

INFLAMMABILITE ET TENEUR EN EAU DES COMMUNAUTES VEGETALES A *CISTUS* DANS LA REGION DE TLEMCCEN (NORD-OUEST ALGERIEN)

Smaïn El-Amine Henaoui, PhD

Mohammed Bouazza, Prof.

Stanbouli-Meziane Hassiba, PhD

Institut National de la Recherche Forestière, Algérie
Département d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers,
Université de Tlemcen, Algérie

Abstract

The study aims to highlight the fragility of *Cistus* plant formations according to flammability and water content of plant species that colonize. The variation between the flammability and water content is irregular for tested plant taxa which leads us to affirm we can say that during the spring season the water content is not the only factor that affects the flammability of plant species, but it is strongly on the rise of the sensitivity of the latter, plant physiology returned as an element associated with it including the composition of volatile organic compounds to determine the hatching phenomenon of forest fires. The statistical treatment by factor analysis (FA) clearly shows that plant communities based on *Cistus* of the study area are very vulnerable and susceptible to fire. Finally, according to our results the High degree of flammability and water content characterizes the majority of plant taxa, the prevention and long-term forecasting is an essential step in the fight against forest fires.

Keywords: *Cistus*, Flammability, Water content, Plant communities, Factor analysis (FA), Forest fires, Tlemcen (Northwest Algeria)

Résumé

L'étude vise à mettre en évidence la fragilité des formations végétales à *Cistus* en fonction de l'inflammabilité et la teneur en eau des espèces végétales colonisées. La variation entre l'inflammabilité et la teneur en eau est irrégulière pour les taxons végétaux testés ce qui nous conduit à affirmer

que pendant la saison de printemps la teneur en eau n'est pas le seul facteur qui influe sur l'inflammabilité des espèces végétales mais elle joue un rôle prépondérant sur le haut degré de ce dernier, la physiologie de la plante rentre comme un élément associé avec cette dernière notamment la composition en composés organiques volatils afin de déterminer le phénomène d'éclosion des feux de forêts. Le traitement statistique par l'analyse factorielle (AF) montre clairement que les communautés végétales à *Cistus* de la zone d'étude sont très vulnérables et sensibles au feu. Enfin, selon nos résultats le haut degré d'inflammabilité et la teneur en eau caractérisent la majorité des taxons végétales, la prévision et la prévention à long terme est une étape essentielle dans la lutte contre les incendies de forêt.

Mots clés: Cistus, Inflammabilité, Teneur en eau, Communautés végétales, Analyse factorielle (AF), Incendies de forêt, Tlemcen (Nord-Ouest algérien).

Introduction

Les matorrals et les forêts méditerranéennes sont soumis chaque année à une période de sécheresse en été. Le manque d'eau en raison de précipitations limitées ou inexistantes, l'humidité de l'air basse et hautes températures avec des exigences élevées par évaporation augmentent les risques d'incendies de végétation (Rambal et Hoff, 1998). Le feu a une présence importante et son influence dans ces écosystèmes méditerranéens, ses dégâts dépendent principalement de l'intensité du feu et la fréquence. La reconstruction de la végétation est lente et les incendies répétitives peuvent mettre gravement en danger la revégétalisation (Francis et Thornes, 1990, Ferran et al., 1992, Bautista et al., 1994, Moench et Fusaro, 2003).

L'inflammabilité est la propriété qu'a un végétal ou une partie de végétal à s'enflammer lorsqu'il est soumis à un échauffement. Cette grandeur est à relier à la notion d'éclosion du feu. Quant à la combustibilité est la propriété qu'a un végétal ou un ensemble de végétaux à propager le feu. Cette notion intervient à une échelle plus grande que l'inflammabilité ; en effet la combustibilité caractérise plutôt une formation végétale entière avec les différentes strates qui la composent. Les paramètres souvent utilisés pour décrire la combustibilité sont de deux ordres : la puissance du front de flamme, la vitesse de propagation du front de flamme (Alexandrian et Rigolot, 1992).

L'apparence du feu ne dépend pas seulement sur les conditions météorologiques, cela dépend aussi de l'inflammabilité de la végétation. L'inflammabilité est considéré comme dépendant de l'hydratation foliaire des plantes (Trabaud, 1974, 1976, Cappelli et al., 1983, Massari et Leopaldi, 1998).

En plus de l'humidité des feuilles, de composés organiques volatils tels que les monoterpènes constituent un autre facteur de conduite possible de l'inflammabilité. Ces composés sont présents et émise par la plupart plantes méditerranéennes (Llusià et Peñuelas, 2000), mais leur réelle effets sur l'inflammabilité sont encore controversés (Cappelli et al., 1983). (White, 1994) a affirmé que l'inflammabilité était positivement en corrélation avec le contenu monoterpénoïdes. (Owens et al., 1998) confirment et renforcent les résultats de White.

Le classement d'inflammabilité des espèces forestières est une essentielle composante du danger de carburant et d'évaluation des risques d'incendie, qui sont des éléments importants de la planification judiciaire de la gestion des incendies (Le Houërou 1973, Trabaud 1976, Barney et Aldrich, 1980). En France, les données sur l'inflammabilité des espèces sont utilisées dans le cadre de la planification générale de la prévention des incendies de forêt (Cemagref, 1990).

L'inflammabilité des végétaux (la capacité d'une espèce à s'enflammer et maintenir le feu) est un phénomène complexe dont la directe mesure dans des conditions de laboratoire est à la fois difficile et douteuse, en raison de l'absence d'une méthodologie standard ainsi que la complexité des paramètres en jeu (Anderson, 1970, Mark 1988). (Mark, 1988) a examiné la littérature sur les méthodes du laboratoire d'évaluation de l'inflammabilité des végétaux et a conclu que la cote d'inflammabilité est rarement présentée dans des termes absolus. La plupart des méthodes sont basées sur la mesure du délai d'inflammation d'un échantillon de plante (heure de retard à l'allumage). En France, des recherches approfondies ont été menées afin d'évaluer l'inflammabilité relative des espèces méditerranéennes (Trabaud, 1976, Valette, 1990). (Valette, 1990) utilise le terme « inflammabilité » comme la capacité d'un carburant à s'enflammer après avoir été soumis à l'énergie calorifique. Ce terme coïncide avec le terme « ignition » dans la littérature américaine (Anderson, 1970).

Une approche de base à l'évaluation de l'inflammabilité des espèces de plantes est la quantification (mesure et analyse) de leurs propriétés physiques et chimiques. Les propriétés physiques et chimiques des plantes individuelles sont considérées comme des composantes majeures de leur inflammabilité (Mutch, 1970, Rundel, 1981, Papio et Trabaud, 1990, Albin, 1992, Whelan, 1995). (Misbach, 1982) a classé plusieurs espèces selon leur inflammabilité attendu en utilisant seulement deux propriétés (teneur en chaleur et la température d'inflammation).

Notre étude consiste à évaluer le risque d'incendie des groupements végétaux à base de cistes (*Cistus ladaniferus subsp. africanus*, *Cistus monspeliensis* et *Cistus salvifolius*) de deux chaînes montagneuses de la région de Tlemcen (Monts de Tlemcen et Monts des Traras), elle va nous

permettre de classer les espèces végétales selon les paramètres d'inflammabilité suivants : délai d'inflammation, durée de combustion et la hauteur de la flamme utilisés par (Valette, 1990) en fonction du paramètre teneur en eau. Au cours de ce travail, nous allons effectuer des comparaisons entre les paramètres d'inflammabilité étudiés afin d'avoir une idée sur l'état des taxons testés ce qui nous permet de mieux apprécier la sensibilité au feu de nos milieu naturels. La stratification du tapis végétal (strate arborée, strate arbustive et strate herbacée) reste une composante fondamentale pour analyser ce fléau.

Matériel et Méthodes

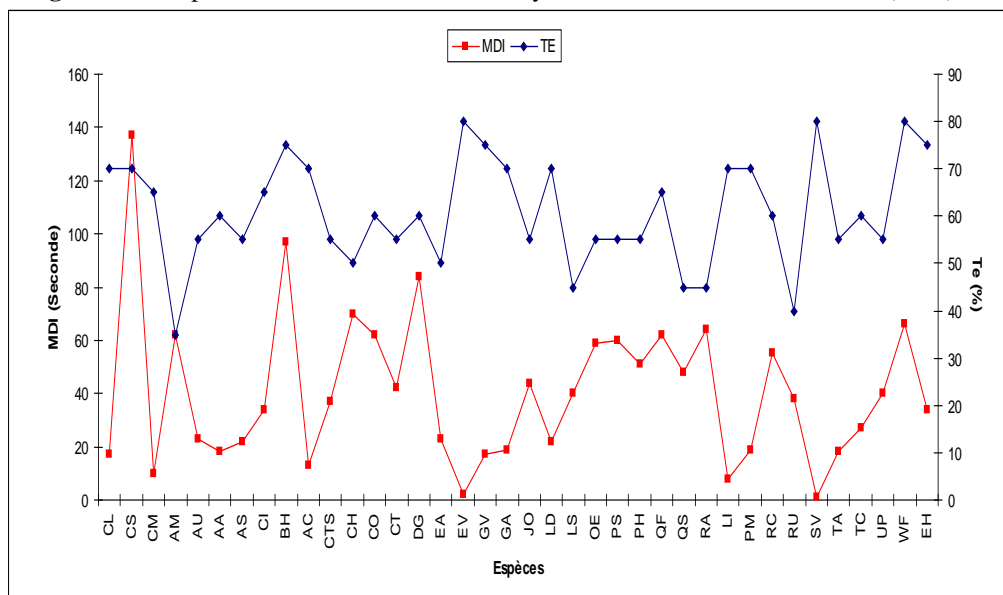
Afin de déterminer la sensibilité au feu des formations végétales de la zone d'étude (Monts de Tlemcen et Monts des Traras), nous avons adopté comme méthode celle de l'INRA d'Avignon (Valette, 1990, Moro, 2004) pour mesurer le degré d'inflammabilité de 38 espèce végétales (*Cistus ladaniferus subsp. africanus*, *Cistus monspeliensis*, *Cistus salvifolius*, *Ampelodesma mauritanicum*, *Arbutus unedo*, *Asparagus albus*, *Asparagus stipularis*, *Calycotome intermedia*, *Ballota hirsuta*, *Acacia cyanophylla*, *Chamaerops humilis*, *Ceratonia siliqua*, *Crataegus oxyacantha*, *Daphne gnidium*, *Cytisus triflorus*, *Erica arborea*, *Echium vulgare*, *Galium verum*, *Globularia alypum*, *Juniperus oxycedrus*, *Lavandula dentata*, *lavandula stoechas*, *Olea europaea*, *Phagnalon saxatile*, *Pinus halepensis*, *Quercus suber*, *Quercus faginea subsp. tlemceniensis*, *Rhamnus alaternus*, *Lonicera implexa*, *Prasium majus*, *Rosa canina*, *Rubus ulmifolius*, *Salvia verbenaca*, *Tetraclinis articulata*, *Thymus ciliatus*, *Ulex parviflorus*, *Withania frutescens* et *Euphorbia helioscopiae*). A cet effet, différents paramètres ont été pris en considération : le délai d'inflammation, la durée de combustion et la hauteur de la flamme exprimant ainsi l'inflammabilité, la combustibilité et l'intensité de combustion (le temps en seconde a été calculé par un chronomètre multi-tours pour le délai d'inflammation et la durée de combustion ; la hauteur de la flamme a été mesurée à l'aide d'une règle graduée en centimètre). La teneur en eau $[MF = (1 - MS) \times 100]^1$ est un facteur primordial qui rentre en jeu pour savoir si a une influence ou non sur les paramètres cités ci-dessus (un échantillon de 2g de matière fraîche pour chaque taxon a été mis à l'étuve 120°C pendant 24 heures). Les échantillons ont été récoltés pendant la saison printanière (Mois d'Avril et Mai 2013), un test composé de trois échantillons (10g pour chacun) mesurés par une balance électrique (1/1.000 de gramme) pour chaque espèce a été mis en œuvre à l'aide d'un brûleur à infrarouge, la température dans laquelle les échantillons commencent à brûler a été mesurer par une sonde de température d'un multimètre ce qui correspond à la position 10 (850 °C). Afin d'avoir une note d'inflammabilité pour chaque espèce végétale, deux éléments sont nécessaires : la moyenne

des délais d'inflammation et la fréquence d'inflammation, pour notre cas, nous avons pris que le premier car tous les sujets présentent des tests positifs en employant les classes issues de la formule suivante : (intervalle de classe = la valeur maximale – la valeur minimale / nombre de classe). Nous précisons que nous avons aussi attribué une note pour les autres paramètres (combustibilité, intensité de combustion et la teneur en eau) en utilisant le même principe de classification cité ci-dessus.

Résultats et Discussion

La relation entre l'inflammabilité et la teneur en eau des espèces végétales

Figure 1: Groupement La variation entre la moyenne des délais d'inflammation (MDI) et la



teneur en eau [TE (%)] des espèces végétales.

CL : *Cistus ladaniferus*, **CS** : *Cistus salvifolius*, **CM** : *Cistus monspeliensis*, **AM** : *Ampelodesma mauritanicum*, **AA** : *Asparagus albus*, **AS** : *Asparagus stipularis*, **CI** : *Calycotome intermedia*, **BH** : *Ballota hirsuta*, **AC** : *Acacia cyanophylla*, **CTS** : *Ceratonia siliqua*, **CH** : *Chamaerops humilis*, **CO** : *Crataegus oxyacantha*, **CT** : *Cytisus triflorus*, **DG** : *Daphne gnidium*, **EA** : *Erica arborea*, **EV** : *Echium vulgare*, **GV** : *Galium verum*, **GA** : *Globularia alypum*, **JO** : *Juniperus oxycedrus*, **LD** : *Lavandula dentata*, **LS** : *Lavandula stoechas*, **OE** : *Olea europaea*, **PS** : *Phagnalon saxatile*, **PH** : *Pinus halepensis*, **QF** : *Quercus faginea*, **QS** : *Quercus suber*, **RA** : *Rhamnus alaternus*, **LI** : *Lonicera implexa*, **PM** : *Prasium majus*, **RC** : *Rosa canina*, **RU** : *Rubus ulmifolius*, **SV** : *Salvia verbenaca*, **TA** : *Tetraclinis articulata*, **TC** : *Thymus ciliatus*, **UP** : *Ulex parviflorus*, **WF** : *Withania frutescens*, **EH** : *Euphorbia helioscopiae*.

L'analyse des variations de l'inflammabilité permet de hiérarchiser les espèces entre elles selon ce critère et de suivre l'évolution de l'indice de risque d'éclosion d'incendies que présentent les principales espèces en tenant

compte de leur place respective dans les différentes formations forestières (Valette, 1990).

D'après la (Figure 1), on constate qu'il y a une grande variation entre la moyenne des délais d'inflammation et la teneur en eau pour l'ensemble de la zone d'étude. Au niveau des groupements à *Quercus suber* et *Quercus faginea* (Monts de Tlemcen), Il existe des espèces végétales qui sont très inflammables malgré leurs forte teneur en eau comme par exemple *Cistus ladaniferus*, *Cistus monspeliensis*, *Calycotome intermedia*, *Arbutus unedo* et *Lonicera implexa* et on trouve aussi des taxons qui possèdent un long délai d'inflammation avec une forte teneur en eau (le cas de *Cistus salvifolius*). Concernant, les groupements du littoral à *Tetraclinis articulata* (Monts des Traras), Il y a des espèces végétales qui ont un court délai d'inflammation avec une forte teneur en eau comme le cas de *Tetraclinis articulata*, *Asparagus albus*, *Asparagus stipularis* et *Cistus monspeliensis* tandis qu'il existe des taxons qui sont moins inflammables malgré leurs forte teneur en eau (*Daphne gnidium* et *Ballota hirsuta*).

A partir des ces résultats, on peut dire que durant la saison printanière la teneur en eau n'est pas le seul facteur qui influe sur le degré d'inflammabilité des espèces végétales, la physiologie de la plante rentre comme un élément associé avec cette dernière notamment la composition en composés organiques volatils afin de déterminer le phénomène d'éclosion des feux de forêts. A cet effet, certains végétaux méditerranéens produisent et émettent des substances volatiles qui peuvent se retrouver en concentration très importante dans l'atmosphère, influençant ainsi fortement le risque d'inflammabilité des formations végétales et favorisant la propagation des incendies (Robles et al., 2003).

Traitement statistique des données avec l'analyse factorielle (AF)

Afin de rendre nos données plus explicatifs, nous avons effectué une analyse factorielle avec XLSTAT 2010 (www.xlstat.com). Le traitement statistique nous a donné les résultats suivants :

Tableau 1: Statistiques descriptives.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
MDI	38	0	38	1,000	137,000	40,658	28,178
MDC	38	0	38	29,000	161,000	81,368	32,790
MHF	38	0	38	9,000	56,000	23,474	9,622
TE (%)	38	0	38	35,000	80,000	60,789	11,362

MDI: La moyenne des délais d'inflammation ; **MDC :** La moyenne des durées de combustion ; **MHF :** La moyenne des hauteurs de la flamme ; **TE (%) :** La teneur en eau.

Tableau 2 : Matrice de corrélation [Pearson (n)].

Variables	MDI	MDC	MHF	TE
MDI	1	-0,444	-0,077	-0,189
MDC	-0,444	1	-0,433	0,318
MHF	-0,077	-0,433	1	-0,514
TE (%)	-0,189	0,318	-0,514	1

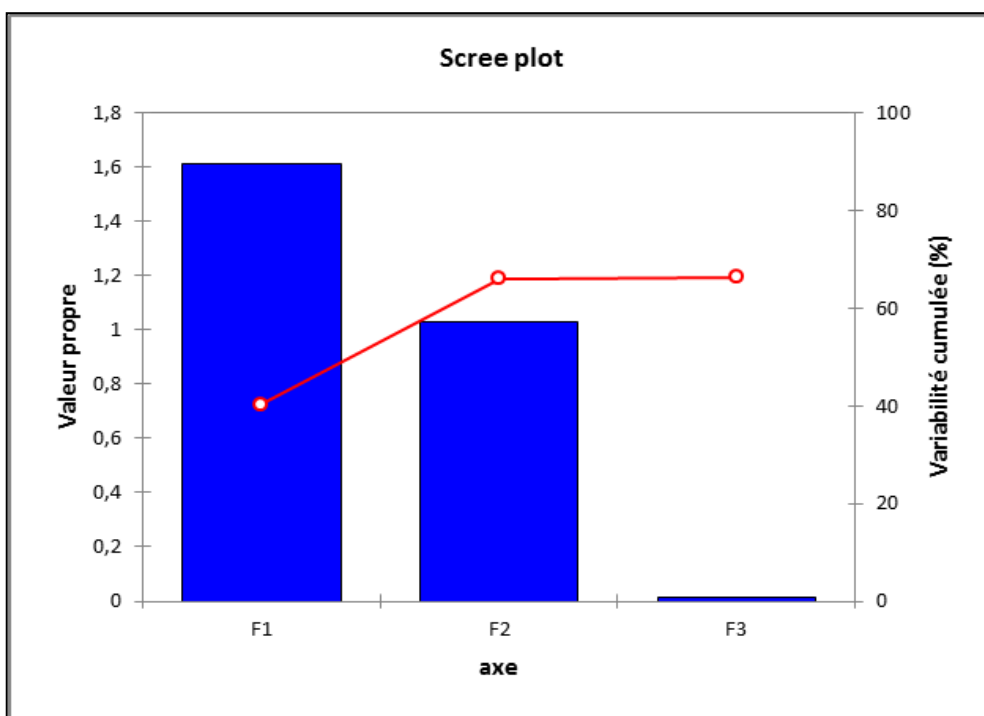
Alpha de Cronbach: -2,701

Les premiers résultats sont les statistiques descriptives simples des variables sélectionnées (Tableau 1), puis la matrice de corrélation pour ces mêmes variables (Tableau 2). On note que certaines corrélations sont importantes (0.514 pour MHF et TE ; -0,444 pour MDI et MDC ; -0,433 pour MDC et MHF). Le alpha de Cronbach standardisé est ensuite calculé. Il vaut ici -2,701.

Tableau 3: Valeurs propres et taux d'inertie.

	F1	F2	F3
Valeur propre	1,612	1,027	0,014
Variabilité (%)	40,308	25,674	0,354
% cumulé	40,308	65,982	66,337

Dans le (Tableau 3) sont affichées les valeurs propres issues de l'analyse factorielle. Nous constatons qu'avec trois facteurs on conserve 66.337 % de la variabilité des données initiales.

Figure 2: Graphique des valeurs propres et taux d'inertie.

Résultats après rotation Varimax

Tableau 4 : Pourcentage de la variance après rotation Varimax.

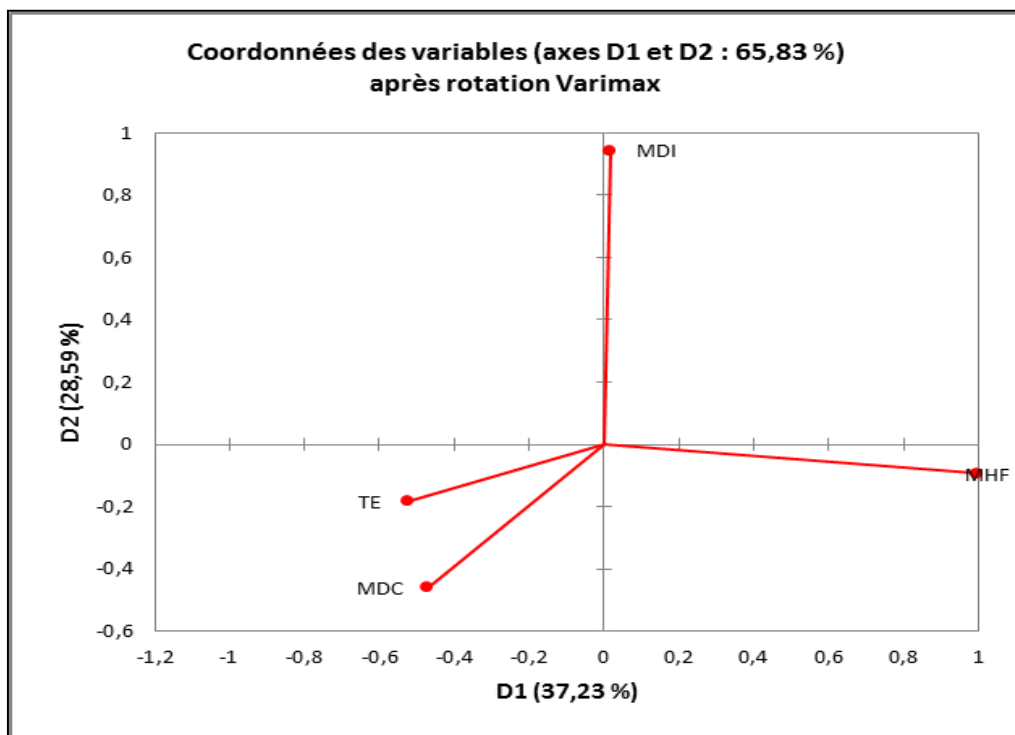
	D1	D2
Variabilité (%)	37,233	28,594
% cumulé	37,233	65,826

Tableau 5 : Coordonnées factorielles après rotation Varimax.

	D1	D2
MDI	0,017	0,944
MDC	-0,470	-0,459
MHF	0,996	-0,094
TE (%)	-0,526	-0,183

D'après le (Tableau 5), on remarque que le premier facteur est fortement lié à MDI, MHF et TE. Le second facteur est quant à lui lié à MDI. De ces résultats, on déduit que les espèces végétales qui ont des coordonnées élevées sur le premier facteur sont des taxons très combustibles à forte teneur en eau, tandis que les espèces végétales qui ont des coordonnées élevées sur le deuxième facteur sont des taxons très inflammables.

Figure 3: La position des variables sur les axes F1 et F2.

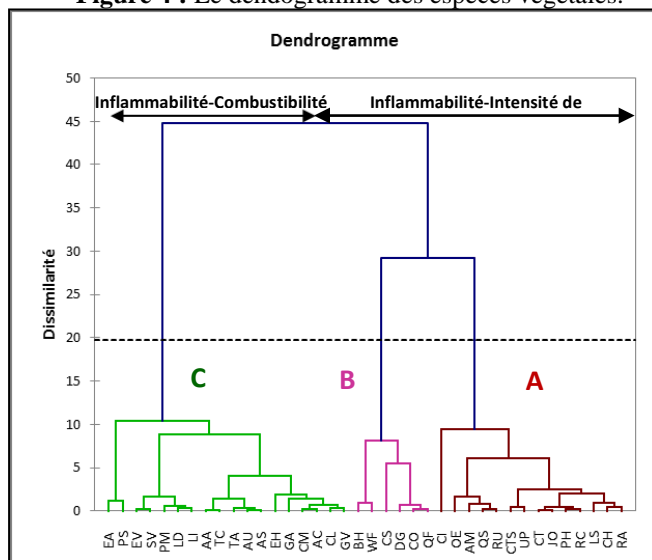


Le (Tableau 6) fournit les coordonnées des individus sur les axes factoriels après la rotation Varimax.

Tableau 6 : Coordonnées des observations après rotation Varimax.

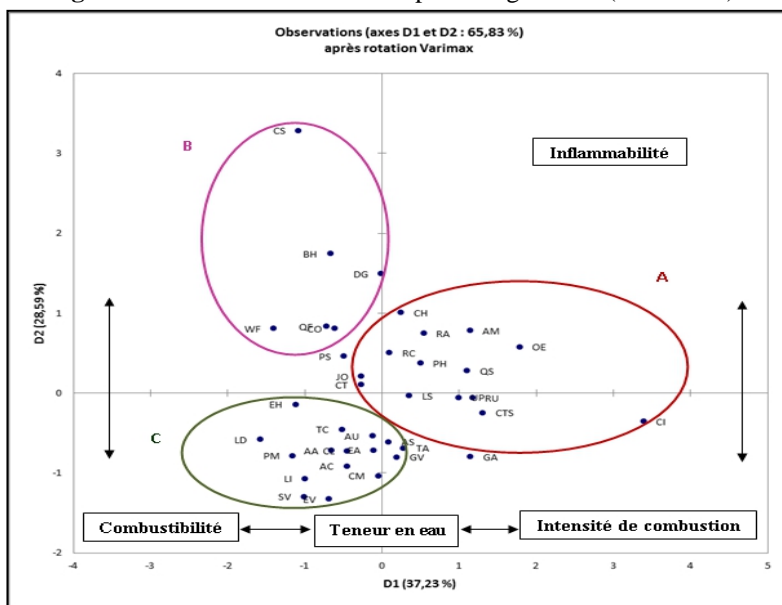
		D1	D2
<i>Cistus ladaniferus</i>	CL	-0,445	-0,725
<i>Cistus salvifolius</i>	CS	-1,078	3,282
<i>Cistus monspeliensis</i>	CM	-0,046	-1,036
<i>Ampelodesma mauritanicum</i>	AM	1,146	0,778
<i>Arbutus unedo</i>	AU	-0,120	-0,537
<i>Asparagus albus</i>	AA	-0,654	-0,721
<i>Asparagus stipularis</i>	AS	0,090	-0,614
<i>Calycotome intermedia</i>	CI	3,392	-0,358
<i>Ballota hirsuta</i>	BH	-0,665	1,742
<i>Acacia cyanophylla</i>	AC	-0,452	-0,915
<i>Ceratonia siliqua</i>	CTS	1,306	-0,248
<i>Chamaerops humilis</i>	CH	0,249	1,005
<i>Crataegus oxyacantha</i>	CO	-0,614	0,808
<i>Cytisus triflorus</i>	CT	-0,264	0,103
<i>Daphne gnidium</i>	DG	-0,011	1,490
<i>Erica arborea</i>	EA	-0,103	-0,716
<i>Echium vulgare</i>	EV	-0,686	-1,329
<i>Galium verum</i>	GV	0,194	-0,805
<i>Globularia alypum</i>	GA	1,145	-0,801
<i>Juniperus oxycedrus</i>	JO	-0,262	0,206
<i>Lavandula dentata</i>	LD	-1,574	-0,580
<i>Lavandula stoechas</i>	LS	0,356	-0,036
<i>Olea europaea</i>	OE	1,788	0,577
<i>Phagnalon saxatile</i>	PS	-0,488	0,460
<i>Pinus halepensis</i>	PH	0,501	0,373
<i>Quercus faginea</i>	QF	-0,718	0,833
<i>Quercus suber</i>	QS	1,109	0,279
<i>Rhamnus alaternus</i>	RA	0,545	0,745
<i>Lonicera implexa</i>	LI	-0,992	-1,071
<i>Prasium majus</i>	PM	-1,154	-0,786
<i>Rosa canina</i>	RC	0,101	0,501
<i>Rubus ulmifolius</i>	RU	1,176	-0,061
<i>Salvia verbenaca</i>	SV	-1,010	-1,298
<i>Tetraclinis articulata</i>	TA	0,279	-0,691
<i>Thymus ciliatus</i>	TC	-0,514	-0,456
<i>Ulex parviflorus</i>	UP	0,993	-0,058
<i>Withania frutescens</i>	WF	-1,406	0,805
<i>Euphorbia helioscopiae</i>	EH	-1,115	-0,144

Figure 4 : Le dendrogramme des espèces végétales.



Le dendrogramme (Figure 4) représente de manière claire la façon dont l'algorithme procède pour regrouper les espèces végétales des groupements végétaux de la zone d'étude selon les paramètres d'inflammabilité et la teneur en eau puis les sous-groupes. Finalement, l'algorithme a progressivement regroupé toutes les observations. La ligne en pointillé représente la troncature et permet de visualiser que trois groupes homogènes ont été identifiés. Le premier groupe est plus homogène que le troisième groupe (le dendrogramme est plus plat pour les premier groupe). Le deuxième groupe regroupe les taxons du groupement à *Quercus faginea*.

Figure 5 : La carte factorielle « espèces végétales » (Axe 1 et 2).



La carte factorielle (Figure 5) regroupe les espèces végétales de la zone d'étude en 3 noyaux (A, B et C) en fonction des paramètres d'inflammabilité étudiés. Chaque noyau correspond à un groupement végétal (**A** : groupement à *Quercus suber*, **B** : groupement à *Quercus faginea* et **C** : groupement à *Tetraclinis articulata*).

Interprétation de l'Axe 1 (Valeur propre : 1,612, Taux d'inertie : 37,233% (Tableau. 3 et 4)

- Le côté positif de l'axe 1 regroupe les taxons des noyaux A et B (*Quercus faginea*, *Quercus suber*, *Rosa canina*, *Juniperus oxycedrus*, *Crataegus oxyacantha*, *Cytisus triflorus* et *Ampelodema mauritanicum*) exprimant ainsi que le paramètre inflammabilité est lié aux groupements végétaux à *Quercus suber* et à *Quercus faginea*.

- Le côté négatif de l'axe 1 regroupe les espèces végétales des noyaux A et C (*Calycotome intermedia*, *Lavandula stoechas*, *Ceratonia siliqua*, *Tetraclinis articulata*, *Cistus monspeliensis*, *Lavandula dentata*, *Asparagus albus*, *Ulex parviflorus* et *Asparagus stipularis*), ce qui traduit que le paramètre intensité de combustion et celui de la combustibilité influencés par la teneur en eau sont liés aux groupements végétaux à *Quercus suber* et à *Tetraclinis articulata*. Nous signalons que le *Cistus salvifolius* du littoral (Monts des Traras : groupements à *Tetraclinis articulata*) est plus inflammable « **Note 3** » et se caractérise par une forte intensité de combustion que celui des groupements à *Quercus suber* et à *Quercus faginea subsp. tlemceniensis* (Monts de Tlemcen) « **Note 1** ». A cet effet, (Trabaud, 1976) décrit une tendance où les feuilles avec un pourcentage plus faible de l'eau s'enflamment facilement, alors que les feuilles avec une haute hydratation foliaire rarement allumés. Même si cela était vrai pour la plupart des espèces, une exception a été trouvée dans le cas de *Quercus pubescens*, qui a rapidement flambé même à une teneur d'hydratation élevée. La dépendance de l'inflammabilité à la condition hydrique des plantes et des feuilles n'est donc également liée à d'autres facteurs environnementaux, l'histoire de la vie et l'écophysiologie de la plante. Certaines espèces sont plus inflammables que d'autres encore à la même teneur en eau (Massari et Leopaldi, 1998).

Interprétation de l'Axe 2 (Valeur propre : 1,027, Taux d'inertie : 65,826% (Tableau. 3 et 4)

- Le côté positif de l'axe 2 regroupe les taxons des trois noyaux A, B et C (*Daphne gnidium*, *Quercus suber*, *Ampelodema mauritanicum*, *Chamaerops humilis*, *Ulex parviflorus*, *Olea europaea*, *Pinus halepensis*, *Lavandula stoechas*, *Rosa canina*, *Ceratonia siliqua*, *Tetraclinis articulata*, *Asparagus stipularis*, *galium verum* et *Calycotome intermedia*), ce qui exprime que le paramètre inflammabilité et celui de l'intensité de

combustion influencé par la teneur en eau sont liés aux groupements végétaux de toute la zone d'étude.

- Le côté négatif de l'axe 2 regroupe les espèces végétales des trois noyaux A, B et C (*Juniperus oxycedrus*, *Cytisus triflorus*, *Quercus faginea*, *Crataegus oxyacantha*, *Cistus salvifolius*, *Tetraclinis articulata*, *Thymus ciliatus*, *Lavandula dentata*, *Cistus monspeliensis* et *Asparagus albus*) traduisant ainsi que le paramètre inflammabilité et celui de la combustibilité influencé par la teneur en eau sont liés aux groupements végétaux de toute la zone d'étude. A ce sujet, (Valette, 1990, Valette et Delabraze, 1974, Schaffhauser et Curt, 2008) précisent que la combustibilité des formations végétales de la rive nord-méditerranéenne est évaluée à partir des inflammabilités spécifiques.

Conclusion

La région de Tlemcen est représentée par des différents écosystèmes naturels (pré-forêt, matorrals). Ces communautés végétales sont occupés par des surfaces considérables à base de :

- Communautés végétales à *Quercus faginea subsp. tlemceniensis* ;
- Communautés végétales à *Quercus suber* ;
- Communautés végétales à *Tetraclinis articulata*.

La variation entre l'inflammabilité et la teneur en eau des espèces végétales testées est irrégulière ce qui nous conduit à affirmer que pendant la saison de printanière la teneur en eau n'est pas le seul facteur qui influe sur l'inflammabilité des taxons mais elle joue un rôle prépondérant sur le haut degré de ce dernier, la physiologie de la plante rentre comme un élément associé avec cette dernière notamment la composition en composés organiques volatils afin de déterminer le phénomène d'éclosion des feux de forêts.

A partir du traitement statistique avec l'analyse factorielle, nous pouvons conclure les points suivant :

- Les paramètres d'inflammabilité des trois communautés végétales de la zone d'étude sont enchaînés de point de vue relation (l'inflammabilité avec la combustibilité/La combustibilité avec l'intensité de combustion/l'inflammabilité avec l'intensité de combustion) dont la teneur en eau rentre comme un paramètre influençant.

- Plus on s'éloigne des monts de Tlemcen vers les monts des Traras plus l'inflammabilité et la combustibilité des taxons augmentent et plus on s'éloigne des monts des Traras vers les monts de Tlemcen plus l'inflammabilité et l'intensité de combustion des espèces végétales augmentent.

Enfin, les pré-forêts et matorrals représentés par *Quercus suber*, *Quercus faginea subsp. tlemceniensis* et *Tetraclinis articulata* des monts de

Tlemcen et des monts des Traras qui sont en voie de dégradation voire dégradés laissant la place à des communautés végétales denses à base de *Cistus ladaniferus subsp. africanus*, *Cistus monspeliensis* et *Cistus salvifolius* au niveau de la région de Tlemcen demeurent très vulnérables et très sensibles aux feux de forêts. A cet effet, une gestion planifiée et raisonnée reste une tâche fondamentale et indispensable pour lutter contre les incendies de forêts.

References:

- A. Ferran, I. Serrasolsas, et V.R. Vallejo. Soil evolution after fire in *Quercus ilex* and *Pinus halepensis* forests, In 'Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes', (Eds A Teller, P Mathy, JNR Jeffers), pp : 397–404, 1992. (Elsevier: London, UK).
- A. Schaffhauser, et T. Curt. Inflammabilité et combustibilité des peuplements forestiers après le feu, Service Communication 2007 - Extrait de « Le Cemagref, Avancées et Perspectives scientifiques 2006-2008 », site web : www.cemagref.fr, 2p., 2008.
- C. Moro. Inflammabilité et sécheresse de la bruyère arborescente, sécheresse de l'Arbousier, Campagne été 2004, Inst. Nat. Rech. Agro (INRA), Départ For. Mil. Nat. Unité de recherches forestières méditerranéennes, Equipe de prévention des incendies de forêts, Document PIF 2004-12, 37 p. + annexes, 2004.
- C. Papio, et L. Trabaud. Structural characteristics of fuel components of five Mediterranean shrubs, *Forest Ecology and Management* 35, 249–259, 1990.
- C. Robles, C. Picard, S. Garzino, F. Giroud, N. Korboulewsky, N. Raffali, et B. Bonin. Inflammabilité et émission de composés organiques volatils par des formations végétales méditerranéennes : implications dans les incendies de forêt, *Revue Forêt méditerranéenne* Tome. XXIV, n° 4, décembre 2003, pp : 419-426, 2003.
- Cemagref. Protection des forêts contre l'incendie, Guide technique du Forestier Méditerranéen Français, Aix-en-Provence, France, 1990.
- Cf. Francis, et Jb. Thornes. Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types, In 'Vegetation and Erosion', (Ed. JB Thornes), pp : 363–384, 1990. (Wiley: Chichester, UK).
- Cs. White. Monoterpenes – their effects on ecosystem nutrient cycling, *Journal of Chemical Ecology* 20, 1381–1406, 1994. doi:10.1007/BF02059813.
- D. Alexandrian, et E. Rigolot. Sensibilité du Pin d'Alep à l'incendie, *Revue Forêt Méditerranéenne* t. XIII, n° 3, juillet 1992, 14p., 1992.
- Eht. Mark. Measuring foliar flammability with the Limiting Oxygen Index method, *Forest Science* 34(2), 523–529, 1988.

- Fa. Albin. Dynamics and modelling of vegetation fires: observations, In 'The ecological, atmospheric and climatic importance of vegetation fires', (Eds PJ Krutzen and JG Goldammer), pp : 39–52, 1992. (John Wiley & Sons: Chichester).
- G. Massari, et A. Leopaldi. Leaf flammability in Mediterranean species, *Plant Biosystems* 132(1), 29–38, 1998.
- He. Anderson. Forest fuel ignitability, *Fire Technology* 6(4), 312–319, 1970.
- J. Llusia, et J. Peñuelas. Seasonal patterns of terpene content and emission from seven Mediterranean woody species in field conditions, *American Journal of Botany* 87, 133–140, 2000. doi:10.2307/2656691.
- J.C. Valette, et P. Delabre. Inflammabilité et combustibilité de la végétation forestière méditerranéenne, *Revue forestière méditerranéenne*, Numéro spécial : incendies de forêts, 7 p., 1974.
- J.C. Valette. Inflammabilité des espèces forestières méditerranéennes, conséquences sur la combustibilité des formations forestières, *Rev. For. Fr.* XLII – n° sp. 1990, pp : 76 – 92, 1990.
- K. Misbach. Waldbrande, (VEB Deutcher Landwirtschaftsverlag: Berlin), 1982.
- L. Trabaud. Experimental study on the effects of prescribed burning on a *Quercus coccifera* L. garrigue: early results, *Tall Timbers Fire Ecology Conference Proceedings* 13, 97–129, 1974.
- L. Trabaud. Inflammabilité et combustibilité des principales espèces des garrigues de la région méditerranéenne, *Acta Oecologica-Oecologica Plantarum* 11, 117–136, 1976.
- M. Cappelli, S. Bonani, et I. Conci. Sul Grado d'Infiammabilità di Alcune Specie Della Macchia Mediterranea, In 'Collana Verde, Vol. 62', pp : 1–52, 1983. (Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste: Rome, Italy).
- Mk. Owens, Cd. Lin, Ca.Jr. Taylor, et Sg. Whisenant. Seasonal patterns of plant flammability and monoterpenoid content in *Juniperus ashei*, *Journal of Chemical Ecology* 24(12), 2115–2129, 1998. doi:10.1023/A:1020793811615.
- Pw. Rundel. Structural and chemical components of flammability, In 'Proceedings of the Conference on Fire Regimes and Ecosystem Properties', (Eds HA Mooney, TM Bonnicksen, NL Christensen, JE Lotan and WA Reiners), USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. WO – 26, pp : 183–207, 1981.
- R. Moench, et J. Fusaro. Soil erosion control after wildfire, University of Colorado, Fact sheet N° 6308, (Boulder, CO) Ogaya, R., Penuelas, J., Martinez-Vilalta, J., Mangiron, M., 2003, Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain, *Forest Ecology and Management* 180, 175–184, 2003. doi:10.1016/S0378-1127(02)00598-4.

- Rj. Barney, et Df. Aldrich. Land management-fire management: policies, directives, and guides in the national forest system; a review and commentary, USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT - 76, Ogden, UT, 1980.
- Rj. Whelan. The ecology of fire, (Cambridge University Press: Cambridge), 346 pp., 1995.
- Rw. Mutch. Wildland fires and ecosystems-a hypothesis, Ecology 51(5), 1046–1052, 1970.
- S. Bautista, J. Bellot, et V.R. Vallejo. Efectos de la siembra de herbáceas y la cubierta de paja sobre la escorrentía y la erosión post incendio en ambiente semiárido, In ‘Geomorfología en España: III Reunión Nacional de Geomorfología. Vol. 2’, 14–16 September 1994, Logroño, Spain, (Eds A Gómez Villar, JM García Ruiz, J Arnáez Vadillo), pp : 189–198, 1994. (Sociedad Española de Geomorfología: Logroño, Spain).
- S. Rambal, et C. Hoff. Mediterranean ecosystems and fire: the threats of global change, In ‘Large Forest Fires’, (Ed. JM Moreno), pp : 187–213, 1998. (Backhuys Publishers: Leiden, the Netherlands).