que la statistique T2 de Hotelling est calculée par l'expression:

$$T2 = \frac{n1*n2}{n1+n2} (\bar{X}(1) - \bar{X}(2))' S^{-1}(\bar{X}(1) - \bar{X}(2))$$

Avec: S = (A(1) + A(2)) / (n1 + n2 - 2)

Où n1 et n2 sont respectivement les tailles du premier et du second échantillon et S la matrice de variances et covariances.

L'hypothèse H0 μ(1) = μ(2) sera rejetée si:

$$F_{obs} = \frac{n1+n2-p-1}{p} \frac{T^2}{n1+n2-2} > F(p, n1+n2-p-1, \alpha)$$

**RÉSULTATS ET DISCUSSION**

**Résultats de l'analyse numérique par l'AFC**

Ce traitement préliminaire concerne la totalité des espèces et relevés échantillonnés sur le terrain. Les valeurs propres relatives à ce traitement sont présentées dans le tableau 1.

**Le calcul des valeurs propres**

Ce traitement préliminaire concerne la totalité des espèces et relevés échantillonnés sur le terrain. Les valeurs propres relatives à ce traitement sont présentées dans le tableau 1.

Dans cette analyse, seul le plan factoriel (1x2) semble être le plus pertinent, puisqu'il absorbe le maximum d'informations et explique 90,5 % de la variabilité totale. Les deux valeurs propres des deux premiers axes sont relativement élevées et distinguées par rapport aux autres valeurs propres.

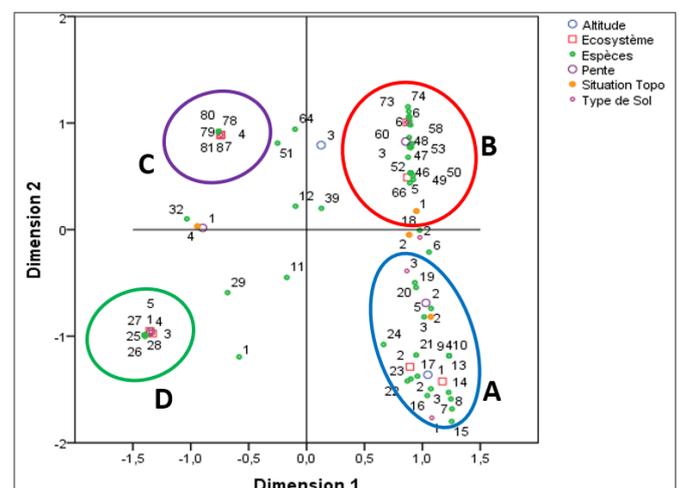
Le premier axe explique 86,8 % de l'information avec une valeur propre de l'ordre de 0,52. Pour le deuxième axe, celui-ci explique 64,1 % de l'information avec une valeur propre de l'ordre de 0,38.

**Tableau 1: Valeurs propres**

Dimension	Alpha de Cronbach	Variance expliquée		
		Total (valeur propre)	Inertie	Pourcentage de variance expliquée
1	0,970	0,5207	0,868	86,8
2	0,888	0,3848	0,641	64,2
<b>Total</b>		0,9055	1,509	
<b>Moyenne</b>	0,935a	4,527	0,755	75,5

La moyenne du coefficient Alpha de Cronbach est de 0,935 très proche de 1, elle est donc satisfaisante.

L'examen de la dispersion du nuage de points et le contrôle des contributions absolues et relatives des écosystèmes et des différentes modalités des descripteurs retenus, mis en jeu conjointement, a permis de déterminer quatre types de milieux écologiques qui s'individualisent nettement dans le plan factoriel (1x2) (Figure 5).



**Figure 5: Représentation dans le plan factoriel 1 x 2 des écosystèmes et des modalités des descripteurs écologiques**

### Typologie écologique

L'établissement de la typologie des écosystèmes étudiés se base sur l'expression en opposition et gradient de modalités des différents descripteurs des conditions écologiques. L'examen et l'interprétation du plan factoriel (1x2) a permis de distinguer les quatre types de milieu.

#### Milieu de type A: écosystèmes à Thuya

Ce type de milieu réunit les relevés réalisés au niveau des deux écosystèmes au niveau de la région d'ElAderj, à savoir: Thuya à Ciste de Liban et Thuya à Romarin (Tableau 2).

**Tableau 2: Espèces et familles caractéristiques du milieu de type A**

Espèces	Famille
<i>Tetraclinis articulata</i>	Cupressaceae
<i>Juniperus phoenicea</i>	Cupressaceae
<i>Quercus rotundifolia</i>	Fagaceae
<i>Globularia alypum</i>	Globulariaceae
<i>Cistus libanotis</i>	Cistaceae
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae
<i>Fumana thymifolia</i>	Cistaceae
<i>Thymus munbyanus ssp ciliates</i>	Lamiaceae
<i>Retama retam oides</i>	Fabaceae
<i>Phillyrea latifolia</i>	Oleaceae
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiaceae
<i>Brachypodium distachyon</i>	Poaceae
<i>Ampelodesma mauritanica</i>	Poaceae
<i>Dactylis glomerata</i>	Poaceae
<i>Euphorbia chamaesyce</i>	Euphorbiaceae
<i>Clinopodium vulgare</i>	Lamiaceae
<i>Sisymbrium irio</i>	Brassicaceae
<i>Alyssum maritimum</i>	Brassicaceae
<i>Koeleria vallesiana</i>	Poaceae

Sur les plans édaphique et physio-graphique, ce milieu se distingue également par des sols bruns calcaires, des sols de type squelettique rocaillieux sur le versant sud, mais suite à l'influence directe du couvert, il y a formation d'une couche légère d'humus peu évolué. Il se caractérise aussi par une tranche altitudinale allant de 1 500 à 2 000 m sur des terrains constitués de micro-reliefs successifs dont les pentes varient de 20 à 40 %.

#### Milieu de type B: écosystèmes à arganier

Ce type de milieu regroupe les relevés réalisés au niveau des deux faciès, à savoir: Thuya en mélange avec l'Arganier et l'Arganier pur. La liste exhaustive des espèces et familles caractéristiques de ce milieu sont résumées dans le tableau 3.

**Tableau 3: Espèces et familles caractéristiques du milieu de type B**

Espèces	Famille
<i>Genista ferox</i>	Fabaceae
<i>Lavandula multifida</i>	Lamiaceae
<i>Euphorbia peplus</i>	Euphorbiaceae
<i>Rubia peregrina</i>	Rubiaceae
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae
<i>Allium nigrum</i>	Liliaceae
<i>Polygonum aviculare</i>	Polygonaceae
<i>Galium setaceum</i>	Rubiaceae
<i>Asphodelus microcarpus</i>	Liliaceae
<i>Centaurea pullata</i>	Asteraceae
<i>Phalaris minor</i>	Poaceae
<i>Eryngium tricuspdatum</i>	Apiaceae

Ce milieu se distingue par des sols rouges fersialitiques faiblement lessivés, souvent érodés et caillouteux. Ces sols sont en association avec des sols humifères-carbonatés (rendzines). La tranche altitudinale est située entre 580 et 715 m. Il s'agit d'une zone quasi-montagneuse accidentée avec quelques petites plaines entrecoupées de collines.

#### Milieu de type C: écosystèmes de chêne liège

Ce type de milieu représente les relevés réalisés au niveau des deux écosystèmes inventoriés à savoir: *Quercus suber* à *Thymelaea lythroides* et *Quercus suber* à *Teline linifolia* (Tableau 4).

**Tableau 4: Espèces et familles caractéristiques du milieu C**

Espèces	Famille
<i>Thymelaea lythroides</i>	Thymelaeaceae
<i>Bromus lanceolatus</i>	Poaceae
<i>Vulpia geniculata</i>	Poaceae
<i>Geranium molle</i>	Geraniaceae

Ce type de milieu se caractérise par une topographie très faiblement accidentée. En effet, l'altitude moyenne ne dépasse pas 100 m; la pente, elle est très faible en général. Le relief, pratiquement plat et à circulation facile à travers l'ensemble de la forêt. Les sols caractérisant ce milieu sont généralement des sables sur argile.

#### Milieu de type D: écosystèmes de steppes

Ce type de milieu réunit les relevés qui ont été réalisés au niveau des deux faciès à savoir: Alfa à *Noaea mucronata* et Alfa pure (Tableau 5).

**Tableau 5: Espèces et familles caractéristiques du milieu D**

Espèces	Famille
<i>Noaea mucronata</i>	Amaranthaceae
<i>Astragalus minim</i>	Fabaceae
<i>Barbarea vulgaris</i>	Brassicaceae
<i>Schismus barbatus</i>	Poaceae

Ce milieu est caractérisé par des sols limoneux à argilo-limoneux et pauvre en matière organique. On constate souvent à la surface la présence d'une mince pellicule dite de battance; qui par sa faible porosité, réduit l'infiltration des eaux de pluies et favorisant le ruissellement. Ce type de milieu se trouve sur un terrain quasiment plat, à une altitude qui atteint 1300 m.

### Résultats du test d'indépendance

Le test d'indépendance est utilisé ici pour vérifier si le nombre d'espèces herbacées et arbustives recensées au niveau des huit écosystèmes, varie d'une méthode d'inventaire à l'autre. En d'autres termes, il s'agit de voir, si parmi les trois méthodes d'inventaire, certaines recensent plus d'espèces par rapport à d'autres. Les résultats des calculs sont consignés dans les tableaux 6 et 7.

### Analyse de la variance à un seul critère de classification (ANOVA1)

Comme cela a été expliqué dans le chapitre méthodologique, l'analyse de la variance concerne l'étude de l'effet de la méthode de quantification du recouvrement utilisée sur:

- Le nombre d'espèces recensées;
- Le recouvrement en % des espèces, des strates (Herbacée et arbustive) et global.

### Effet de la méthode sur le nombre d'espèces recensées

#### Cas des espèces herbacées

Le tableau 8 résume les résultats de l'analyse de la variance relative au nombre d'espèces herbacées recensées par les trois méthodes de quantification du recouvrement étudiées.

D'après le tableau 8, on constate que la signification est de 95 % strictement supérieur au seuil de signification de 5 %, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'effet significatif de la nature de la méthode utilisée sur le nombre d'espèces herbacées recensées. En d'autres termes, les trois méthodes de quantification du recouvrement donnent le même résultat vis-à-vis des espèces herbacées.

#### Cas des espèces arbustives

Le tableau 9 résume les résultats de l'analyse de la variance relative au nombre d'espèces arbustives recensées par les trois méthodes de quantification du recouvrement étudiées.

D'après le tableau qui précède, on remarque que la signification est supérieure au seuil de 5 %, cela veut dire qu'il n'y

pas d'effet significatif de la nature de la méthode utilisée sur le nombre d'espèces arbustives recensées. Comme c'était le cas pour les herbacées, les trois méthodes de quantification du recouvrement ne se distinguent pas non plus pour le recensement des espèces arbustives.

Les résultats de l'analyse de la variance à un facteur de classification, confirment ceux obtenus par le test d'indépendance avec le Khi-carré de Pearson.

### Effet de la méthode sur le recouvrement par espèce, pour l'ensemble des écosystèmes, par strate et global

D'après les résultats obtenus par le test d'analyse de la variance à un seul facteur méthode, on peut conclure que la variable méthode exerce effectivement une influence sur le recouvrement moyen en % des espèces, écosystèmes, strates et global. Autrement dit, les moyennes du recouvrement obtenues par les trois méthodes sont différentes les unes des autres au sein des huit écosystèmes étudiés.

**Tableau 6: Nombre d'espèces herbacées recensées par écosystème par chacune des trois méthodes de quantification du recouvrement**

Méthode	Eco1	Eco2	Eco3	Eco4	Eco5	Eco6	Eco7	Eco8	Total
Point d'interception	8	4	7	18	16	13	16	8	90
Points quadrats simples	6	6	7	17	17	13	18	11	95
Combinée	7	7	7	18	13	13	19	12	96
<b>Total</b>	21	17	21	53	46	39	53	31	281

**Tableau 7: Nombre d'espèces arbustives recensées par écosystème par chacune des trois méthodes de quantification du recouvrement**

Méthode	Eco1	Eco2	Eco3	Eco4	Eco5	Eco6	Eco7	Eco8	Total
Point d'interception	8	5	1	0	8	4	2	5	33
Points quadrats simples	12	5	1	0	8	4	3	6	39
Combinée	7	6	1	0	8	4	3	6	35
<b>Total</b>	27	16	3	0	24	12	8	17	107

Avec:

Eco1: Ecosystème de *Tetraclinis articulata* à *Cistus libanotis*;

Eco2: Ecosystème de *Tetraclinis articulata* à *Rosmarinus officinalis*;

Eco3: Ecosystème de *Stipa tenacissima* à *Noaea mucronata*;

Eco4: Ecosystème de *Stipa tenacissima* pure;

Eco5: Ecosystème d'*Argania spinosa*;

Eco6: Ecosystème de *Tetraclinis articulata* en mélange avec *Argania spinosa*;

Eco7: Ecosystème de *Quercus suber* à *Thymelaea lythroides*;

Eco8: Ecosystème de *Quercus suber* à *Teline linifolia*.

Les valeurs de  $\chi^2_{\text{obs}}$  pour les tableaux 6 et 7 sont respectivement égales à 2,61 et 1,48. Les valeurs théoriques correspondantes au risque  $\alpha = 5\%$  à 12 et à 14 degrés de liberté, sont respectivement égales à 21,0 et 23,7. Donc, le nombre d'espèces recensées ne dépend pas de la méthode de quantification du recouvrement utilisée.

**Tableau 8: Analyse de la variance du nombre d'espèces herbacées recensées en fonction de la méthode de quantification du recouvrement utilisée**

Source de variation	Somme des carrés des écarts	ddl	Carré moyen	F	Signification
Méthode	2,583	2	1,292	0,051	0,950
Variation résiduelle	532,375	21	25,351		
<b>Total</b>	534,958	23			

**Tableau 9: Analyse de la variance du nombre d'espèces arbustives recensées en fonction de la méthode de quantification du recouvrement utilisée**

Source de variation	Somme des carrés des écarts	ddl	Carré moyen	F	Signification
Méthode	2,333	2	1,167	0,109	0,898
Variation résiduelle	225,625	21	10,744		
<b>Total</b>	227,958	23			

**Analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA2) par espèce, pour l'ensemble des écosystèmes, par strate et global**

En se basant sur des données de l'analyse de la variance à deux facteurs pour le recouvrement par espèce, par strate (herbacée et arbustive) et global, on constate que les résultats de l'ANOVA2 concordent bien avec ceux de l'ANOVA1.

**Analyse de la variance multiple**

L'analyse de la variance multiple à un critère de classification, à laquelle nous avons fait appel ici, nous a servi pour comparer les moyennes de plusieurs populations dans le cas où on a prélevé de façon indépendante, au sein de chacune d'elle, un échantillon aléatoire simple.

Les fondements théoriques de cette méthode peuvent être consultés dans les ouvrages de base tels que Anderson (1958), Morrisson (1967), Dagnelie (1977) et Johnson *et al.* (1982). Les données de base de l'analyse sont résumées dans les matrices suivantes:

$$X^{(i)} = \begin{matrix} \text{RAi1} \\ \text{RAi2} \\ \text{RAi3} \end{matrix} \begin{matrix} \left\{ \begin{matrix} \text{RHi1} & \text{RHi2} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{RAi2} & \text{RAi3} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{RHi1} & \text{RHi2} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{matrix} \right. & \begin{matrix} \text{RHini} \\ \text{RAini} \\ \text{RGini} \end{matrix} & \bar{X}^{(i)} = \left\{ \begin{matrix} \overline{\text{RH}} \\ \overline{\text{RA}} \\ \overline{\text{RG}} \end{matrix} \right\}$$

Où : i = 1, 2, 3,

$\bar{X}^{(i)}$  vecteur moyen pour la classe i.

Le principe de la méthode consiste à étudier le rapport:

$$\Omega(x) = \frac{\det \hat{\Sigma}}{\det \hat{\Sigma}}$$

Où:

det est le déterminant,

$\hat{\Sigma}$  : Variation totale,

$\hat{\Sigma}$  : Variation résiduelle.

Pour une taille d'échantillon assez élevée (n), on démontre que l'expression  $m \log \Omega(x)$  suit approximativement la loi du «Khi-carré» à  $p(q-1)$  degrés de liberté, où p est le nombre de lignes de la matrice  $X^{(i)}$ , q est le nombre de groupes à comparer.

$$m = n - 1 - (p + q) / 2$$

L'application de cette démarche aux trois méthodes de quantification en question, fournit les résultats qui suivent:

$$\Omega(x) = 13,9$$

$$m \log \Omega(x) = 132,6.$$

Au risque d'erreur égale à 5 % et à 6 degrés de liberté, le seuil critique fourni par la table du  $\chi^2$  est égale à 12,6; valeur bien inférieure à la valeur observée.

En conséquence, nous pouvons affirmer que les trois vecteurs moyens sont dans l'ensemble différents, ce qui veut dire que les trois méthodes d'inventaire donnent des résultats différents. Cela concorde bien avec les conclusions fournies ci-dessus.

Comme c'était le cas pour l'ANOVA simple, il est donc nécessaire de comparer les vecteurs moyens pour pouvoir classer les méthodes selon les valeurs moyennes qui en découlent. L'outil employé à ce sujet, est la statistique  $T^2$  de Hotelling évoquée dans ce qui précède.

**• Comparaison des vecteurs moyens deux à deux**

Dans le cas de notre exemple, l'application du test  $T^2$  de Hotelling suppose l'égalité des matrices de variances et covariances des vecteurs considérés.

En somme, sous l'hypothèse  $H_0: \mu^{(1)} = \mu^{(2)}$ , on démontre que:

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{X}^{(1)} - \bar{X}^{(2)})' S^{-1} (\bar{X}^{(1)} - \bar{X}^{(2)})$$

Où:

$n_1$  et  $n_2$ : tailles respectives du premier et du second échantillon,

S: la matrice estimée des variances et covariances,

$T^2$ : statistique de Hotelling.

Il en découle que:

$$F_{ob} = \frac{n_1 + n_2 - p - 1}{p} \frac{T^2}{n_1 + n_2 - 2} \approx F(p, n_1 + n_2 - p - 1, \alpha)$$

L'application de ce test à nos données fournit les résultats suivants:

**• Comparaison des vecteurs  $\bar{X}^{(1)}$  et  $\bar{X}^{(2)}$**

Les vecteurs moyens sont:

$$\bar{X}^{(1)} = \begin{cases} 77,6 \\ 30,3 \\ 107,9 \end{cases} \quad \text{et} \quad \bar{X}^{(2)} = \begin{cases} 86,3 \\ 34,6 \\ 120,9 \end{cases}$$

Il en découle donc que :  $T^2 = 2,21$ , d'où  $F_{ob} = 0,7$ .

La valeur théorique de la statistique de Fisher-Snedecor au risque  $\alpha = 0,05$  et à 3 et 46 degrés de liberté est égale à: **F (3,46 ; 0,05) = 2,81**

La valeur observée de F permet de conclure que les vecteurs moyens considérés sont significativement égaux; il en découle que les méthodes des points quadrats simples et du point d'interception donnent des valeurs équivalentes.

**• Comparaison des vecteurs  $\bar{X}^{(2)}$  et  $\bar{X}^{(3)}$**

Les vecteurs moyens sont:

$$\bar{X}^{(2)} = \begin{cases} 86,3 \\ 34,6 \\ 120,0 \end{cases} \quad \text{et} \quad \bar{X}^{(3)} = \begin{cases} 83,6 \\ 43,3 \\ 126,9 \end{cases}$$

Il en découle donc que :  $T^2 = 22,2$ , d'où:

$$F_{ob} = 7,26$$

La valeur théorique de la statistique de Fisher-Snedecor au risque de  $\alpha = 0.05$  et à 3 et 92 degrés de liberté est égale à: **F (3,92, 0.05) = 2,69**

En conclusion, les vecteurs moyens  $\bar{X}^{(2)}$  et  $\bar{X}^{(3)}$  ne sont pas significativement égaux; cela veut dire que les méthodes des points quadrats simples et combinée fournissent des résultats différents.

Les modules des deux vecteurs moyens sont:

$$|\bar{X}^{(3)}| = (83,6^2 + 43,3^2 + 126,9^2)^{1/2} = 158,0$$

$$|\bar{X}^{(2)}| = (86,3^2 + 34,6^2 + 120,9^2)^{1/2} = 152,6$$

$|\bar{X}^{(3)}| > |\bar{X}^{(2)}|$ , les valeurs moyennes fournies par la méthode combinée sont supérieures à celles fournies par la méthode des points quadrats simples.

**• Comparaison des vecteurs  $\bar{X}^{(1)}$  et  $\bar{X}^{(3)}$**

Il en découle donc que:  $T^2 = 18,8$ , d'où:

$$F_{ob} = 6,15$$

La valeur théorique de la statistique de Fisher-Snedecor au risque de  $\alpha = 0,05$  et à 3 et 46 degrés de liberté est égale à: **F (3,92;0,05) = 2,69**

Les deux vecteurs sont différents, au seuil de probabilité de  $\alpha = 0,05$ ; ce qui est normal: la méthode du point d'interception donne des résultats différents de ceux de la méthode combinée.

En se basant sur les données du recouvrement par strate et global, nous avons montré que les trois méthodes donnent globalement des résultats différents: la méthode combinée fournit des valeurs différentes des deux autres lesquelles fournissent les mêmes valeurs.

On constate donc que les résultats de l'ANOVAM concordent bien avec ceux de l'ANOVA1 et ceux de l'ANOVA2.

### Conclusion des tests de fiabilité

D'après les analyses effectuées pour les valeurs de recouvrement par strate (arbusive, herbacée) on note bien pour l'ensemble des écosystèmes les conclusions suivantes:

- Les recouvrements de la strate herbacée ne relatent aucune différence pour les trois méthodes;
- Par contre, pour la strate arbusive, il ressort que le recouvrement quantifié par la méthode des points quadrats simples ne diffère pas de celui fourni par la méthode du point d'interception, alors que la méthode combinée s'en distingue bien de ces deux précédentes et enregistre des valeurs plus élevées. En se basant sur le recouvrement global (strate arbusive et strate herbacée), il ressort bien que:
- Le recouvrement donné par la méthode des points quadrats simples ne diffère pas de celui fourni par la méthode du point d'interception;
- Le recouvrement donné par la méthode combinée s'en distingue des deux autres et enregistrent des valeurs moyennes plus faibles.

Donc, il paraît bien que la méthode combinée donne des valeurs toujours différentes des autres. Elle peut être considérée comme fiable avec elle-même et plus fiable pour la quantification des recouvrements des deux strates des écosystèmes sylvo-pastoraux pour les raisons principales suivantes:

- En capitalisant les avantages de la méthode de points quadrats simple pour les herbacées en assimilant la fréquence centésimale au recouvrement, surtout lorsque le nombre de point observé par zone homogène est supérieur à 100 (dans notre cas on a opté pour 300 points par zone homogène);
- En annulant les inconvénients de la méthode simple pour les arbustes, dont le recouvrement est sous-estimé par la méthode de contact;
- En capitalisant les avantages de la méthode d'interception linéaire pour la quantification des recouvrements des arbustes auxquels elle est plus adaptée;
- En annulant les inconvénients de la méthode d'interception linéaire pour les herbacées, dont le recouvrement par projection est difficile est trop subjectif.

### CONCLUSION

La présente étude a été menée dans cette optique afin de distinguer la méthode qui approche d'une manière objective et plus fiable le recouvrement au niveau des écosystèmes en question. Pour se faire, nous avons procédé à la comparaison des résultats des trois méthodes employées respectivement pour: (i) les mesures du recouvrement par espèce au sein de chaque écosystème et pour l'ensemble des écosystèmes, (ii) du recouvrement par strate pour chaque écosystème et pour l'ensemble des écosystèmes et (iii) du recouvrement global de l'ensemble des strates.

A ce sujet, les données recueillies sur le terrain ont fait l'objet d'analyses statistiques variées.

Dans un premier temps, nous avons élaboré une typologie des huit écosystèmes à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances multiple (AFCM). Les résultats de cette analyse

ont mis en évidence les quatre types de milieux qui suivent:

- Milieu à *Tetraclinis articulata* à *Cistus libanotis* et *Tetraclinis articulata* à *Rosmarinus officinalis*, rencontrés dans la région d'Adrej,
- Milieu à *Tetraclinis articulata* en mélange avec *Argania spinosa* et *Argania spinosa* pure de la région d'Essaouira,
- Milieu à *Quercus suber* à *Thymelaea lythroïdes* et *Quercus suber* à *Teline linifolia* de la Maâmora,
- Milieu à *Stipa tenacissima* à *Noaea mucronata* et *Stipa tenacissima* pure identifié à Tendrara.

Par la suite, les calculs fournis par le test d'indépendance ont montré que le nombre d'espèces herbacées et arbustives recensées, ne dépend pas de la méthode de quantification du recouvrement utilisée. En d'autres termes, les trois méthodes de quantification du recouvrement ont recensé le même nombre d'espèces.

Par ailleurs, les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification montrent que les trois méthodes donnent des résultats globalement différents sur les recouvrements des espèces (herbacées et arbustives) considérées au niveau de chaque écosystème et au niveau de tous les écosystèmes.

En ce qui concerne le recouvrement par strate pour les écosystèmes considérés individuellement, les trois méthodes donnent des résultats pratiquement différents sur les recouvrements des deux strates arbustives et herbacées.

Pour l'ensemble des écosystèmes, l'analyse des recouvrements de la strate herbacée ne donne aucune différence avec les trois méthodes; par contre, pour la strate arbusive, nous avons montré que le recouvrement moyen fourni par la méthode des points quadrats simples ne diffère pas de celui fourni par la méthode du point d'interception, alors que la méthode combinée s'en distingue par une valeur plus élevée.

En se basant sur le recouvrement global, nous avons montré que le recouvrement moyen fourni par la méthode des points quadrats simples ne diffère pas de celui fourni par la méthode du point d'interception, alors que la méthode combinée s'en distingue par une valeur faible.

Enfin, l'analyse de la variance multiple concernant les recouvrements herbacés, arbustifs et global, montre que les trois méthodes donnent globalement des résultats différents. Dans ce dernier cas, il s'en suit bien que la méthode combinée se distingue nettement des deux autres; ces deux dernières donnent le même résultat.

En somme, il apparaît bien que la méthode combinée donne des valeurs toujours différentes des autres. Elle peut être considérée comme fiable avec elle-même et plus fiable pour la quantification des recouvrements des deux strates des écosystèmes sylvo-pastoraux pour les raisons principales suivantes:

- En capitalisant les avantages de la méthode simple des points quadrats pour les herbacées, en assimilant la fréquence centésimale au recouvrement, surtout lorsque le nombre de points observés par zone homogène est supérieur à 100 (dans notre cas, on a opté pour 300 points par zone homogène);
- En annulant les inconvénients de la méthode des points quadrats simples pour les arbustes, dont le recouvrement est sous-estimé par la méthode de contact;
- En capitalisant les avantages de la méthode d'interception linéaire pour la quantification des recouvrements des arbustes auxquels elle est plus adaptée;
- En annulant les inconvénients de la méthode d'interception linéaire pour les herbacées, dont le recouvrement par projection est difficile et trop subjectif.

## RÉFÉRENCES

- Aberdeen J., (1958). The effect of quadrat size, plant size and plant distribution on frequency estimates in plant ecology, *Aust. J. Bot.*, 6: 47-58.
- Achour H., (1983). Étude phytoécologique des formations à Alfa (*Stipa tenacissima* L.) du sud oranais. Thèse de spécialité, USTHB, Alger, 216 p.
- Aidoud A., Nedjraoui D., Djebaili S., Poissonet J., (1982). Evaluation des ressources pastorales dans les Hautes plaines steppiques du sud oranais: productivité et valeur pastorale des parcours, *Biocénose*, 1: 43-62.
- Akpo Le., Grouzis M., (2000). Valeur pastorale des herbages en région soudanienne: le cas des parcours sahéliens du Nord-Sénégal. *Tropicicultura*, 18: 1-8.
- Alain M., Malin A., (2006). Inventaires floristiques et fauniques des milieux naturels des propriétés des Sulpiciens (Montréal). Prêtres de SaintSulpice, 142 pages.
- Anderson K.L., (1942). A comparison of line transects and permanent quadrats in evaluating composition and density of pasture vegetation of the tall prairie grass type. *J. Am. Soc. Agron.*, 34: 805-822.
- Anderson T. W., (1958). An introduction to multivariate statistical analysis. New York, J. Wiley, 374p.
- Anderson T. W., Das Gupta S., Styan G.P.H., (1972). A bibliography of multivariate statistical analysis. Edinburg, Oliver and Boyd, 642p.
- Annexe de l'arrêté n°010 ML/SG /DL de la République du Niger portant adoption du guide national d'inventaire des espaces pastoraux et des ressources pastorales.
- Anwar khan Ch., (1974). New adjustable, decimal, collapsible quadrat vs three old quadrat. an evaluation, *J. Rg. Mgt.*, 27: 71-75.
- Archaux F., Bergès L., Chevalier R., (2004). Techniques d'échantillonnage de la végétation pour le suivi et la caractérisation de la biodiversité: test de méthodes à l'attention des gestionnaires. — Rapport d'avancement, 3<sup>e</sup> tranche de la Convention DERF/ Cemagref n° 61.45.36/01, 61 p.
- Archibald E., (1952). A possible method for estimating the area covered by the basal part of plants, *S. Afr. J. Sci.*, 48: 286-292.
- Arny A., Schmid A., (1942). A study of the inclined point quadrat method of botanical analysis of pasture mixtures, *J. Amer. Soc. Agron.*, 34: 238-247.
- Arrhenius O., (1922). A New Method for the Analysis of Plant Communities. *J. Ecol.*, 10:185-199.
- Ayiko L., (1975). Détermination des potentiels d'amélioration des terrains de parcours, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux. Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abbeba: 277-280.
- Bah M., (1985). Suivi de l'évolution du recouvrement des herbacées et de la valeur pastorale dans les parcours de garrigue (Causse de la Selle), Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 31 p.
- Baker B., Eynden T., Boggess, (1981). Hay yield determinations of mixed swards using a disk meter. *Agron. J.*, 69: 393-396.
- Barry J.P., Boudet G., Bourgeot A., Celles J.C., Coulibaly A.M., Leprun J.C., Maniere R., (1983). Étude des potentialités pastorales et de leur évolution en milieu sahélien au Mali, ACC-GRIZA/LAT/DGRST. Paris, 116 p.
- Barthram G., Elston D., Bolton G., (2000). A comparison of three methods for measuring the vertical distribution of herbage mass in grassland. *Grass and Forage Sci.*, 55: 193-200.
- Belghazi B., (1990). Étude de l'écologie et de la productivité du pin maritime (*Pinus pinaster* var Magh.) en peuplements artificiels au nord du Maroc. Thèse Docorat, IAV Hassan II, 169 p.
- Beretta E., Cadenazzi M., (1989). Descripción de métodos empleados en evaluación de pasturas con animales, Comm. X Reuniao do grupo tecnico regional do cone sul melhoramento e utilizacao dos recursos forrageiros das areas tropical e subtropical, Cosquin, Argentine, Nov. 1988: 57-58.
- Berkat O., (1992). Étude de l'impact d'une mise en repos pastoral dans les pâturages steppiques de l'Orient du Maroc sur la restauration de la végétation. Notice des cartes du marché n°3/89/DE. Rabat, Maroc, Ministère de l'Agriculture, 56 p.
- Bernard-Brunet J., Bornard A., (2004). Outils pour les diagnostics pastoraux et la gestion des milieux pâturés d'altitude. *Ingénieries*, NS: 69-80.
- Bertoletti L., (1967). Méthode d'analyse floristique. Note N° 30, ITCF, Paris, 2 p.
- Boly O., (1997). Problématique du pâturage dans des massifs forestiers du Burkina Faso: Synthèse bibliographique. MEE-GTZ.
- Bonham Ch., (1976). An optimum sampling strategy for plant species frequencies. *J. Rg. Mgt.*, 29: 160-165.
- Boudet G., (1991). Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT. Collection Manuels et Précis d'Élevage.
- Boudet G., Bayens F., (1963). Une méthode d'étude et de cartographie des pâturages tropicaux. *Rev. Elev. Med. vét. Pays trop.*, 16: 191-219.
- Boudet G., Gaston A., Merigout P., Roy F., (1989). Les relevés par points quadrats simples et l'analyse multivariable pour le suivi de la valeur pastorale des parcours sahéliens, Actes XVI Congr. Int. Herb. Nice, A.F.P.F., Versailles: 1431-1432.
- Braun-Blanquet J., (1934). Prodrôme des groupements végétaux. Fasc. 1 Ammophiletalia et Salicornietalia mediet. Comité Int. Prodrôme Phytosoc., 23 pp. Montpellier.
- Brehman H., De Ridder N., (1991). Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. ACCT-CTA-Karthala.
- Brown D., (1954). Methods of surveying and measuring vegetation. Commonwealth Bur. Pastures and Field Crop, Hurley, 223 p.
- Cain S., de Olivera Castro G., (1959). Plotless sampling, in Manual of vegetation analysis: 133-134.
- Canfield R., (1941). Application of the line intercept method in sampling range vegetation. *J. Forest.*, 39: 388-394.
- Carly G., Jaime K., Yuval S., Marcelo S., (2012). Quantitative vs qualitative vegetation sampling methods: a lesson from a grazing experiment in a Mediterranean grassland. *Applied vegetation science*, 16: 502-508.
- Caviedes E., (1977). Valeur pastorale de la végétation des terrains de parcours du Montpellierais. Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 57 p.
- Cesar J., (2005). L'évaluation des ressources fourragères naturelles. Fiche n°17, Cirdes, Unité de recherche en production animale, Bobo-Dioulasso, 12 p.
- Ciheim M., (1995). Sylvopastoralisme et développement: De la gestion traditionnelle à l'aménagement. Actes du 3<sup>e</sup> séminaire international du Réseau Parcours. 13-15 Octobre 1994, Tabarka, Tunisie.
- Coll., (1983). Pastoralisme montagnard, Cemagref, Inst. Nat. Études Rurales Mont., Doc n 188, 167 p.
- Comité de l'alimentation et de l'agriculture, (1951). Résumé des méthodes utilisées pour déterminer la qualité des herbages (France). O.E.C.E., Paris, Note DT/A/AG/250, 7 p.
- Confield R.H., (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 39: 388-394.
- Cook C., Box T., (1961). A comparison of loop and point methods of analysing vegetation. *J. Rg. Mgt.*, 14: 22-27.
- Cora M., Daget Ph., (1996). Une utilisation des dénombrements dans l'analyse des ligneux des pâturages. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.*, 49: 74-75.
- Corre J., (1970). La méthode des transects dans l'étude de la végétation littorale. *Bulletin Académie et Société Loraines des Sciences*, 9: 59-79.
- Cottam G., Curtis J., (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37: 451-460.
- Cozic P., (1987). Une méthode de diagnostic pastoral: de la composition de la végétation à la charge animale à préconiser. Comptes rendus de recherches, FAO-CEMAGREF, 211p.
- Daget P., Poissonet J., Huguenin J. (2010). Prairies et pâturages, méthodes d'étude terrain et interprétation. CIRAD/CNRS.
- Daget Ph., Ickowicz A., (1999). Évaluer la densité des ligneux par la méthode des distances: un problème, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.*, 52: 263-269.

- Daget Ph., Konaté T. (1994). Pondérer les espèces dans les formations herbacées très hautes. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays Trop.*, 49: 72-73.
- Daget Ph., Poissonet J., (1971). Principes d'une technique d'analyse quantitative des formations herbacées. In Daget, Ph. Edit., Méthodes d'inventaire: 85-100.
- Daget Ph., Poissonet J., (1971). Une méthode d'analyse phytologique des prairies: Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22: 5-41.
- Daget Ph., Poissonet J., (1974). Quelques résultats sur les méthodes d'étude phyto-écologiques, la structure, la dynamique et la typologie des prairies permanentes, *Fourrages*, 59: 71-81.
- Daget Ph., Poissonet J., (1978). Un aspect méthodologique des études comparatives de carrés permanents sur prairies naturelles, *Phytocoenosis*, 7: 151-164.
- Daget Ph., (1972). Appareils optiques pour l'observation de la végétation -Points-quadrats-, Note n 11/H, Cnrs-CEPE, Montpellier, 12 p.
- Daget Ph., (1996). Mesurer le recouvrement des ligneux dans les végétations ouvertes des pâturages. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.*, 49: 76-77.
- Daget Ph., Edit., (1971). Méthodes d'inventaire phyto-écologique et agronomique des prairies permanentes, C.R. Séminaire Montpellier 25 - 26 Mars 1969, Doc N° 56, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 206 p.
- Daget Ph., Poissonet J., Brau-Nogué C., (2000). Quelques méthodes de terrain en pastoralisme et leur interprétation. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.*, 50: 145-148.
- Daget Ph., Poissonet J., Poissonet-Ogereau P., (1975). Analyse des formations herbacées complexes de la zone tempérée. Rapport général d'activité, CNRS-CEPE, Montpellier: 14-18.
- Daget, P. (1977). Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34: 87-103.
- Daniel C., Plantouz Dc., (2018). Méthodes descriptives des peuplements végétaux. pp.1-8.
- Danton P., Baffray H., (1995). Inventaire des plantes protégées en France. Editions Nathan - AFCEV - Yves Rocher, 294 p.
- David H., Matthew F., Graham T., Michael S., Philip S., (2005). Handbook of biodiversity methods survey, evaluation and monitoring. Cambridge University Press.
- Dayamba D., (2005). Influence des feux de brousse sur la dynamique de la végétation dans le Parc W du Burkina. Mémoire d'ingénieur, IDRIUPB Burkina Faso, 72p.
- De Vries D.M., (1937). Methods used in scientific plant sociology and in agricultural botanical grassland research. *Herbage Reviews*, 5: 187-193.
- Deffontaines J-P., Joulet J-P., Quiblier M., Salomez P., Savini I., Senn O., (1996). Diagnostic pastoral en alpage. Rapport de synthèse, 61 p.
- Delassus L., Laurent E., Colasse V., (2017). Méthodes d'inventaire et de cartographie des séries et petites géoséries de végétation. Guide méthodologique. Brest: Conservatoire botanique national de Brest, 63 p.
- Delassus L., (2015). Guide de terrain pour la réalisation des relevés phyto-sociologique. Conservatoire botanique national de Brest.
- Descoings B., (1971). Méthode de description des formations herbeuses intertropicales par la structure de la végétation, *Canadolea*, 26: 223-257.
- Descoings B., (1975). Méthode d'étude de la structure des formations herbeuses tropicales, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux. Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abeba: 147-158.
- Devineau J., (1976). Essai d'utilisation de la méthode des «points contacts» pour l'étude de la répartition verticale des racines. *Bull. Liaison des chercheurs de Lamto*, Novembre: 26-33.
- Diamouangana J., (1979). Étude des formations herbeuses de la plaine de Dihesse (République populaire du Congo). Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 179 p.
- Doukoulou G., (2000). Problématique des espaces agro-sylvo-pastoraux dans la province du Bam: le cas de la relique de brousse de Tanlili. Mémoire d'Ingénieur IDRIUPB, Burkina Faso, 113p.
- Duranton J.F., (1983). Étude du tapis végétal. Montpellier, Cirad-Irct, 32 p.
- Echoalp, (2007). Étude de la végétation dans le cadre d'un diagnostic pastoral.
- Emberger L., Gounot M., Ionesco T., Long G., Roussine N., (1957). Description et mode d'emploi d'une fiche de relevé pour l'inventaire de la végétation. CNRS-CGV, Montpellier 17 p.
- Escoufier B., Pagès J., (1992). Analyses factorielles simples et multiples. Dunod, Paris, 2<sup>ème</sup> édition, 274 p.
- Evans R., Love M., (1957). The step-point method sampling. a practical tool in range research, *J. Range Mgt.*, 10.: 208-212.
- Fisser H., (1961). Variable plot, square foot plot and visual estimate for shrub crown cover measurements. *J. Rg. Mgt.*, 14: 202-207.
- Floret C., (1988). Méthodes de mesure de la végétation pastorale. Pastoralisme et développement, CHIEAM, Montpellier, 157 p.
- Gaston A., (1982). Essai de méthodes de suivi continu du couvert ligneux. C.R. Projet IsraFaoPnue, Daker, 23 p.
- Gaston A., (1983). Le couvert herbacé au Ferlo sénégalais, Coll. «Méthode d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux - Application au développement», 9 p.
- Gaucherand, S., Lavorel, S. (2007). New method for rapid assessment of the functional composition of herbaceous plant communities. *Austral Ecology*, 32: 927-936.
- Gillas D., Jean M.V., Tanguy J., (1997). Inventaire et caractérisation de la flore et des groupements végétaux du massif de la Tiébaghi. ORSTOM Sciences de la vie-Botanique, 9, 64.
- Gintzburger G., Saidi S., Soti V., (2005). Rangelands of the Ravnina region in the Karakum desert (Turkmenistan). Current condition and utilization, DARCA, Aberdeen - CIRAD, Montpellier, 125 p
- Gleason H.A., (1920). Some Applications of the Quadrat Method. *Bull. Torrey Bot. Club.*, 47: 21-33.
- Glèlè K.R., Salako V.K., Lykke A.M., (2016). Techniques d'échantillonnage en étude de végétation. *Annales des Sciences Agronomiques*, 20: 1-13.
- Godron M., Daget Ph., Emberger L., Le Floc'h E., Long G., Poissonet J., Sauvage Ch., Wacquant J.P., (1968). Code pour le relevé méthodique de la végétation et des milieux, Ed. Cnrs Paris, 292 p.
- Godron M., J. Poissonet, (1967). Méthodes d'étude des formations herbacées denses. C.N.R.S., C.E.P.E. Doc. 35, 28 p.
- Godron M., Poissonet J., Poissonet-Ogereau P., (1979). Méthodes d'étude des formations herbacées denses – Essais d'application à l'étude du dynamisme de la végétation, Doc n 35, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 34 p.
- Goodall D. W., (1952). Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. *Australian Journal of Science Research*, 5: 1-41.
- Goodall D., (1952). Point-quadrat methods for analysis of vegetation. *Austr. J. Sci.*, B, 5: 457-461.
- Goodall D., (1954). Objective methods for the classification of vegetation. *Austr. J. Sci.*, 2: 304-324.
- Gaussens H., (1922). Améliorations pastorales et prairies de montagne, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 50: 299-331.
- Gounot M., (1960). Méthodes d'études et d'inventaire de la végétation pastorale et prairiale. *Fourrages*, 4: 46-52.
- Gounot M., (1965). Les méthodes d'inventaire de la végétation, *Bull. C.G.V.*, B1, 6: 7-73.
- Gounot M., (1969). Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson et Cie. 314 p.
- Greig-Smith P., (1964). Quantitative plant ecology. Butterworths Sci. Pub., 198 p.
- Grouzis M., (1982). Méthodes d'étude des pâturages. ORSTOM, Ouagadougou, 43 p.

- Hamidou B., (1987). Relations herbe-arbre en conditions pâturées. Influence du recouvrement arboré des taillis de Chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.). Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 152 p.
- Herbaults J., (1972). Essai d'aménagement pastoral d'un matorral à cistes (domaine d'El Koudia - Pays Zaër). Inst. Agron. et Vétér. Hassan II, Rabat, publ. tirage lim., 51 p.
- Heslehurst M. R., (1971). The point quadrat method of vegetation analysis: a review. University of Reading, Dept. of Agriculture.
- Hiernaux P., (1978). L'inventaire du potentiel fourrager des arbres et arbustes d'une région du sahel malien, méthodes et premiers résultats. In Le Houerou, Les fourrages ligneux en Afrique. Etat actuel des connaissances. Addis Abeba, Ethiopie, ILCA, 195-201.
- Hiernaux P., (1989). Le suivi des ressources pastorales et de leur gestion en regard des productions animales qu'elles engendrent au Sahel. Approche méthodologique, CIPEA, Bamako, 50 p.
- Horton J., (1941). The sample plot as a method of quantitative analysis of chaparral vegetation in southern California. *Ecology*, 22: 457-468.
- Horton J.S., (1941). The Sample Plot as a Method of Quantitative Analysis of Chaparral Vegetation in Southern California. *Ecology*, 22: 457- 468.
- Houssard C., Escarre J., Romane F., (1982). Méthodes d'études du couvert de la végétation dans les taillis de chêne vert. *Acta Oecol. Oecol. Applic.*, 3: 53-70.
- Ickowicz A., (1995). Maisons-Alfort: CIRAD-EMVT, 482 p. Thèse d'université, Sciences de la Vie et de la Santé.
- Issa G., Bakary D., Illa S., Amadou B., Ibra T., Bernard T., (2015). Évaluation des ressources pastorales au Sahel nigérien à l'aide des données NDVI issues de SPOT-Vegetation et MODIS. *European Journal of Applied Remote Sensing*, 1: 13-26.
- Jaccard P., (1941). Sur le coefficient générique. *Chronica botanica*, 6: 361-364.
- Jean B.B., André B., (2004). Outils pour les diagnostics pastoraux et la gestion des milieux pâturés d'altitude. *Sciences Eaux et Territoires*, (Spécial Ingénieries-EAT-19): 69-80.
- Jean-Michel N.W., (2006). Méthode d'étude de la végétation. Université Louis Pasteur, Institut de Botanique-Strasbourg.
- Jensen D.R., (1972). Some simultaneous multivariate procedures using Hotelling T<sup>2</sup> statistics. *Biometrics*, 28: 39-53.
- Johnson, P., Johnson, C., West, N., (1988). Estimation of phytomass for ungrazed crested wheatgrass plants using allometric equations. *J. Rg. Mgt.*, 41: 421-425.
- Johnston A., (1957). A comparison of the line interception, vertical point-quadrat and loop methods as used in measuring basal area of grassland vegetation. *Can. J. Plant. Sci.*, 37: 34-42.
- Jonasson S., (1983). The point intercepts method for non-destructive estimation of biomass. *Phytocoenologia*, 11: 385-388.
- Kaiser L., (1983). Unbiased estimation in line-intercept sampling. *Biometrics*, 39: 965-976.
- Kemp C., Kemp A., (1956). The analysis of point quadrat data. *Austr. J. Bot.*, 4: 167-174.
- Kerlau M., Le C.S., Vincent L., (2013). Méthode de l'aire minimale. Université de Nantes.
- Kim D., (1964). Studies on the use of the point quadrat methods – I – A comparison of the vertical point quadrat and inclined point quadrat methods in analysis of pasture mixtures. *J. Jap. Grassld. Sci.*, 10: 13-17.
- Kim D., (1967). A statistical study of point quadrat method used in determining the botanical composition of natural grassland and pasture mixtures. *Res. Rep. Office, Rur. Dev. Suwon (Corée)*, 10: 21-27.
- Kinsinger F., Eckert R., Currie P., (1960). A comparison of the line-interception, variable plot and loop methods as used to measure shrub-crown cover. *J. Rg. Mgt.*, 13: 88-92.
- Le Floch E. Edit. (2007). Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation, Contribution technique n°1, ROSELT/OSS, 176 p.
- Le Houerou H.N., (1980). L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne (1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> partie). *Forêt méditerranéenne, Tome II*, no 1 et 2.
- Ledent J.F., (1976). Comment interpréter les fréquences de contact dans les analyses de surface photosynthétiques par la méthode des points-quadrats dans le cas d'une distribution binômiale négative. *Biom. -Praxim.*, 16: 37-49.
- Levy E.G., Madden E. A. (1933). The point method of pasture analysis. *New Zealand Journal of Agriculture*, 46: 267-279.
- Lindsay A., (1956). Sampling methods and community attributes in forest ecology. *Forest sci.*, 2: 287-296.
- Long G., (1957). La 3-step method Description sommaire et possibilités d'utilisation pour l'observation permanente de la végétation. *Bull. Serv. Carte Phyt.*, B, 2: 35-43.
- Long G., (1958). Description des méthodes linéaires pour l'étude de l'évolution de la végétation. *Bull. Serv. Carte Vég., série B*, 2: 107-127.
- MARA (1992). Stratégie de Développement des Terres de Parcours au Maroc. Situation Actuelle des Terres de Parcours, Vol. 1: Inventaire des Ressources Fourragères des Parcours. Direction de l'Elevage, Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, Rabat, Maroc.
- Marie F.B., Olivier B., Guillaume M.R., (2002). Inventaire et évaluation floristique et phyto-coenotique du Coteau d'Acquin. Centre Régional de Phyto-sociologie, Nord/Pas-de-Calais
- Moujanni S., (2007). Étude comparative de semis directs de glands et des jeunes plants du chêne liège dans la forêt de la Maâmora (Cantons A et B). *Forêt Méditerranéenne*, XXXII: 01-314.
- Mueller-Dombois, D., H. Ellenberg, (1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, New York.
- Nowosad F., Newton Swales D., Dore W., (1936). The identification of certain native and naturalized hay and pasture grasses by their vegetative characters. *Pasture Stud. IX, Tech. Bull.*, 16, McGill Univ., Macdonald College, Montreal, 78 p.
- Olang M., (1984). Méthodes d'évaluation des pâturages naturels, in Recherches sur l'amélioration des pâturages en Afrique orientale et australe. *C.R. atelier, Harara*: 484-496.
- Ouédraogo D., (2008). Caractérisation des ressources fourragères et des pratiques pastorales du terroir de Kotchari à la périphérie du Parc W. Mémoire d'ingénieur, IDRIUPB, Burkina Faso, 86p.
- Oulibaly A., (1979). Approche phytoécologique et phytosociologique des pâturages sahéliens au Mali (région de Gourma). Thèse, Univ. de Nice, 180 p.
- Ozenda P., (1982). Les végétaux dans la biosphère. Doin éd., Paris, 431 p.
- Pagot J., Derbal Z., Lahore J., (1954). Méthode pratique d'analyse floristique des pâturages tropicaux. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, VII: 173-175.
- Parker K., Savage D., (1944). Reliability of the line interception method in measuring vegetation on the southern great plains. *J. Amer. Soc. Agron.*, 36: 97-110.
- Paule S. P., Jacques A.P., Michel P.G., Gilbert A.L., (1969). A Comparison of Sampling Methods in Dense Herbaceous Pasture. *Rangeland Ecology and Management/Journal of Range Management Archives*, 26: 65-67.
- Perry R., Wilcox D., (1975). Une méthode utilisée en Australie pour estimer la capacité de charge, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux. Actes Coll. Bamako sur l'Inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux, ILCA, Addis Abeba: 257-258.
- Piot J., Nebout J.P., Nanot R., Toutain B., (1980). Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Étude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Burkina Faso). CTFT-IEMVT, Maisons Alfort: 213 p.
- Poissonet, P., Poissonet, J. (1969). Étude comparée de diverses méthodes d'analyse de la végétation des formations herbacées denses et permanentes. Documents CNRS-CEPE, (50), 120.
- Poissonet J., (1964). Quelques remarques sur l'étude des formations herbacées pastorales et sur l'expression des résultats. In Emberger et Long: 50-57.

- Poissonnet, P. S., Poissonnet, J. A., Gordon, M. P., Long, G. A. (1973). A comparison of sampling methods in dense herbaceous pasture. *Rangeland Ecology and Management/Journal of Range Management Archives*, 26: 65-67.
- Poissonnet J., César J., (1972). Étude Comparée de Diverses Méthodes d'Analyse de la végétation. Doc. N° 50. CNRS/CEPE: Montpellier, 120 p.
- Poulton C., Tisdale E., (1961). A quantitative method for the description and ification of range vegetation. *J.Rg. Mgt.*, 14: 13-21.
- Powell T., (1973). An evaluation of a capacitance meter (grass-meter) for pasture yield estimation. *Exp. Husb.*, 21: 27-31.
- Powell T., (1974). Evaluation of weighted disk-meter for pasture yield estimation on intensively stocked dairy pasture. *N.Z.J. of esp. Agric.*, 2: 237-241.
- Qarro, M., (1982). Étude quantitative et qualitative de la végétation herbacée de la zone d'Ain Leuh, moyen atlas-plateau central (Maroc), 490 p.
- Reid D., (1951). A quantitative method for determining palatability of pasture plants. *J. British Grassl. Soc.*, 6: 187-195.
- Rémi F., (2013). Méthode simplifiée du relevé phyto-sociologique en Zones humides. Formation ZH FMA/AESN, CBN Bailleul.
- Richard C., Grégoire G., Frédéric A., (2010). Relevés floristiques pour le suivi de la biodiversité végétale des écosystèmes forestiers: éléments de réflexion pour faire les bons choix. *Revue forestière française*, 62: 141-154.
- Roselt/Oss (2007). Guide méthodologique pour le suivi et l'évaluation de la flore et de la végétation, collection ROSELT/OSS, document technique n°1, Tunis, 155p.
- Roux G., Roux M., (1957). A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. *Rev. Stat. Appl.*, 14: 59-72.
- Saidou O., Douma S., Djibo A.Z., Fortina R., (2010). Analyse du peuplement herbacé de la station sahélienne expérimentale de Toukounous (Niger). *Sécheresse*, 21: 154-160.
- Sauvage. Ch., (1951). Les pâturages marocains. Problème technique; Problème humain Problème d'éducation. *Bull. éco. et soc. Maroc*, 51: 587-590.
- Sharrow S., (1984). A simple disk-meter for measurement of pasture height and forage bulk. *J. Rg. Mgt.*, 37: 94-95.
- Sorrells L.R., Glenn S.M., (1990). Annotated Bibliography of Techniques for Sampling Grassland Plant Communities. Unpublished Report, Oklahoma Biological Survey, Norman.
- Spedding C., Large R., (1957). A point-quadrat method for the description of pasture in terms of height and density. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 12: 229-234.
- Theau J.-P., Cruz P., Fallour D., Jouany C., Lecloux E., Duru M., (2010). Une méthode simplifiée de relevé botanique pour une caractérisation agronomique des prairies permanentes. *Fourrages*, 201: 19-25.
- Thilenius J., (1966). An improved vegetation sampling quadrat. *J. Range Mgt.*, 19: 40.
- Thomas W., Lazenby A., (1968). Some comparisons of inclined point quadrat and air flow planimeters methods for measuring leaf area index of grass swards. *J. British. Grassl. Soc.*, 23: 268-273.
- Toure L. Gillet H., (1989). Techniques d'inventaire des ligneux et de la biomasse ligneuse appréciée. Actes Sem. Régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N°Gaoundéré: 251-264.
- Toutain B., Deslandes P., (1979). Méthodes de mesure pour le contrôle continu des pâturages. Dans "Développement de l'élevage dans la vallée de la Nouhao (Haute-Volta)", IEMVT, Maisons-Alfort: 133-139.
- Turner M.G., Gardner R.H. (1991). Quantitative methods in landscape ecology. New York, Springer.
- Voltaire F., (1989). Étude phyto-écologique des formations herbacées de Corse. Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 180 p.
- Von Broembsen H., (1965). A study of the methods of vegetation measurement by means of an electronic analogue apparatus. Proc. IX° Int. Grassld. Congr., Sao Paulo, 7 p.
- Warren-Wilson J., (1950). Analysis of spatial distribution of foliage by two dimensional point quadrat, *The New Phytol.*, 58: 92-101.
- Wayne Cook C., Bok T., (1961). A comparison of the loop and point intercept methods of analysing vegetation. *J. Rg. Mgt.*, 14: 22-27.
- Weirich N., (2005). «DIAGALPI», Diagnostic pastoral d'alpages laitiers. *Pastum*, 77: 8-10.
- Welter M., Le Bris X., (1992). L'herbomètre, un outil d'estimation de la masse d'herbe des prairies permanentes de Lorraine. *Fourrages*, NS: 170-171.
- Whitman W., Siggeirson E., (1954). Comparison on line interception and point contact method in the analysis of mixed grasses range vegetation. *Ecology*, 35: 431-436.
- Wilcox D., (1975). Utilisation des techniques de relevés phytosociologiques et évaluation des parcours. Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abbeba, 25-31.
- Winkworth R., Perry R., Rosetti C., (1962). A comparison of methods of estimating plant cover in arid grassland community. *J. Rg. Mgt.*, 15: 194-196.
- Yaroshento P., (1958). On methods of studying the pattern of vegetation cover, *Botanical Zhurnal (Moscou)*, 43:381-387.
- Zoungrana J., (1991). Recherche sur les aires pâturées du Burkina Faso. Thèse d'État. Université Bordeaux III. 277 p.