

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES EFFETS DU BRULAGE DIRIGEE SUR L'ECOSYSTEME FORESTIER

(Le Muy, Avril 1999)

Auteur : C. Orazio
Commanditaires : ONF – INRA
Superviseur : E. Rigolot et Y. Duché

SOMMAIRE

<i>ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES EFFET DU BRULAGE DIRIGEE SUR L'ECOSYSTEME FORESTIER</i>	1
<i>SOMMAIRE</i>	2
<i>Sujets et milieux concernés par cette synthèse :</i>	6
<i>Les brûlages dans les milieux arborés à Pin Pignon</i>	7
Les brûlages du MUY 1A et 1B	7
Etude : APP01	7
Etude : APP02	7
Etude : APP03	8
Etude : DIV07	8
<i>Les brûlages dans les milieux arborés à Pin d'Alep</i>	8
Le brûlage de Montpellier	8
Etude : APA01	9
Etude : APA05	9
L'incendie de La Ciotat	10
Etude : APA01	10
Etude : APA05	10
Le brûlage de La Roque d'Anthéron – Aval Piste 62F	11
Etude : APA08	11
Etude : APA07	11
Etude : DIV07	11
Etude : DIV04	12
Les brûlages de La Roque d'Anthéron – Amont Piste 62F	12
Etude : APA02	13
Etude : APA04	13
Etude : APA05	13
Etude : APA08	14
Etude : DIV07	14
Les brûlages de La Roque d'Anthéron – Les Cartoux	14
Etude : APA06	15
Etude : APA03	16
Les brûlages de Beauchamp	16
Etude : APA04	16
<i>Les brûlages dans les milieux arborés à Pin Maritime</i>	16
Les brûlages du Minho et du Tras-os-Montes au Portugal	16
Etude : APM01	17
Etude : APM02	18
Etude : APM04	18
Etude : APM05	18
Les brûlages de Galice	18
Etude : APM12	19
Etude : APM12b	19
Etude : APM13	20
Les brûlages de Porrejon	20
Etude : APM12	21
Etude : APM12b	21
Etude : APM13	21
Le brûlage de Cerponzes et l'incendie de Monte alba	21
Etude : APM09	22
Les brûlages expérimentaux de As Gallas et Campo de Poza.	22
Etude : APM11	22
Etude : APM11b	23
Les échauffements localisés et contrôlés de Lourizan	23
Etude : APM14	23
Les échauffements localisés et contrôlés de El Sino	24
Etude : APM14	24
Les échauffements localisés et contrôlés de Cotobad	24
Etude : APM10	25
Etude : APM10b	25
Les feux expérimentaux sur le banc thermique des Vignères	25
Etude : APM03	26
Les feux expérimentaux sur le banc thermique des Vignères 2	26
Etude : APM08	26
Les brûlages de Serra de Padrela, Portugal	26
Etude : APM06	27
Le brûlage des Landes de Lanvaux	27
Etude : APM07	28
<i>Les brûlages dans les milieux arborés de type Plantation de Résineux</i>	28
Les brûlages expérimentaux des Vignères de 1986	28
Etude : APR01	29
Les échauffements localisés et contrôlés des Vignères	29
Etude : APR02	29

<i>Les brûlages dans les milieux arborés de type Plantation d'Eucalyptus</i>	29
Le brûlage de Cuntis	29
Etude : APE01	30
<i>Les brûlages dans les milieux arborés composés de feuillus divers</i>	30
Les feux pastoraux des Hautes-Pyrénées	30
Etude : AF01	31
Les brûlages d'Ollières	31
Etude : DIV04	32
Les brûlages dirigés d'Artigues	32
Etude : DIV04	33
<i>Les brûlages dans les milieux de type Maquis ou Garrigue</i>	33
Le brûlage de Tordères	33
Etude : MBC01 a	34
Etude : MBC01 b	34
Etude : MBC02	34
<i>Les brûlages dans les milieux de type Lande à Bruyère et Ajonc</i>	35
Le brûlage de Coüet-quidan	35
Etude : LBA01	35
Etude expérimentale de l'Université de Rennes-Beaulieu	36
Etude : LBA02	36
Les brûlages des Pyrénées dans les landes à bruyère vagabonde et ajonc nain	36
Etude : LBA03	36
Le brûlage de Monte galleiro	37
Etude : LBA04	37
Les brûlages des landes de Galice.	37
Etude : LBA05	38
<i>Les brûlages dans les milieux de type Lande à Ciste et Ajonc</i>	38
Le brûlage du Col de Creu	38
Etude : LCA01	39
Etude : LCA02	39
Les brûlages de Bohere-Adrian	40
Etude : LCA02	40
Les brûlages de Prades	41
Etude : LCA02	41
Etude : LCA03	42
<i>Les brûlages dans les milieux de type Lande à Callune et Myrtille</i>	42
Les brûlages des Pyrénées dans des landes à callune	42
Etude : LCM01	42
Etude : LCM02	43
<i>Les brûlages dans les milieux de type Lande à Genêt à Balai et fougère aigle</i>	43
Les brûlages des Pyrénées dans les landes à genêt à balai et à fougère	43
Etude : LGB01	44
Etude : LGB02	46
Etude : LGB03	46
Etude : LGB05	46
Le brûlage de la Serra Nogueira	47
Etude : LGB04	47
<i>Les brûlages dans les milieux de type Lande à Genêt Cendré</i>	47
Le brûlage du col de Vence	47
Etude : LGC01	48
Le site du Castellard	48
Etude : LGC02	49
Les brûlages de la Vilette	49
Etude : LGC03	49
Etude : LGC04	50
<i>Les brûlages dans les milieux de type Lande à Genêt Purgatif</i>	50
Le brûlage de la Soulane du Carlit	50
Etude : LGP01 a	51
Etude : LGP01 b	51
Etude : LGP03	51
Etude : LGP04	51
Etude : LGP05	52
Les brûlages de Railleu	52
Etude : LGP02	52
Le brûlage du Mont Lozère	53
Etude : LGP06	53
<i>Les brûlages dans plusieurs milieux non-différenciés</i>	53
Divers brûlages méditerranéens et Nord Américains	53
Etude : DIV01	53
Etude : DIV02	54
Etude : DIV03	54
Etude : DIV05	54
Etude : DIV06	55
Etude : DIV07	55

Etude : DIV08	55
Les brûlages dirigés de Mazaugues	55
Etude : DIV04	57
<i>Synthèse des résultats</i>	58
APP01-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité.	58
APA01-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité.	58
APA03-Effets sur le peuplement forestier : Composition chimique des feuilles.	59
APR01-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité et dégâts foliaires	59
APR02-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité, croissance et physiologie.	60
APM02-Effets sur le peuplement forestier : Croissance et état sanitaire.	61
APM05-Effets sur le peuplement forestier : Croissance.	61
AF01-Effets sur le peuplement forestier : Sensibilité au brûlage	61
DIV03-Effets sur le peuplement forestier : Dégâts et croissance.	62
DIV04-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité et croissance	63
DIV07-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité croissance et régénération.	63
APA01-Effets sur la flore : Dynamique de reconstitution après brûlage de la végétation arbustive et herbacée	65
APA04-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse après plusieurs brûlages successifs.	65
APA04-Effets sur la flore : Strate basse à beauchamp	67
APA05-Effets sur la flore : Dynamique de végétation	67
APM01-Effets sur la flore : Quantité et qualité du fourrage.	69
APM02-Effets sur la flore : Composition et valeur nutritionnelle	70
APM04-Effets sur la flore : Strates basses.	70
APM05-Effets sur la flore : Biomasse, production, et valeur nutritive des strates basses.	71
APM05-Effets sur la flore : Dynamique et reconstitution après incendie.	71
APP01-Effets sur la flore : Dynamique de reconstitution après brûlage de la végétation arbustive et herbacée	72
APP02-Effets sur la flore : Dynamique du ciste.	73
APP03-Effets sur la flore : Dynamique de végétation	74
LBA01-Effets sur la flore : Réduction et reconstitution de la strate basse	76
LBA03-Effets sur la flore : Dynamique de végétation et valeur pastorale.	77
LCA01-Effets sur la flore : Strate basse	78
LCA02-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse.	78
LCA03-Effets sur la flore : Dynamique de végétation	80
LCM01-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse	82
LCM02-Effets sur la flore : Dynamique de végétation et valeur pastorale.	83
MBC01-Effets sur la flore : Vitesse de croissance des plantes ligneuse après brûlage.	84
LGB02-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse	85
LGB03-Effets sur la flore : Dynamique de végétation et valeur pastorale.	86
LGB04-Effets sur la flore : Quantité et qualité du fourrage.	88
LGB05-Effets sur la flore : Strate basse et valeur pastorale	89
LGC02-Effets sur la flore : Dynamique après brûlage	90
LGP02-Effets sur la flore : Composition et biomasse de la formation végétale	91
DIV03-Effets sur la flore : Strates basses	92
DIV04-Effets sur la flore : Strates basses	92
DIV07-Effets sur la flore : Strate basse	93
APA01-Effets sur le sol : Activité biologique.	94
APA01-Effets sur le sol : Minéralisation de l'azote	94
APA01-Effets sur le sol : Décomposition de la litière après les feux.	95
APA02-Effets sur le sol : Pertes de nutriments.	95
APA03-Effets sur le sol : Evolution de la teneur en MO, N et P	97
APP01-Effets sur le sol : Éléments solubles apportés par les cendres	97
APM02-Effets sur le sol : Chimie et mésafaune	98
APM03-Effets sur le sol : Pertes en litière et en nutriments.	98
APM05-Effets sur le sol : Composition chimique et mésafaune.	99
APM06-Effets sur le sol : Régime hydrique.	100
APM08-Effets sur le sol : transferts de chaleur.	101
LBA02-Effets sur le sol : Conséquence de l'échauffement et devenir des cendres.	102
LGB01-Effets sur le sol : Structure et matière organique.	103
DIV02-Effets sur le sol : Pertes en éléments minéraux au cours des feux.	104
DIV02-Effets sur le sol : Apport de cendres au sol.	104
DIV02-Effets sur le sol : Echauffement du sol.	104
DIV02-Effets sur le sol : Activité biologique.	105
DIV02-Effets sur le sol : Décomposition de la litière.	105
DIV02-Effets sur le sol : Effets à long terme sur la richesse minérale du milieu.	105
DIV02-Effets sur le sol : Conclusion.	105
DIV03-Effets sur le sol : Chimie et biologie	105
DIV04-Effets sur le sol : Perturbation du microclimat	106
DIV04-Effets sur le sol : Effets sur la litière	106
DIV04-Effets sur le sol : Cellulolyse, activité microbienne	106
DIV04-Effets sur le sol : Matière organique.	107
DIV04-Effets sur le sol : Mésafaune	107
DIV08-Effets sur le sol : Epaisseur de la litière en fonction des traitements et des espèces en présence.	107
APM07-Effets sur la faune : Vers de terre.	109
APP01-Effets sur la faune : Entomofaune et mésafaune édaphique	109
MBC01-Effets sur la faune : L'entomofaune en tant que nourriture des oiseaux.	110

MBC01-Effets sur la faune : Comportement et population de l'avifaune	111
MBC02-Effets sur la faune : Entomofaune circulante de surface dont les fourmis.	112
LGC01-Effets sur la faune : Populations d'orthoptères.	113
LGC03-Effets sur la faune : Populations d'orthoptères.	114
LGC04-Effets sur la faune : Modifications de l'entomofaune.	115
LGP01-Effets sur la faune : Perdrix grises.	116
LGP03-Effets sur la faune : Densité et reproduction de la perdrix grise.	117
LGP05-Effets sur la faune : Avifaune.	117
LGP04-Effets sur la faune et la végétation : Structure et composition du milieu des perdrix grises	118
DIV01-Effets sur la faune : Mammifère et oiseaux	119
DIV04-Effets sur la faune : Entomofaune	120
DIV05-Effets sur la faune : L'avifaune et son milieu	121
DIV06-Effets sur la faune : Comparaison brûlage et incendie sur l'avifaune.	121
LGB05-Effets sur le milieu : Impact sur la diversité paysagère	124
LGP06-Effets sur le milieu : pertes en nutriments par dissolution à l'échelle du bassin versant.	124
DIV03-Effets sur le milieu : Qualité de l'eau et perturbation	126
DIV04-Effets sur le milieu : Conclusion et long terme	126
APA06 : Effets sur le peuplement forestier : Dommages aux troncs et aux houppiers	126
APE01-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité et dommages.	127
APM11-Effets sur le peuplement forestier : Echauffement et blessures au tronc.	128
APM10-Effets sur le peuplement forestier : Variation des constituants chimiques des feuilles.	129
APM09-Effets sur la flore : Comparaison de l'effet d'un brûlage et d'un incendie sur les populations fongiques.	130
APM12-Effets sur la flore : Réduction du combustible de la strate basse.	131
APA06 : Effets sur la flore : Dynamique et composition floristique des strates basses.	132
LBA04-Effets sur la flore : Réduction du combustible.	133
LBA05-Effets sur la flore : Prédiction de l'échauffement et de la réduction du combustible.	133
APM13-Effets sur la flore : Réduction du combustible.	134
APE01-Effets sur la flore : Réduction du combustible.	135
APM12-Effets sur le sol : Minéralisation de l'azote et activité microbiologique.	135
APM12-Effets sur le sol : Pertes en nutriments et échauffement.	136
APM14-Effets sur le peuplement forestier : Evolution des paramètres écophysiologique selon l'intensité des dommages.	137

Sujets et milieux concernés par cette synthèse :

Milieu	Effets	Arboré						Landes								Autres Divers milieux DIV
		Pin Pignon Bruyères Cistes APP	Pin d'Alep C. Kermès. APA	Pin Maritime Chamaesp. ou Erica APM	Plantations Résineux pin cyprès APR	Plantations Eucalyptus APE	Feuillus Chêne Hêtre AF	Landes Cistes Ajoncs LCA	Bruyères Ajoncs LBA	Callune Myrtille LCM	Maquis Bruyère Chênes MBC	Garrigue Genêt cendré LGC	Genêt purgatif LGP	Sarothamne fougère A. LGB		
Arbres	Croissance			2, 5	2											3
	Mortalité	1	1, 6		1, 2	1	1									3, 4
	Sanitaire			2												3
	Physiologie			6	13, 14	2										3
	Feuillages			3	10, 11	1										3
Flore	Combustible strate basse	1, 2, 3	1, 4, 5, 6, 7, 8	3, 4, 5, 13				1, 2, 3	1, 3, 4, 5	1, 2	1	2	2, 4	2, 3, 5	3, 4, 7, 8, 9	
	Richesse diversité	3	5	2				3	3	2		2	2	3, 5	7	
	Intérêt pastoral	3	5	1, 2, 5				3	3	2		2		3, 4, 5		
	Champignons			9												
Sol	Transferts de chaleur	1		8, 11, 13						2					2, 3, 4	
	Physique			6, 12										1		
	Chimie	1	1, 2, 3	2, 3, 5, 12						2			6	1	2, 3, 4	
	Biologie		1	2, 12											2, 3, 4	
Faune	Entomofaune			7						1, 2		1, 3, 4			4	
	Vers de terre									1		1, 3, 4, 5			1, 5, 6	
	Oiseaux	1													1	
	Micro mammifères															
Milieu	Long terme				1								6	5	2, 3, 4	
	Total	3	7	14	2	1	2	3	5	2	4	4	6	3	9	

Nombre d'études : 65

Les brûlages dans les milieux arborés à Pin Pignon

LES BRULAGES DU MUY 1A ET 1B

Localisation : Palayson, Le Muy, Var, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Site	Le Muy
Département	Var
Altitude	65 m
Roche mère	grès permien
Pente	5 - 18 %
Exposition	N-NE
Strate arborée	<i>Pinus pinea,</i> <i>Quercus suber</i>
Recouvrement	25 - 50%
Strate arbustive	<i>Erica arborea</i> <i>Cistus monspelliensis</i>
Age	15 ans
Recouvrement	5-10%
Strate herbacée	<i>Agrostis castellana</i>
Recouvrement	5-10%
Date brûlage	mars et octobre 1989
Pâturage	ovin sept-juin
Sursemis	trèfle souterrain

Objectifs du brûlage : Recherche, DFCI, Pastoralisme

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Description physique : Ilots alvéolaire dans coupure de combustible.

Topographie : pied de colline.

Surface : 2 x 1 ha

Historique avant intervention : pas d'entretien

Date ou période du brûlage :

Parcelle 1A : Printemps - 21 mars 1989

Parcelle 1B : Automne - 5 octobre 1989

Conditions climatiques :

Parcelles	Température	Hygrométrie	Vitesse du Vent
1A	19-26°C	29-53%	-
1B	16,5-22°C	55-82%	0-18 km.h ⁻¹

Conduite du feu : Contre pente, contre vent, par taches

Températures maximales au niveau du sol : 900°C

Températures maximales 5cm dans le sol : 120°C

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APP01

BERTRAND, M. ; ETIENNE, M. ; GILLON, D. ; LEGRAND, C. ; LUMARET, J.P. ; RIGOLOT, E. ; VALETTE, J.C. ; 1991 ; Prévention des incendies de forêt en région méditerranéenne par utilisation du feu et du paturage contrôlés : impact sur l'écosystème forestier ; Rapport final - sous projet II; contrat EVAV-0088-F(CD) avec la C.E.E ; Septembre 1991 responsable Castri di, F. ; 59p. [APA01, APP01].

Mots clefs :

FRANCE, EFFET SOL, EFFET STRATES BASSES, EFFET STRATES ARBOREES, EFFET FAUNE.

Note du lecteur

Document très complet avec de nombreux résultats très précis sur les effets du feu dans trois milieux assez peu différents. Cette étude est une bonne base pour identifier les hypothèses quant aux conséquences du brûlage sur le milieu.

Effets étudiés :

APP01 : Effets sur la flore : Dynamique de reconstitution après brûlage de la végétation arbustive et herbacée.

APP01 : Effets sur le peuplement forestier : Mortalité.

APP01 : Effets sur le sol : Eléments solubles apportés par les cendres.

APP01 : Effets sur la faune : Entomofaune et mésafaune édaphique.

Etude : APP02

LEGRAND, C. ; 1993 ; Regeneration of two *Cistus* species after prescribed burning ; In Fire in Mediterranean Ecosystems, Atelier International sur l'Action du Feu dans les Ecosystèmes Méditerranéens, Banyuls-sur-Mer 21-25 Septembre 1992 - Commission of the European Communities Ecosystems Research Report 5 ; 183-192. [APP02].

Mots clefs :

FRANCE ; CISTUS MONSPELIENSIS ; CISTUS SALVIFOLIUS ; COMPETITION ; BRULAGE DIRIGE ; PATURAGE ; SURSEMIS ; REGENERATION NATURELLE ; EFFET STRATES BASSES.

Note du lecteur

Cet article reprend une partie des études citées dans la thèse du même auteur [APP03].

Effets étudiés :

APP02-Effets sur la flore : Dynamique du ciste.

Etude : APP03

LEGRAND, C. ; 1992 ; Régénération d'espèces arbustives méditerranéennes par rejets ou semis ; Thèse, Université de Droit, d'Economie et de Sciences d'Aix-Marseille ; 91p.+ annexes. [APA05, APP03, LCA03, LGC02].

Mots clefs :

FRANCE ; PATURAGE ; REGENERATION ; EFFET STRATES BASSES ; REJETS ; SEMIS ; GENISTA CINEREA ; CISTUS ; ERICA ; QUERCUS COCCIFERA ; EMBROUSSAILLEMENT.

Note du lecteur

Document clair et facile à consulter. Brûlage expérimental extrait de la thèse qui regroupe aussi APP03, APA05, LCA03, LGC02.

Effets étudiés :

APP03-Effets sur la flore : Dynamique après incendie.

Etude : DIV07

GAULIER, A. ; 1994 ; Le Brûlage dirigé dans les espaces méditerranéens : intégration des acquis dans une base de données relationnelle ; Mémoire de DEA, Faculté des Sciences d'Aix Marseille, D.E.A. d'Ecologie des Milieux Arides Montagnards et Méditerranéens, INRA Avignon unité de Prévention des Incendies de Forêt, Laboratoire des Recherches Forestières Méditerranéennes ; 33p.+ annexes. [DIV07].

Mots clefs :

FRANCE ; BRULAGE DIRIGE ; BASE DE DONNEES ; INFORMATIQUE ; MERISE ; OBJECTIF ; PREPARAT-ION ; EVALUATION ; PRESCRIPTION.

Note du lecteur

Bilan de toutes les expérimentations INRA sur le brûlage dirigé à cette date. Les conditions climatiques sont connues pour tous les brûlages.

Effets étudiés :

DIV07-Effets sur la flore : Strate basse.

DIV07-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité croissance et régénération..

Les brûlages dans les milieux arborés à Pin d'Alep

LE BRULAGE DE MONTPELLIER

Localization : Montpellier, Hérault, France.

Site	Montpellier
Département	Hérault
Altitude	65m
Roche mère	calcaire rognacien
Pente	30 %
Exposition	NE
Surface	700 m ²
Strate arborée	<i>Pinus halepensis</i> >3000 tiges.ha ⁻¹
recouvrement	75 - 100%
Strate arbustive	<i>Quercus coccifera</i> <i>Viburnum tinus</i>
Age	>25 ans
Recouvrement	50-75%
Strate herbacée	<i>Brachypodium retusum</i>
recouvrement	10-25%
Date brûlage	mars 88
pâturage	non
sursemis	non

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : Recherche, Réouverture pastorale, Combiné.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Historique avant intervention : pas d'entretien

Végétation :

Arborée : *Pinus halepensis* (très dense, >3000 tiges/ha)

Arbustive : *Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus*, *Viburnum tinus*, *Rosmarinus officinalis* (6000 à 8000 pieds/ha)

Herbacée : *Carex humilis*, *Bromus erectus*, *Brachypodium retusum* (rare)

Date ou période du brûlage :

Printemps : 31 mars 1988

Conditions climatiques :

Température	Humidité	Vent	Teneur en eau
15°C	40 - 50%	21,6-36 km.h ⁻¹	15%

Conduite du feu : Contre pente, contre vent

Températures maximales entre 0,5 et 1,5m : 90-600°C

Températures maximales dans litière : 120-400°C

Températures maximales 2cm dans le sol : 40°C

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APA01

BERTRAND, M. ; ETIENNE, M. ; GILLON, D. ; LEGRAND, C. ; LUMARET, J.P. ; RIGOLOT, E. ; VALETTE, J.C. ; 1991 ; Prévention des incendies de forêt en région méditerranéenne par utilisation du feu et du pâturage contrôlés : impact sur l'écosystème forestier ; Rapport final - sous projet II; contrat EVAV-0088-F(CD) avec la C.E.E ; Septembre 1991 responsable Castri di, F. ; 59p. [APA01, APP01].

Mots clefs :

FRANCE, EFFET SOL, EFFET STRATES BASSES, EFFET STRATES ARBOREES, EFFET FAUNE.

Note du lecteur

Document très complet avec de nombreux résultats très précis sur les effets du feu dans trois milieux assez peu différents. Cette étude est une bonne base pour identifier les hypothèses quant aux conséquences du brûlage sur le milieu.

Effets étudiés :

APA01-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité.

APA01-Effets sur la flore : Dynamique de reconstitution après brûlage de la végétation arbustive et herbacée

APA01-Effets sur le sol : Activité biologique.

APA01-Effets sur le sol : Minéralisation de l'azote

APA01-Effets sur le sol : Décomposition de la litière après les feux.

Etude : APA05

LEGRAND, C. ; 1992 ; Régénération d'espèces arbustives méditerranéennes par rejets ou semis ; Thèse, Université de Droit, d'Economie et de Sciences d'Aix-Marseille ; 91p.+ annexes. [APA05, APP03, LCA03, LGC02].

Mots clefs :

FRANCE ; PATURAGE ; REGENERATION ; EFFET STRATES BASSES ; REJETS ; SEMIS ; GENISTA CINEREA ; CISTUS ; ERICA ; QUERCUS COCCIFERA ; EMBROUSSAILLEMENT.

Note du lecteur

Document clair et facile à consulter. Etude extraite de la thèse qui regroupe APP03, APA05, LCA03, LGC02.

Effets étudiés :

APA05-Effets sur la flore : Dynamique après incendie.

L'INCENDIE DE LA CIOTAT

Localisation : La Ciotat, Bouches du Rhône, France.

Type de feu : Incendie d'hiver.

Objectifs : initialement brûlage dirigé sur bande débroussaillée de sécurité, mais incendie d'hiver sur zone d'étude, interface habitat/forêt.

Historique avant intervention : sous-bois débroussaillé en 1982 régulièrement pâturé.

Végétation :

Arborée : *Pinus halepensis* (46 ans).

Arbustive : *Erica multiflora*, *Quercus coccifera* (2500 à 3500 tiges/ha).

Herbacée : *Brachypodium retusum*.

Date ou période du brûlage : 12 février 1988.

Conditions climatiques : Mistral fort.

Conduite du feu : dans le sens du vent.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APA01

BERTRAND, M. ; ETIENNE, M. ; GILLON, D. ; LEGRAND, C. ; LUMARET, J.P. ; RIGOLOT, E. ; VALETTE, J.C. ; 1991 ; Prévention des incendies de forêt en région méditerranéenne par utilisation du feu et du pâturage contrôlés : impact sur l'écosystème forestier ; Rapport final - sous projet II; contrat EVAV-0088-F(CD) avec la C.E.E ; Septembre 1991 responsable Castri di, F. ; 59p. [APA01, APP01].

Mots clefs :

FRANCE, EFFET SOL, EFFET STRATES BASSES, EFFET STRATES ARBOREES, EFFET FAUNE.

Note du lecteur

Document très complet avec de nombreux résultats très précis sur les effets du feu dans trois milieux assez peu différents. Cette étude est une bonne base pour identifier les hypothèses quant aux conséquences du brûlage sur le milieu.

Le feu de La Ciotat est en fait un incendie d'hiver qui est arrivé sur le pare-feu au moment des études préliminaires. Selon la nature et l'endroit des prélèvements, les auteurs le considèrent comme un incendie, un brûlage de forte intensité ou un brûlage de faible puissance.

Effets étudiés :

APA01-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité.

APA01-Effets sur la flore : Dynamique de reconstitution après brûlage de la végétation arbustive et herbacée

APA01-Effets sur le sol : Activité biologique.

APA01-Effets sur le sol : Minéralisation de l'azote

APA01-Effets sur le sol : Décomposition de la litière après les feux.

Etude : APA05

LEGRAND, C. ; 1992 ; Régénération d'espèces arbustives méditerranéennes par rejets ou semis ; Thèse, Université de Droit, d'Economie et de Sciences d'Aix-Marseille ; 91p.+ annexes. [APA05, APP03, LCA03, LGC02].

<i>Site</i>	<i>La Ciotat</i>
Département	Bouches-du-Rhône
Altitude	250m
Roche mère	grès santonien.
Pente	terrasses
Exposition	S
Surface	350 ha
Strate arborée	<i>Pinus halepensis</i> 46 ans
recouvrement	50 - 75 %
Strate arbustive	<i>Erica multiflora</i> <i>Quercus coccifera</i>
Age	4 ans
Recouvrement	10-25%
Strate herbacée	<i>Brachypodium retusum</i>
recouvrement	10-25%
Date brûlage	incendie fév. 88
pâturage	ovin, juin

Mots clefs :

FRANCE ; PATURAGE ; REGENERATION ; EFFET STRATES BASSES ; REJETS ; SEMIS ; GENISTA CINEREA ; CISTUS ; ERICA ; QUERCUS COCCIFERA ; EMBROUSSAILLEMENT.

Note du lecteur

Document clair et facile à consulter. Etude extraite de la thèse qui regroupe APP03, APA05, LCA03, LGC02.

Effets étudiés :

APA05-Effets sur la flore : Dynamique après incendie.

LE BRULAGE DE LA ROQUE D'ANTHERON – AVAL PISTE 62F

Site	La Roque d'Anthéron
Altitude	150m
Roche mère	Calc. biodétritique
Pente	42 %
Exposition	O
Surface	40*30 m
Strate arborée	<i>Pinus halepensis</i> 52 ans
recouvrement	50 - 75 %
Strate arbustive	<i>Quercus coccifera</i>
Age	3 ans
Recouvrement	32%
Strate herbacée	<i>Brachypodium retusum</i>
recouvrement	35%
Dates brûlage	29 mars 1988
pâturage	non
sursemis	non

Localisation : La Roque d'Anthéron, La Chaîne des Côtes, Bouches du Rhône, France.
Parcelle N°2 du dispositif INRA-PIF dit de 1988.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : DFCI, expérimental.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Historique avant intervention : Parcellle ouverte par débroussaillement mécanique en 1984.

Végétation :

Arborée : *Pinus halepensis, Quercus ilex.*

Arbustive : *Quercus coccifera, Genista hispanica, Lonicera implexa, Phillyrea angustifolia, Phillyrea latifolia, Juniperus oxycedrus, Rosmarinus officinalis, Thymus vulgaris.*

Herbacée : *Brachypodium retusum*

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APA08

MARECHAL, J.; VALETTE, J.C ; 1988 ; Les dispositifs de la Roque d'Anthéron ; Atelier International sur le Brûlage Contrôlé pour la C.E.E. avec INRA/IUFRO/FAO/CIHEAM, 14 au 18 Mars, Avignon; France ; 189-206. [APA08].

Mots clefs :

FRANCE ; COUPURE DE COMBUSTIBLE ; ENTRETIEN ; BRULAGE DIRIGÉ ; HERBICIDE ; EFFET STRATES BASSES ; STRATE ARBOREE ; PINUS HALEPENSIS ; QUERCUS ILEX

Note du lecteur

Présentation détaillée de tous les sites expérimentaux suivi par l'INRA en 1988, avec cartes, schémas et itinéraires techniques.

Etude : APA07

MARECHAL, J ; 1994 ; Efficacité de l'association du brûlage dirigé et des herbicides pour l'entretien des coupures de combustible : La Roque d'Anthéron 1987-1992 ; 56p. [APA07].

Mots clefs :

COMBINAISON DE TECHNIQUES;DEBROUSSAILLEMENT;BRULAGE DIRIGÉ;EFFET STRATES BASSES;HERBICIDE

Note du lecteur

Rapport technique faisant le bilan de la réduction de combustible générée par le brûlage dirigé entre 1987 et 1992.

Etude : DIV07

GAULIER, A. ; 1994 ; Le Brûlage dirigé dans les espaces méditerranéens : intégration des acquis dans une base de données relationnelle ; Mémoire de DEA, Faculté des Sciences d'Aix Marseille, D.E.A. d'Ecologie des Milieux Arides Montagnards et Méditerranéens, INRA Avignon unité de Prévention des Incendies de Forêt, Laboratoire des Recherches Forestières Méditerranéennes ; 33p.+ annexes. [DIV07].

Mots clefs :

FRANCE ; BRULAGE DIRIGE ; BASE DE DONNEES ; INFORMATIQUE ; MERISE ; OBJECTIF ; PREPARAT-ION ; EVALUATION ; PRESCRIPTION.

Note du lecteur

Bilan de toutes les expérimentations INRA sur le brûlage dirigé à cette date. Les conditions climatiques sont connues pour tous les brûlages.

Effets étudiés :

DIV07-Effets sur la flore : Strate basse.

DIV07-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité croissance et régénération.

Etude : DIV04

GILLON, D. ; BERTRAND, M. ; ETIENNE, M. ; LUMARET, J.P. ; VALETTE, J.C. ; 1987 ; Ecological impact of prescribed winter burning on fuel breaks in french mediterranean forests. First results ; Ecologia Mediterranea XIII 4 ; 163-176. [DIV04].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET STRATES BASSES ; STRATE ARBOREE ; SOL.

Note du lecteur

Tout cet article prend comme référence les parcelles débroussaillées ce qui permet de s'affranchir de l'effet ouverture du milieu. Il est agrémenté d'un grand nombre de graphiques non reportés ci-après.

Effets étudiés :

DIV04-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité et croissance.

DIV04-Effets sur la flore : Strates basses.

DIV04-Effets sur le sol : Perturbation du microclimat.

DIV04-Effets sur le sol : Effets sur la litière.

DIV04-Effets sur le sol : Cellulolyse, activité microbienne.

DIV04-Effets sur le sol : Matière organique.

DIV04-Effets sur le sol : Mésofaune.

DIV04-Effets sur la faune : Entomofaune.

DIV04-Effets sur le milieu : Conclusion et long terme.

LES BRULAGES DE LA ROQUE D'ANTHERON – AMONT PISTE 62F

Site	La Roque d'Anthéron
Altitude	150m
Roche mère	Calc. biodétritique
Pente	42 %
Exposition	O
Surface	40*30 m
Strate arborée	<i>Pinus halepensis</i> 52 ans
recouvrement	50 - 75 %
Strate arbustive	<i>Quercus coccifera</i> 3 ans
Age	3 ans
Recouvrement	10-25%
Strate herbacée	<i>Brachypodium retusum</i>
recouvrement	10-25%
Dates brûlage	avril 84, mars 87, mars 90, mars 94, fév. 96
pâturage	non
sursemis	non

Localisation : La Roque d'Anthéron, La Chaîne des Côtes, Bouches du Rhône, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : DFCI, expérimental.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Historique avant intervention : débroussaillement 10 ans avant le premier brûlage.

Végétation :

Arborée : *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*.

Arbustive : *Quercus coccifera*, *Genista hispanica*, *Lonicera implexa*, *Phillyrea angustifolia*, *P. latifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris*.

Herbacée : *Brachypodium retusum*

Date ou période du brûlage : Hiver

Plan Expérimental :

Ce site expérimental regroupe plusieurs placettes aux itinéraires différents :

Placette	Date	Conduite
5 et 6	5 avril 1984	Recule
4 et 5	17 mars 1987	lignes successives
Effets du brûlage dirigé sur l'écosystème forestier page 12	4, 5 et 6 mars 1990	lignes successives
4, 5 et 6	7 mars 1994	lignes successives
4, 5 et 6	21 février 1996	lignes successives

La partie la plus ancienne regroupe les parcelles 1, 2 et 3 de 80*25 m qui ont subit des techniques de débroussaillement différentes :

1A-1B : Feu à la recule le 05/04/84 (Beau temps frais, léger vent du nord)

2A-2B : Triclopyr acide et glyphosate

3A-3B : débroussaillement manuel.

Les résultats présentés dans les études relatives à ce site sont essentiellement extraits des placettes les plus récentes dont les conditions d'allumage sont rappelées ci-dessus.

Conditions climatiques :

	<i>Hygrométrie</i>	<i>Température</i>	<i>Vitesse du vent</i>	<i>Teneur en eau (Litière)</i>
05/04/84	-	< 10°C	faible	-
17/03/87	30%	11°C	< 3,6 km.h ⁻¹	15%
21/02/96	45-69%	2-5 °C	0-5,4 km.h ⁻¹	

Conduite du feu :

Vitesse moy.du front	Puissance de Byram	Tmax (°C)						
		m.s ⁻¹	KW.m ⁻¹	-5 cm	litière	+ 40 cm	+ 80 cm	+120cm
5/04/84	-	-	-	300	50	30	25	
17/03/87	35	130	6	520	80	70	40	
21/02/96	0,03				20	40		

1987 : Brûlage de faible intensité.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APA02

GILLON, D. ; RAPP, M. ; 1989 ; Nutrient losses during a winter low-intensity prescribed fire in a mediterranean forest ; Plant and Soil 120 ; 69-77. [APA02].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET SOL ; CHIMIE DU SOL ; BRULAGE DIRIGE ; QUERCUS COCCIFERA ; PINUS HALEPENSIS.

Note du lecteur

Etude complète portant sur quatre éléments chimiques.

Effets étudiés :

APA02-Effets sur le sol : Pertes de nutriments.

Etude : APA04

RIGOLOT, E. ; 1997 ; Etude sur la caractérisation des effets causés aux écosystèmes forestiers méditerranéens par les brûlages dirigés répétés. Exercice 1996 ; INRA ; Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes, Avignon ; Equipe de Prévention des Incendies de Forêts, rapport de fin d'étude pour le Ministère de l'Environnement ; 38p. [APA04].

Mots clefs :

ECOSYSTEME FORESTIER ; BDSYSTEME ; BASE DE DONNEES ; INCENDIE ; PREVENTION ; AMENAGEMENT ; PINUS HALEPENSIS ; CYTISUS PURGANS ; PATURAGE ; PYRENEES ORIENTALES ; BOUCHES DU RHÔNE ; EFFET STRATES BASSES ; EFFET STRATE ARBOREE.

Effets étudiés :

APA04-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse après plusieurs brûlages successifs.

APA04-Effets sur la flore : strate basse à Beauchamp.

Etude : APA05

LEGRAND, C. ; 1992 ; Régénération d'espèces arbustives méditerranéennes par rejets ou semis ; Thèse, Université de Droit, d'Economie et de Sciences d'Aix-Marseille ; 91p.+ annexes. [APA05, APP03, LCA03, LGC02].

Mots clefs :

FRANCE ; PATURAGE ; REGENERATION ; EFFET STRATES BASSES ; REJETS ; SEMIS ; GENISTA CINEREA ; CISTUS ; ERICA ; QUERCUS COCCIFERA ; EMBROUSSAILLEMENT.

Note du lecteur

Document clair et facile à consulter. Etude extraite de la thèse qui regroupe APP03, APA05, LCA03, LGC02.

Effets étudiés :

APA05-Effets sur la flore : dynamique après incendie

Etude : APA08

MARECHAL, J.; VALETTE, J.C ; 1988 ; Les dispositifs de la Roque d'Anthéron ; Atelier International sur le Brûlage Contrôlé pour la C.E.E. avec INRA/IUFRO/FAO/CIHEAM, 14 au 18 Mars, Avignon; France ; 189-206. [APA08].

Mots clefs :

FRANCE ; COUPURE DE COMBUSTIBLE ; ENTRETIEN ; BRULAGE DIRIGE ; HERBICIDE ; EFFET STRATES BASSES ; STRATE ARBOREE ; PINUS HALEPENSIS ; QUERCUS ILEX

Note du lecteur

Présentation détaillée de tous les sites expérimentaux suivi par l'INRA en 1988, avec cartes, schémas et itinéraires techniques.

Etude : DIV07

GAULIER, A. ; 1994 ; Le Brûlage dirigé dans les espaces méditerranéens : intégration des acquis dans une base de données relationnelle ; Mémoire de DEA, Faculté des Sciences d'Aix Marseille, D.E.A. d'Ecologie des Milieux Arides Montagnards et Méditerranéens, INRA Avignon unité de Prévention des Incendies de Forêt, Laboratoire des Recherches Forestières Méditerranéennes ; 33p.+ annexes. [DIV07].

Mots clefs :

FRANCE ; BRULAGE DIRIGE ; BASE DE DONNEES ; INFORMATIQUE ; MERISE ; OBJECTIF ; PREPARAT-ION ; EVALUATION ; PRESCRIPTION.

Note du lecteur

Bilan de toutes les expérimentations INRA sur le brûlage dirigé à cette date. Les conditions climatiques sont connues pour tous les brûlages.

Effets étudiés :

DIV07-Effets sur la flore : Strate basse.

DIV07-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité croissance et régénération..

LES BRULAGES DE LA ROQUE D'ANTHERON – LES CARTOUX

Localisation : La Roque-d'Anthéron, Bouches du Rhône, France.

Objectifs du brûlage : DFCI, expérimental.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Description physique :

Altitude : 360 m.

Topographie : Bas de pente.

Pente : 35-40%.

Historique avant intervention : Dernier débroussaillement en 1988

Végétation :

Arborée : *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*.

Arbustive : *Quercus coccifera*, *Genista hispanica*, *Lonicera implexa*, *Phillyrea angustifolia*, *P. latifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris*.

Herbacée : *Brachypodium retusum*

Plan expérimental :

3 parcelles de 50 m x 10 m : brûlage montant (2), brûlage descendant (1), témoin non brûlé (3).

2 zones par parcelle :

- aval = bande de sécurité éclaircie et régulièrement débroussaillée avant le brûlage (strate arbustive de 40 cm de hauteur),
- amont = peuplement forestier ni géré, ni débroussaillé (strate arbustive de 80 cm de hauteur)

Soit quatre modalités ((i) montant débroussaillé, (ii) montant non débroussaillé, (iii) descendant débroussaillé, (iv) descendant non débroussaillé), plus un témoin.

Date ou période du brûlage : Hiver.

Conditions climatiques :

	Hygrométrie	Température	Vitesse du vent
1) 25/02/96	43,8%	8,2°C	1,44 km.h ⁻¹
2) 05/03/96	53,5%	10,6 °C	0,72 km.h ⁻¹

Conduite du feu :

Descendant le 25/02/96 Rallumages fréquents.

Montant le 05/03/96 10 fois plus rapide que le précédent.

	Charge en combustible g.m⁻²	Hauteur de flamme	Vitesse du front de flamme	Intensité du front	Réduction du combustible
Parcelle	Vivant	Mort	cm	m.s ⁻¹	Kw.m ⁻¹
1	1120	1024	5-100	0,003	66,6
iii	830	1250	8-20	0,002	36
iv	1120	1050	5-100	0,003	67
2	1120	1024	15-500	0,031	805,3
i	830	1250	25-100	0,061	1530
ii	1120	1050	15-500	0,030	805

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APA06

VALETTE, J.C. (COMP.) ; 1996 ; La prévention des incendies de forêt par le brûlage dirigé: effets du feu sur les arbres. Contrat n° EV5V-CT94-0473. Rapport périodique du 1er Juin 1995 au 31 Mai 1996 ; INRA, Avignon ; CIF, Pontevedra ; UTAD, Vila real ; CEFÉ, Montpellier ; IST, Lisbonne ; CIFOR, Madrid ; Commission Européenne. Direction Générale pour la Science, la Recherche et le Développement. Programme "Environnement et Climat"; 300p. [APA06, APM10b, APM11b, APM14].

Mots clefs :

PORTUGAL ; FRANCE ; ESPAGNE ; PREVENTION ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; FEU EXPERIMENTAL ; PINUS HALEPENSIS ; PINUS PINASTER ; INFLAMMABILITE ; ECOPHYSIOLOGIE ; AIGUILLE ; CARACTERISTIQUE DES COMBUSTIBLES ; MODELISATION ; NUTRITION ; PHOTOSYSTEME ; EFFICACITE PHOTOCHIMIQUE ; INTERACTION FLAMME TRONC

Note du lecteur

La référence APA03 est une partie d'un projet européen relatif aux conséquences du brûlage sur les peuplements forestiers. Il s'agit du rapport de fin d'étude de M. Bardaji Mir. Ce rapport commence par une étude méthodologique pour l'utilisation de microplacettes dans les suivis du combustible et donne des conclusions intéressantes sur le calcul des phytovolumes et des phytomasses. L'influence de l'humidité du combustible sur la propagation du feu est aussi abordée.

Effets étudiés :

APA06 : Effets sur la flore : Dynamique et composition floristique des strates basses.

APA06 : Effets sur les arbres : Dommages aux troncs et aux houppiers.

Etude : APA03

GILLON, D. ; HOUSSARD, C. ; VALETTE, J.C. ; RIGOLOT, E. ; 1998 ; Foliage nitrogen and phosphorus content following prescribed burnings in aleppo pine forest ; Soumis au Can. J. For. Res. ; 19p.+ annexes. [APA03].

Mots clefs :

FRANCE ; PINUS HALEPENSIS ; EFFET STRATE ARBOREE ; NUTRIMENT ; COUPURE DE COMBUSTIBLE.

Note du lecteur

Une étude des effets à court terme du brûlage dirigé sur la répartition des nutriments à la surface du sol.

Effets étudiés :

APA03-Effets sur les arbres : Composition chimique des feuilles.

APA03-Effets sur le sol : Evolution de la teneur en MO, N et P.

LES BRULAGES DE BEAUCHAMP

Localisation : Lambesc, Bouches du Rhône, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : DFCI

Equipe de brûlage : ONF, Forestiers sapeurs des Bouches-du-Rhône

Description physique :

Pente : faible à nulle

Sol : marnes calcaires

Historique avant intervention : Milieu fermé

Végétation :

Arborée : *Pinus halepensis, Quercus ilex*

	Dates	Techniques
Pente : faible à nulle	Avril 1980	Déb. Mécanique
Sol : marnes calcaires	Décembre 1983	Déb. Mécanique
<i>Historique avant intervention :</i> Milieu fermé	Octobre 1987	Déb. Mécanique
<i>Végétation :</i>	27-28 Janvier 1992	Brûlage D. + Déb. M.
Arborée : <i>Pinus halepensis, Quercus ilex</i>	24-25 mars 1994	Brûlage D. + Déb. M.
	13 mars 1995	Brûlage D. + Déb. M.
	25 mars 1996	Brûlage dirigé

Equipe de brûlage : Université de Vila Real

Description physique :

Altitude : 280-880 m

Pente : 12 à 20%

Sol : superficiel et caillouteux, schistes et granites altérés.

Surface : 0,5 à 0,25 ha

Historique avant intervention : Exploitation forestière, incendie, plantation de Pin maritime, pâturage d'été.

Végétation :

Arborée : *Pinus Pinaster* (26-62 ans, diamètre à 130 cm = 20 à 31 cm)

Arbustive : *Chamaespartium tridentatum* (80%), *Calluna vulgaris*, *Erica arborea*, *Erica cinerea*, *Erica umbellata*, *Ulex minor*.

Herbacée : *Agrostis curtisiae*, *Pseudoarrhenatherum longifolium*.

Description physique et caractéristiques du peuplement de Pin.

Site	Code brûlage	Alt. m	Exp. %	Pente	Sol	D n/ha	Age	C cm	H m	Date	T °C	HR %	H flamme m	% Litière réduite
Pedras Salgadas	PSF	880	SE	16	Granite	875	36	22,8	9,6	3/12/82	5,8	71	1	48
	PSS									4/12/83	14	76	1	65
Vieira do Minho	VM1F	800	SE	12	Granite	764	29	19,8	13,1	28/12/82	11,1	67	1,5	57
	VM1S									24/5/83	18,5	69	1	40
Amarante	AM1F	300	NE	23	Schistes	423	46	26,1	15,2	22/11/82	14	72	1,5	25
	AM1S									14/4/83	17	25	2	59
	AM2F	280	SE	13	Schistes	377	47	31,4	20,5	30/11/82	10,5	57	8,8	68
	AM2S									5/5/83	13	80	1,5	51
Marao	AM3S	750	NE	15	Granite	504	48	23,3	15,5	18/4/83	14	60	2	
Vila Real	VRS	580	NW	14	Granite	967	27	18,3	10,2	été 79				
	AMO3	350	SE	13	Schistes	463	60	24,4	16,0					

D = Densité des pins ; C = circonférence des pins ; H = Hauteur totale des pins

Date ou période du brûlage :

Conditions climatiques :

Site	Date	Température (°C)	Hygrométrie (%)	Hauteur de flamme (m)
Pedras Salgadas	03/12/82	5.8	71	1.0
	04/12/83	14.0	76	5.0
Viera do Minho	28/12/82	11.1	67	6.0
	24/05/83	18.5	69	1.0
Amarante 1	22/11/82	14.0	72	1.5
	14/04/83	17.0	25	2.0
Amarante 2	30/11/82	10.5	57	0.8
	05/05/83	13.0	80	1.5
Marao	15/04/83	14.0	60	2.0

Conduite du feu : à la recule

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM01

REGO, F.C. ; BUNTING, S.C. ; BARREIRA, M.G. ; 1988 ; Effects of prescribed fire on *Chamaespartium tridentatum* ((L.) P. Gibbs) in *Pinus pinaster* (Aiton) forests ; Journal of Range Management 41 5 ; 410-412. [APM01].

Mots clefs :

CHAMAESPARTIUM TRIDENTATUM ; PINUS PINASTER ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATES BASSES ; EFFET STRATES ARBOREE ; PORTUGAL.

Note du lecteur

Article de synthèse très clair qui malheureusement est très spécialisé sur un milieu et une espèce. Ce travail est à rapprocher de la thèse de Régo APM05 et de l'article APM02.

Etude : APM02

REGO, F.C. ; BOTELHO, H. ; BUNTING, S.C. ; 1987 ; Prescribed fire effects on soils and vegetation in Pinus pinaster forests in Northern Portugal ; Ecologia Mediterranea XIII 4 ; 189-195. [APM02].

Mots clefs :

PORTUGAL ; EFFET SOL ; EFFET STRATEES BASSES ; PINUS PINASTER.

Note du lecteur

Les informations divulguées dans cet article destiné au gestionnaire sont dépourvues de toute argumentation scientifique sur la méthode et le traitement des données. Cependant, on peut penser que ces résultats font référence aux travaux cités dans la fiche APM01 et APM05.

Effets étudiés :

APM02-Effets sur le sol : Chimie et mésafaune.

APM02-Effets sur la flore : Composition et valeur nutritionnelle.

APM02-Effets sur les arbres : Croissance et état sanitaire.

Etude : APM04

REGO, F.C. ; BUNTING, S.C. ; SILVA, J.M. ; 1991 ; Changes in understory vegetation following prescribed fire in maritime pine forests ; Forest Ecology and Management 41 ; 21-31. [APM04].

Mots clefs :

PINUS PINASTER ; EFFET STRATES BASSES.

Note du lecteur

Mêmes brûlages que dans l'article APM01

Effets étudiés :

APM04-Effets sur la flore : Strates basses.

Etude : APM05

REGO, F.C. ; 1986 ; Effects of prescribed fire on vegetation and soil properties in Pinus pinaster forests of Northern Portugal ; Ph.D. Dissertation Univ. of Idaho, USA ; 108p. [APM05].

Mots clefs :

PORTUGAL ; EFFET STRATES BASSES ; STRATE ARBOREE ; SOL ; CHIMIE DU SOL ; CROISSANCE ; SUCCESSION ; DYNAMIQUE ; PINUS PINASTER.

Note du lecteur

Document très synthétique et complet. Ne pas hésiter à consulter le document d'origine.

Effets étudiés :

APM05-Effets sur le sol : Composition chimique et mésafaune.

APM05-Effets sur la flore : Dynamique et reconstitution après incendie.

APM05-Effets sur le peuplement forestier : Croissance.

APM05-Effets sur la flore : Biomasse, production, et valeur nutritive des strates basses.

LES BRULAGES DE GALICE

Localisation : Pontevedra, Lugo, Galice, Espagne.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Sol :

Province	Lugo (SE)	Lugo (centro)	Pontevedra
Localité	Vilacha Val de nocedo	Pedrido Rodela	Cerponzones Xinco
Sol	Schistes	Conglomères	Granit

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster* (d : 800 à 1600) tiges.ha⁻¹, âge : >30ans)

Arbustive :

Province	Lugo (SE)	Lugo (centro)	Pontevedra
Localité	Vilacha Val de nocedo	Pedrido Rodela	Cerponzones Xinco
Ligneux bas	<i>Chamaespartium tridentatum</i> , <i>Arbustus unedo</i> , <i>Cistus populifolius</i> , <i>Cistus psilosepalus</i>	<i>Ulex galii</i> , <i>Erica australis</i> , <i>Chamaespartium tridentatum</i> , <i>Calluna vulgaris</i> .	<i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Daboezia cantabrica</i> , <i>Ulex europeus</i> .

Date ou période du brûlage :

Brûlages d'ouverture en automne hiver 1983-1984;

Brûlages d'entretien en hiver et printemps 1988.

Conditions climatiques :

Conditions moyennes pour tous les brûlages (y compris ceux de Porrejon) :

Hygrométrie	Température	Vitesse du vent
37-91 %	7-20°C	0,36-11,52 km.h ⁻¹

Conduite du feu :

Températures moyennes observées sur les différents brûlages:

	TE Sol %	TE litière %	TE Humus %	T _{max} Sol °C	T _{max} Sol +2cm °C	Durée T _{0cm>200°C} min	Humus Non brûlé %	Réduction combustible g.m ⁻²
1 ^{er} brûlage Ouverture	33,2 (17,0-53,0)	25,6 (12,4-35,6)	143,9 (44,1-257,7)	73 (16-272)	21 (9-66)	0,18 (0-2,00)	93,7	1280
2 nd brûlage Entretien	39,6 (22,0-67,8)	43,2 (26,9-59,1)	113,4 (62,3-191,2)	54 (23-180)	19 (10-27)	0,13 (0-0,72)	88,4	972

Les brûlages (y compris ceux de Porrejon) ont eu des intensités allant de 31 à 958 kW.m⁻¹ pour des hauteurs de flamme oscillant entre 0,3 et 1,5 m et des vitesses de feu allant de 0,2 à 2,68 m.mn⁻¹.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM12

VEGA, J.A. ; LANDSBERG, J. ; BARA, S. ; PAYSEN, T. ; FONTURBEL, M.T. ; 1998 ; Efectos del fuego prescrito en suelos forestales de Galicia y Andalucia ; Taller sobre Empleo de Quemas Prescritas para Prevencion de Incendios Forestales, Lourizan del 10 al 13 de Noviembre 1998 ; 17p. [APM12].

Mots clefs :

ESPAGNE ; BRULAGE DIRIGE ; GALICE ; EFFET STRATE ARBOREE ; EFFET STRATES BASSES ; PINUS PINASTER ; EUCALYPTUS GLOBULUS ; REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Note du lecteur

Article peu précis sur les protocoles, mais qui présente l'avantage de faire référence à un grand nombre de brûlages.

Effets étudiés :

APM12-Effets sur le sol : Pertes en nutriments et échauffement.

APM12-Effets sur le sol : Minéralisation de l'azote et activité microbiologique.

APM12-Effets sur la flore : Réduction du combustible de la strate basse.

Etude : APM12b

VEGA, J.A. ; CUINAS, P. ; BARA, S. ; FONTURBEL, M.T. ; SANTOS DE LOS, J.A. ; ROZADOS, M.J. ; ALONSO, M. ; BELOSO, M.C. ; CALVO, E. ; 1993 ; Forest fire prevention through prescribed burning :

experimental study on fire effects on litter and soil. Informe Final del Proyecto, Contract n° STEP-CT90-0087 ; Centro de Investigaciones Forestales (C.I.F.) ; 268p. [APM12b].

Mots clefs :

ESPAGNE ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; PINUS PINASTER ; EFFET STRATES BASSES ; BANC THERMIQUE ; LABORATOIRE ; EFFET SOL ; INVENTAIRE DE VEGETATION ; COMBUSTIBLE.

Note du lecteur

Rapport intermédiaire donnant des protocoles et des résultats très détaillés, dont la synthèse est faite dans l'article APM12.

Etude : APM13

VEGA, J.A. ; CUIÑAS, P. ; FONTURBEL, M.T. ; FERNANDEZ, C. ; 1998 ; Planificar la prescripción para reducir combustibles y disminuir el impacto sobre el suelo en las quemas prescritas ; Taller sobre Empleo de Quemas Prescritas para Prevención de Incendios Forestales, Lourizán del 10 al 13 de Noviembre 1998 ; 24p. [APM13, LBA05].

Mots clefs :

GALICE ; ESPAGNE ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; TEMPERATURES ; PINUS PINASTER.

Note du lecteur

Article de synthèse donnant les modèles les plus pertinents obtenus à partir de nombreux brûlages.

Effets étudiés

APM13-Effets sur la flore : Réduction du combustible.

LES BRULAGES DE PORREJON

Localisation : Porrejon, Malaga, Andalousie, Espagne.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Sol : Péridotites

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster* (d : 800 à 1560 tiges.ha⁻¹ ramenée à 500 tiges.ha⁻¹ avant brûlage)

Arbustive : *Ulex parviflorus*, *Cistus populifolius*, *Quercus coccifera*.

Conditions climatiques :

Conditions moyennes pour tous les brûlages (y compris ceux de Galice) :

Hygrométrie	Température	Vitesse du vent
37-91 %	7-20°C	0,36-11,52 km.h ⁻¹

Conduite du feu :

Températures moyennes observées sur les différents brûlages:

	TE Sol %	TE litière %	TE Humus %	T _{max} Sol °C	T _{max} Sol +2cm °C	Durée T _{0cm} >200°C min	Humus Non brûlé %	Réduction combustible g.m ⁻²
1 ^{er} brûlage Ouverture	19,5 (14,1-25,8)	21,1 (14,2-32,0)	77,0 (55,0-99,7)	146 (33-402)	30 (22-38)	2,28 (0-4,75)	46,3	1974
2 nd brûlage Entretien	23,4 (18,9-30,1)	17,5 (12,5-20,7)	64,3 (37,1-113,0)	53 (20-138)	17 (14-21)	0,11 (0-100)	37,4	992

Les brûlages (y compris Galice) ont eu des intensités allant de 31 à 958 kw.m⁻¹ pour des hauteurs de flamme entre 0,3 et 1,5 m et des vitesses de feu allant de 0,003 à 0,045 m.s⁻¹.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM12

VEGA, J.A. ; LANDSBERG, J. ; BARA, S. ; PAYSEN, T. ; FONTURBEL, M.T. ; 1998 ; Efectos del fuego prescrito en suelos forestales de Galicia y Andalucia ; Taller sobre Empleo de Quemas Prescritas para Prevencion de Incendios Forestales, Lourizan del 10 al 13 de Noviembre 1998 ; 17p. [APM12].

Mots clefs :

ESPAGNE ; BRULAGE DIRIGE ; GALICE ; EFFET STRATE ARBOREE ; EFFET STRATES BASSES ; PINUS PINASTER ; EUCALYPTUS GLOBULUS ; REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Note du lecteur

Article peu précis sur les protocoles, mais qui présente l'avantage de faire référence à un grand nombre de brûlages.

Effets étudiés :

APM12-Effets sur le sol : Pertes en nutriments et échauffement.

APM12-Effets sur le sol : Minéralisation de l'azote et activité microbiologique.

APM12-Effets sur la flore : Réduction du combustible de la strate basse.

Etude : APM12b

VEGA, J.A. ; CUINAS, P. ; BARA, S. ; FONTURBEL, M.T. ; SANTOS DE LOS, J.A. ; ROZADOS, M.J. ; ALONSO, M. ; BELOSO, M.C. ; CALVO, E. ; 1993 ; Forest fire prevention through prescribed burning : experimental study on fire effects on litter and soil. Informe Final del Proyecto, Contract n_CE;STEP-CT90-0087 ; Centro de Investigaciones Forestales (C.I.F.) ; 268p. [APM12b].

Mots clefs :

ESPAGNE;BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; PINUS PINASTER ; EFFET STRATES BASSES ; BANC THERMIQUE ; LABORATOIRE ; EFFET SOL ; INVENTAIRE DE VEGETATION ; COMBUSTIBLE.

Note du lecteur

Rapport intermédiaire donnant des protocoles et des résultats très détaillés, dont la synthèse est faite dans l'article APM12.

Etude : APM13

VEGA, J.A. ; CUIÑAS, P. ; FONTURBEL, M.T. ; FERNANDEZ, C. ; 1998 ; Planificar la prescripción para reducir combustibles y disminuir el impacto sobre el suelo en la quemas prescritas ; Taller sobre Empleo de Quemas Prescritas para Prevencion de Incendios Forestales, Lourizan del 10 al 13 de Noviembre 1998 ; 24p. [APM13, LBA05].

Mots clefs :

GALICE ; ESPAGNE ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; TEMPERATURES ; PINUS PINASTER.

Note du lecteur

Article de synthèse donnant les modèles les plus pertinents obtenus à partir de nombreux brûlages.

Effets étudiés

APM13-Effets sur la flore : Réduction du combustible.

LE BRULAGE DE CERPONZONES ET L'INCENDIE DE MONTE ALBA

Localisation : Monte Alba, Cerponzones, Pontevedra, Espagne.

Objectifs du brûlage : DFCI, expérimental.

Type de feu : Brûlage dirigé et incendie.

Equipe de brûlage : Laboratoire du feu du Centre de recherche de Lourizan.

Description physique :

Altitude : 100 m.

Sol : Riche en matière organique sur granite.

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster* (40 ans, 80 tiges.ha⁻¹).

Arbustive : *Ulex*, *Erica*, *Calluna*, *Pleridium* (recouvrement de 50%).

Date ou période du brûlage :

Incendie : Printemps 1984

Brûlage : Brûlage au printemps 83

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM09

FENANDEZ DE ANA MAGNAN, F.J. ; RODRIGUEZ A. ; 1992 ; El fuego y la respuesta de los macromicetos del suelo en pinares de *Pinus pinaster* ; Investigacion Agraria, Systemas y Recursos Forestales 2 1 ; 137-150. [APM09].

Mots clefs :

PINUS PINASTER ; INCENDIE ; BRULAGE DIRIGE ; CHAMPIGNONS.

Effets étudiés :

APM09-Effets sur la flore : Comparaison de l'effet d'un brûlage et d'un incendie sur les populations fongiques.

LES BRULAGES EXPERIMENTAUX DE AS GALLAS ET CAMPO DE POZA.

Localisation : Monte Coirego, Pontevedra, Espagne.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Type de feu : Brûlage dirigé, sur 31 microparcelles.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Altitude : 700 m.

Pente : 38 %.

Sol : Granite.

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster* (17 et 19 ans, H : 10,6 m).

Arbustive : Communauté phytosociologique *Ulici eurpaei-Ericetum cinereae*.

Plan Expérimental :

Site 1 (A Gallas): Densité 2250 à 2700 tiges.ha⁻¹. Allumage de 24 placettes de 4*4m avec deux arbres en position centrale.

Site 2 (Campo de poza): Allumage de 12 placettes de 9*6 m ou 11*6 m avec deux arbres en position centrale.

Conditions climatiques :

Hygrométrie	Température	Vitesse du vent
66,3 %	14,7°C	5,4 km.h ⁻¹
(40 - 90)	(26 - 9)	(0,0 - 19,44)

Conditions climatiques moyennes pendant les 31 brûlages.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM11

VEGA, J.A. ; PÉREZ-GOROSTIAGA, P. ; CUIÑAS, P. ; ALONSO, M. ; FONTURBEL, M.T. ; FERNANDEZ, C. ; ROZADOS, M.J. ; 1998 ; Patrones espaciales de temperaturas en el tronco y copa de *P. pinaster* durante fuegos prescritos ; Taller sobre Empleo de Quemas Prescritas para Prevencion de Incendios Forestales, Lourizan del 10 al 13 de Noviembre 1998 ; 11p. [APM11].

Mots clefs :

GALICE;ESPAÑA;BRULAGE DIRIGE;PLANIFICATION;PRESCRIPTION;EFFET SOL;REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Note du lecteur

Cet article reprend des résultats présentés de manière exhaustive dans le titre 4 page 56 du rapport APM11b.

Effets étudiés :

APM11-Effets sur le peuplement forestier : Echauffement et blessures au tronc.

Etude : APM11b

VALETTE, J.C. (COMP.) ; 1996 ; La prévention des incendies de forêt par le brûlage dirigé: effets du feu sur les arbres. Contrat n° EV5V-CT94-0473. Rapport périodique du 1er Juin 1995 au 31 Mai 1996 ; INRA, Avignon ; CIF, Pontevedra ; UTAD, Vila real ; CEFÉ, Montpellier ; IST, Lisbonne ; CIFOR, Madrid ; Commission Européenne. Direction Générale pour la Science, la Recherche et le Développement. Programme "Environnement et Climat"; 300p. [APA06, APM10b, APM11b, APM14]

Mots clefs :

PORTUGAL ; FRANCE ; ESPAGNE ; PREVENTION ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; FEU EXPERIMENTAL ; PINUS HALEPENSIS ; PINUS PINASTER ; INFLAMMABILITE ; ECOPHYSIOLOGIE ; AIGUILLE ; CARACTERISTIQUE DES COMBUSTIBLES ; MODELISATION ; NUTRITION ; PHOTOSYSTEME ; EFFICACITE PHOTOCHIMIQUE ; INTERACTION FLAMME TRONC.

Note du lecteur

Rapport intermédiaire présentant de manière détaillée les protocoles ayant abouti aux résultats cités dans l'article APM11.

LES ECHAUFFEMENTS LOCALISES ET CONTROLES DE LOURIZAN

Localisation : Pontevedra, Galice, Espagne.

Type de feu : Echauffement avec ceinture chauffante.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Sol : Socle gneiss, sol acide et oligotrophe d'une profondeur de 1 m.

Pente : 5%

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster* (15-21 ans, 1000 t.ha⁻¹, H : 9 m).

Arbustive : *Calluna vulgaris*, *Erica cinerea*, *Erica umbellata*, *Dabeocia polifolia*..

Date ou période du brûlage : 23/02/96

Conduite du feu :

	Moyenne	Extrêmes
Températures à la surface de l'écorce (°C)	230 °C	319-113
Température du cambium (°C)	98 °C	112-70
Durée en secondes avec une température supérieure à 60°C à la surface	284 s	820-102
Durée en secondes avec une température supérieure à 60°C du cambium	486 s	930-90

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM14

VALETTE, J.C. (COMP.) ; 1996 ; La prévention des incendies de forêt par le brûlage dirigé: effets du feu sur les arbres. Contrat n° EV5V-CT94-0473. Rapport périodique du 1er Juin 1995 au 31 Mai 1996 ; INRA, Avignon ; CIF, Pontevedra ; UTAD, Vila real ; CEFÉ, Montpellier ; IST, Lisbonne ; CIFOR, Madrid ; Commission Européenne. Direction Générale pour la Science, la Recherche et le Développement. Programme "Environnement et Climat"; 300p. [APA06, APM10b, APM11b, APM14].

Mots clefs :

PORTUGAL ; FRANCE ; ESPAGNE ; PREVENTION ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; FEU EXPERIMENTAL ; PINUS HALEPENSIS ; PINUS PINASTER ; INFLAMMABILITE ; ECOPHYSIOLOGIE ; AIGUILLE ; CARACTERISTIQUE DES COMBUSTIBLES ; MODELISATION ; NUTRITION ; PHOTOSYSTEME ; EFFICACITE PHOTOCHIMIQUE ; INTERACTION FLAMME TRONC.

Note du lecteur

Cet extrait de rapport européen est tiré des travaux de J.A. Vega.

Effets étudiés :

APM14-Effets sur les arbres : Evolution des paramètres écophysiologique selon l'intensité des dommages.

LES ECHAUFFEMENTS LOCALISES ET CONTROLES DE EL SINO

Localisation : Pontevedra, Galice, Espagne.

Type de feu : Echauffement de bandes métalliques au chalumeau.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Sol : Socle gneiss, sol acide et oligotrophe d'une profondeur de 0,5 m.

Pente : 18,5%

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster* (15-21 ans, 1000 t.ha⁻¹, H : 9 m).

Arbustive : *Ulex europaeus*, *Ulex minor*, *Cytisus scoparius*, *Pteridium aquilinum*.

Date ou période du brûlage : 02/04/96

Conduite du feu :

	Moyenne	Extrêmes
Températures à la surface de l'écorce (°C)	230 °C	319-113
Température du cambium (°C)	98 °C	112-70
Durée en secondes avec une température supérieure à 60°C à la surface	155 s	220-114
Durée en secondes avec une température supérieure à 60°C du cambium	395 s	555-290

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM14

VALETTE, J.C. (COMP.) ; 1996 ; La prévention des incendies de forêt par le brûlage dirigé: effets du feu sur les arbres. Contrat n° EV5V-CT94-0473. Rapport périodique du 1er Juin 1995 au 31 Mai 1996 ; INRA, Avignon ; CIF, Pontevedra ; UTAD, Vila real ; CFE, Montpellier ; IST, Lisbone ; CIFOR, Madrid ; Commission Européenne. Direction Générale pour la Science, la Recherche et le Développement. Programme "Environnement et Climat"; 300p. [APA06, APM10b, APM11b, APM14].

Mots clefs :

PORTUGAL ; FRANCE ; ESPAGNE ; PREVENTION ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; FEU EXPERIMENTAL ; PINUS HALEPENSIS ; PINUS PINASTER ; INFLAMMABILITE ; ECOPHYSIOLOGIE ; AIGUILLE ; CARACTERISTIQUE DES COMBUSTIBLES ; MODELISATION ; NUTRITION ; PHOTOSYSTEME ; EFFICACITE PHOTOCHIMIQUE ; INTERACTION FLAMME TRONC.

Note du lecteur

Cet extrait de rapport européen est tiré des travaux de J.A. Vega.

Effets étudiés :

APM14-Effets sur les arbres : Evolution des paramètres écophysiologique selon l'intensité des dommages.

LES ECHAUFFEMENTS LOCALISES ET CONTROLES DE COTOBAD

Localisation : Cotobad, Pontevedra, Galice, Espagne.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Type de feu : Expérimentation : échauffements localisés et contrôlés des troncs au moyen de ceintures chauffantes.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Altitude : 700 m.

Pente : 38 %.

Sol : Granite.

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster*.

Arbustive : *Erica sp.*

Date ou période du brûlage : 4 au 8 mars 1996.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM10

ALONZO, M. ; ROZADOS, J.A. ; VEGA, J.A. ; PEREZ-GOROSTIAGA, P. ; CUIÑAS, P. ; FONTURBEL, M.T. ; FERNANDEZ, C. ; 1998 ; Biochemical responses of *Pinus pinaster* trees to fire-induced trunk girdling and crown scorch : some needle chemical indications ; III International Confer. on Forest Fire Research ; 14th Conference on Fire and Forest Meteorology, Luso, 16/20 November 1998 ; 1539-1554. [APM10].

Mots clefs :

ESPAGNE ; GALICE ; PINUS PINASTER ; BRULAGE DIRIGE ; AIGUILLE ; EFFET STRATE ARBOREE ; BIOCHIMIE ; STRESS THERMIQUE.

Effets étudiés :

APM10-Effets sur le peuplement forestier : Variation des constituants chimiques des feuilles.

Etude : APM10b

VALETTE, J.C. (COMP.) ; 1996 ; La prévention des incendies de forêt par le brûlage dirigé: effets du feu sur les arbres. Contrat n° EV5V-CT94-0473. Rapport périodique du 1er Juin 1995 au 31 Mai 1996 ; INRA, Avignon ; CIF, Pontevedra ; UTAD, Vila real ; CEFE, Montpellier ; IST, Lisbonne ; CIFOR, Madrid ; Commission Européenne. Direction Générale pour la Science, la Recherche et le Développement. Programme "Environnement et Climat"; 300p. [APA06, APM10b, APM11b, APM14].

Mots clefs :

PORUGAL ; FRANCE ; ESPAGNE ; PREVENTION ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATE ARBOREE ; FEU EXPERIMENTAL ; PINUS HALEPENSIS ; PINUS PINASTER ; INFLAMMABILITE ; ECOPHYSIOLOGIE ; AIGUILLE ; CARACTERISTIQUE DES COMBUSTIBLES ; MODELISATION ; NUTRITION ; PHOTOSYSTEME ; EFFICACITE PHOTOCHIMIQUE ; INTERACTION FLAMME TRONC

Note du lecteur :

L'article APM10 reprend une partie des travaux présentés dans le rapport intermédiaire APM10b.

LES FEUX EXPERIMENTAUX SUR LE BANC THERMIQUE DES VIGNERES

Localisation : Avignon, Vaucluse, France

Type de feu : Banc thermique.

Objectifs du brûlage : Expérimentation

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Historique avant intervention :

Végétation :

Litière de *Pinus Pinaster* ; Charge variable.

Conditions climatiques :

Teneur en eau du combustible variable

Conduite du feu :

Feux expérimentaux conduits sur banc thermique en laboratoire sans pente.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM03

GILLON, D. ; GOMENDY, V. ; HOUSSARD, C. ; MARÉCHAL, J. ; VALETTE, J.CH. ; 1995 ; Combustion and nutrient losses during laboratory burns ; International Journal of Wildland Fire 5(1) ; 1-12. [APM03].

Mots clefs :

COMBUSTIBLE ; EFFET SOL ; CHIMIE DU SOL ; PROPAGATION ; BANC THERMIQUE ; TENEUR EN EAU.

Note du lecteur

Ouvrage comportant de nombreux résultats graphiques non reportés ici.

Effets étudiés :

APM03-Effets sur le sol : Pertes en litière et en nutriments.

LES FEUX EXPERIMENTAUX SUR LE BANC THERMIQUE DES VIGNERES 2

Localisation : Les Vignères, Avignon, France, Sol venant de Nîmes, France.

Type de feu : Banc thermique.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Equipe de brûlage : INRA Avignon

Description physique :

Sol : Calcisol calcaire, de texture limono-sablo argileuse.

Historique avant intervention : Pas de perturbation.

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster*

Date ou période du brûlage : Février à Avril 1992.

Conditions climatiques :

Température	Hygrométrie	Vitesse du vent
2 - 18 °C	35 - 88 %	0 km.h ⁻¹

Conduite du feu :

Feux expérimentaux conduits sur banc thermique en laboratoire, sans vent, ni pente.

Faible intensité (<100 kW.m⁻¹), 95% de litière brûlée en moyenne.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM08

VALETTE, J.C. ; GOMENDY V. ; MARECHAL, J. ; HOUSSARD, C. ; GILLON, D. ; 1994 ; Heat transfert in the soil during very low intensity experimental fires : the role of duff and soil moisture content ; Int. J. Wildland fire 4 ; 225-237 [APM08].

Mots clefs :

BANC THERMIQUE ; EFFET SOL; HUMIDITE ; TRANSFERT DE CHALEUR ; PINUS PINASTER ; TEMPERATURE ; LITIERE.

Note du lecteur

Etude détaillée sur l'effet de la charge en combustible et de l'humidité du sol ou de la litière sur les transferts de chaleur vers le sol.

Effets étudiés :

APM08-Effets sur le sol : transferts de chaleur.

LES BRULAGES DE SERRA DE PADRELA, PORTUGAL

Localisation : Serra de Padrela, Nord Portugal.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : DFCI, Pastoral.

Equipe de brûlage : Université de Vila Real

Description physique :

Altitude : 970 m

Pente : 10 à 20%

Sol : Schistes métamorphiques.

Historique avant intervention : Pas de débroussaillement

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster* (10 - 17 ans)

Arbustive : *Chamaespartium tridentatum, Erica spp.*

Date ou période du brûlage : hiver

Conditions climatiques :

		Température (°C)	Hygrométrie (%)	H flammes (cm)	Part brûlée (%)
Feu 1 intense	22/02/89	9,4	76	278	64,7
Feu 2 peu intense	22/02/89	7,0	85	168	27,3

Conduite du feu : courbes de niveau successives

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM06

REGO, F.C. ; BOTELHO, H. ; 1993 ; Soil water regimes as affected by prescribed fire in young *Pinus pinaster* forests in Northern Portugal ; In Fire in Mediterranean Ecosystems, Atelier International sur l'Action du Feu dans les Ecosystèmes Méditerranéens, Banyuls-sur-Mer 21-25 Septembre 1992 - Commission of the European Communities Ecosystems Research Report 5 ; 423-432. [APM06].

Mots clefs :

PORUGAL ; HYDROLOGIE ; PINUS PINASTER ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET SOL.

Note du lecteur

Article très synthétique.

Effets étudiés :

APM06-Effets sur le sol : Régime hydrique.

LE BRULAGE DES LANVAUX

Localisation : Landes de Lanvaux, Morbihan, Bretagne, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : DFCI

Equipe de brûlage : CRPF Bretagne

Description physique :

Topographie : Plaine

Pente : 0 à 3%

Sol : brun profond. Peu d'hydromorphie.

Surface : 175 * 55 m

Historique avant intervention : gyrobroyeage quatre ans avant le brûlage.

Végétation :

Arborée : *Pinus pinaster*

Arbustive : *Erica ciliaris, E. tetralix, Ulex europeaus.*

Herbacée : *Molinia sp.*

Date ou période du brûlage : 31 mars 1987

Conditions climatiques :

Vent 3 à 10 km.h⁻¹.

Conduite du feu :

Lignes successives. Vitesse du front de flamme : 3,8 à 5,5 m.s⁻¹. Hauteur des flammes : 1 à 2 m avec un maximum à 5m. Température des flammes : 500 à 1100°C.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APM07

RIGOLOT, E. ; 1987 ; Le problème des incendies dans les Landes de Lanvaux. Etudes préalables et propositions ; CRPF Bretagne ; 90p. + annexes. [APM07].

Mots clefs :

LANDES DE LANVAUX ; BRETAGNE ; FRANCE ; PINUS PINASTER ; INFLAMMABILITE ; COMBUSTIBILITE ; INCENDIE ; PREVENTION ; RISQUE.

Note du lecteur

Rapport comprenant une étude sur l'inflammabilité et la combustibilité.

Effets étudiés :

APM07-Effets sur la faune : vers de terre.

Les brûlages dans les milieux arborés de type Plantation de Résineux

LES BRULAGES EXPERIMENTAUX DES VIGNERES DE 1986

Localisation : Les Vignères, Avignon, France.

Type de feu : Brûlage dirigé expérimental

Objectifs du brûlage : Expérimental, DFCI.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Description physique :

Topographie : plaine.

Historique avant intervention : Plantation élaguée en partie selon deux modalités.

Végétation :

Arborée : *Cupressus arizonica, Pinus eldarica* (6 ans, 2000 t.ha⁻¹, H : 4m).

Plan expérimental :

Les brûlages sont effectués dans des plantations de pin d'Eldar et cyprès de l'Arizona dont une partie est élaguée à 80 cm et à 160cm, l'autre n'étant pas élaguée.

Les produits d'élagages sont remplacés par de la paille de blé ce qui permet d'homogénéiser et de maîtriser la charge de litière selon deux modalités : 500 et 1000 g.m⁻² de litière.

Pour les deux espèces, 6 placettes de 30 individus sont comparées à un témoin non élagué et non brûlé.

Soit (2 espèces x 2 charges x 3 niveaux d'élagage) + 2 témoins non élagués et non brûlés = 14 parcelles.

Date ou période du brûlage : 14 et 21 avril 1986.

Conditions climatiques :

Date	Température (°C)	Hygrométrie (%)
14/04/86	11,5 - 15,5	36 - 52
21/04/86	16 - 19,5	51 - 72

Conduite du feu : Recule.

Puissance du feu : de 44 à 114 J.m⁻¹.s⁻¹ selon la charge.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APR01

RIGOLOT, E. ; VALETTE, J.C. ; 1990 ; Le brûlage dirigé pour l'entretien de jeunes peuplements résineux : comportement et impact en fonction de la quantité de litière et de l'élagage ; Annales des Sciences Forestières 47 ; 269-280. [APR01].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET STRATE ARBOREE ; CUPRESSUS ARIZONICA; PINUS ELDARICA ; DESSECHEMENT FOLIAIRE ; TEMPERATURE.

Note du lecteur

De bonnes références sur l'évolution des courbes de températures selon l'intensité du feu et le milieu.

Effets étudiés :

APR01-Effets sur les arbres : Mortalité et dégâts foliaires.

LES ECHAUFFEMENTS LOCALISES ET CONTROLES DES VIGNERES

Localisation : Les Vignères, Avignon, Vaucluse, France.

Type de feu : Expérimentation : échauffements localisés et contrôlés des troncs au moyen de ceintures chauffantes

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Description physique :

Topographie : Plaine.

Sol : Profond et limoneux.

Historique avant intervention : Aucune

Végétation :

Arborée : *Pinus halepensis* (10 ans, 1.5 x 1.5m, H : 4.7m, D130 : 5.4 cm).

Date ou période du brûlage : Mars.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APR02

DUCREY, M. ; DUHOUX, F. ; HUC, R. ; RIGOLOT, E. ; 1996 ; The ecophysiological and growth responses of Aleppo pine (*Pinus Halepensis* MILL.) to controlled heating applied to the base of the trunk ; Canadian Journal of Forest Research 26 ; 1366-1374. [APR02].

Mots clefs :

FRANCE ; PINUS HALEPENSIS ; EFFET STRATE ARBOREE ; DEGAT CAMBIUM ; PHYSIOLOGIE ; CROISSANCE ; MORTALITE ; RESISTANCE ELECTRIQUE DES CAMBIUMS ; ECHAUFFEMENT EXPERIMENTAL.

Note du lecteur

Cette étude permet de préciser la sensibilité du pin d'Alep à l'échauffement du tronc.

Effets étudiés :

APR02-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité, croissance et physiologie.

Les brûlages dans les milieux arborés de type Plantation d'Eucalyptus

LE BRULAGE DE CUNTIS

Localisation : Galice, Espagne.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Exposition : E, SE.

Topographie : plateau.

Pente : 15 %.

Surface : 40 * 24 m.

Végétation :

Arborée : *Eucalyptus globulus* (11 ans), *Pinus pinaster* (densité : 185 tiges.ha⁻¹, Surf. terrière : 22,4 m²).

Arbustive : *Ulex sp.*, *Pteridium aquilinum*, *Erica cinerea*, *Daboecia cantabrica*.

Herbacée : *Agrostis cetacea*.

Date ou période du brûlage : 29/07/77.

Conditions climatiques :

Hygrométrie	Température	Vitesse du vent
76 %	17°C	2,1 km.h ⁻¹

Conduite du feu :

Brûlage à contre vent.

Vitesse du feu : 0,006 m.s⁻¹.

Teneur en eau du combustible : Feuille d'eucalyptus : 28%
Feuilles en décomposition : 150%
Matériel vert : 133 %

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : APE01

VEGA, J.A. ; 1978 ; Utilizacion del fuego controlado en las comunidades vegetales de Galicia ; Boletin de la Estacion Central de Ecología 7 14 ; 03-19. [LBA04, APE01].

Mots clefs :

ESPAGNE ; BRULAGE DIRIGE ; GALICE;EFFET STRATE ARBOREE ; EFFET STRATES BASSES ; PINUS PINASTER ; EUCALYPTUS GLOBULUS ; REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Note du lecteur

Un article très précis sur l'évolution spacio-temporelle du front de flamme.

Effets étudiés :

APE01-Effets sur la flore : Réduction du combustible.

APE01-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité et dommages.

Les brûlages dans les milieux arborés composés de feuillus divers

LES FEUX PASTORAUX DES HAUTES-PYRENEES

Localisations : Pyrénées, France.

Type de feu : Feux aux caractéristiques non connues.

Végétation :

Arborée : *Quercus* sp., *Fagus sylvatica*..

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : AF01

FAERBER, J. ; 1995 ; Le feu contre la friche. Dynamiques des milieux, maîtrise du feu et gestion de l'environnement dans les Pyrénées centrales et occidentales ; Thèse de Doctorat, Université de Toulouse - Le Mirail, UFR "Géographie et Aménagement" ; 363p.+ annexes. [AF01, LGB03, LCM02, LBA03].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATES BASSES ; PATURAGE ; AMENAGEMENT.

Note du lecteur

Etude extraite de la thèse comprenant aussi les références LGB03, LCM02, LBA03, AF01.

Effets étudiés :

AF01-Effets sur les arbres : Sensibilité au brûlage.

LES BRULAGES D'OLLIERES

Localisation : Ollières, Var, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : DFCI.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon.

Historique avant intervention : Dernière coupe rase en 1944. Bande de sécurité créée en 1970, puis entretenue par débroussaillement manuel en 1973, 1975 et 1981.

Description physique :

Altitude : 250 m.

Surface : parcelles de 1250 à 1500 m².

Plan expérimental :

Parcelles	Surface m ²	Date Brûlage	T °C	H %	Vitesse de vent m.s ⁻¹
1 à 3	3*1500	02/04/85	20	85	5
5 à 7	3*1250	03/04/85	25	-	5
9 à 10	2*1250	12/03/86	12	51	0

Seules les placettes 6 et 2 ont fait l'objet de brûlage sans traitement phytocide.

Placette 1 à 4 dominante Herbacée.

Placette 5 à 8 dominante Arbustive riche en *Phillyrea latifolia*.

Végétation :

Arborée : *Quercus pubescens* (Hauteur = 5 m), *Acer monspessulanum*, *Quercus ilex*.

Arbustive : *Phillyrea latifolia*, *Juniperus communis*, *Thymus vulgaris*, *Lonicera implexa*, *Acer monspessulanum*, *Sorbus torminalis*.

Herbacée : *Brachypodium pinnatum*, *Bromus erectus*, *Festuca ovina*

Date ou période du brûlage : Mars, Avril.

Conduite du feu :

Vitesse du front de flamme : 0,042-0,005 m.s⁻¹.

Masse de combustible des strates basses et caractéristiques du feu lors du brûlage de 1985 à Ollières.

	PARCELLE 2	PARCELLE 6
Masse herbacée	101 g/m2	99 g/m2
Masse ligneuse	74 g/m2	150 g/m2
Hauteur flammes	40 à 60 cm	60 à 80 cm
Profondeur du feu	50 à 200 cm	100 à 300 cm
Température max à 160 cm	68 °C	85 °C
Durée de Tmax 160 cm	16 s	89 s
Température max à 40 cm	147 °C	209 °C
Durée de Tmax 40 cm	83 s	212 s

Température max à 0 cm	46 °C	231 °C
Température max à -2 cm	16 °C	142 °C

Les brûlages dirigés ont été effectués par bandes successives.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : DIV04

GILLON, D. ; BERTRAND, M. ; ETIENNE, M. ; LUMARET, J.P. ; VALETTE, J.C. ; 1987 ; Ecological impact of prescribed winter burning on fuel breaks in french mediterranean forests. First results ; Ecologia Mediterranea XIII 4 ; 163-176. [DIV04].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET STRATES BASSES ; STRATE ARBOREE ; SOL.

Note du lecteur

Tout cet article prend comme référence les parcelles débroussaillées ce qui permet de s'affranchir de l'effet ouverture du milieu. Il est agrémenté d'un grand nombre de graphiques non reportés ci-après.

Effets étudiés :

DIV04-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité et croissance.

DIV04-Effets sur la flore : Strates basses.

DIV04-Effets sur le sol : Perturbation du microclimat.

DIV04-Effets sur le sol : Effets sur la litière.

DIV04-Effets sur le sol : Cellulolyse, activité microbienne.

DIV04-Effets sur le sol : Matière organique.

DIV04-Effets sur le sol : Mésofaune.

DIV04-Effets sur la faune : Entomofaune.

DIV04-Effets sur le milieu : Conclusion et long terme.

LES BRULAGES DIRIGES D'ARTIGUES

Localisation : Artigues, Var, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : DFCI.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt,
Avignon

Description physique :

Altitude : 500 m.

Surface : Placettes de 1000 m².

Végétation :

Arborée : *Quercus pubescens, Acer monspessulanum.*

Herbacée : *Brachypodium pinnatum, Bromus erectus, Festuca ovina..*

Plan expérimental :

Parcelles	22/03/84	19/03/87	08/03/90
1 à 5	Oui		Oui
6	Oui	Oui	Oui
7		Oui	Oui
8		Oui	Oui
9			Oui

Date ou période du brûlage : Mars.

Conditions climatiques du brûlage de 1990 :

Température de l'air : 15,0 à 15,6 °C; Hygrométrie : 46,5 à 48 %.

Conduite du feu :

Date	Mode de conduite	Vitesse front
22/03/1984	à la recule	-
	au vent	-

	par bandes successives	-
19/03/1987	par bandes successives	-
08/03/1990	par bandes successives	2 à 3 m. ⁻¹

Vitesse du front de flamme : 0,003 à 0,008 m.h⁻¹, combustible 14 à 18 t.ha⁻¹; feu fort : Tsol = 30-40°C ; T50cm = 40-124°C ; t_{T>70°C} = 24 à 70 s.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : DIV04

GILLON, D. ; BERTRAND, M. ; ETIENNE, M. ; LUMARET, J.P. ; VALETTE, J.C. ; 1987 ; Ecological impact of prescribed winter burning on fuel breaks in french mediterranean forests. First results ; Ecologia Mediterranea XIII 4 ; 163-176. [DIV04].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET STRATES BASSES ; STRATE ARBOREE ; SOL.

Note du lecteur

Tout cet article prend comme référence les parcelles débroussaillées ce qui permet de s'affranchir de l'effet ouverture du milieu. Il est agrémenté d'un grand nombre de graphiques non reportés ci-après.

Effets étudiés :

DIV04-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité et croissance.

DIV04-Effets sur la flore : Strates basses.

DIV04-Effets sur le sol : Perturbation du microclimat.

DIV04-Effets sur le sol : Effets sur la litière.

DIV04-Effets sur le sol : Cellulolyse, activité microbienne.

DIV04-Effets sur le sol : Matière organique.

DIV04-Effets sur le sol : Mésofaune.

DIV04-Effets sur la faune : Entomofaune.

DIV04-Effets sur le milieu : Conclusion et long terme.

Les brûlages dans les milieux de type Maquis ou Garrigue

LE BRULAGE DE TORDERES

Localisation : Tordères, Pyrénées-Orientales, France

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : Expérimental

Equipe de brûlage : Cellule de brûlage dirigé des Pyrénées-Orientales

Description physique :

Altitude : 290 m

Topographie : Crête

Exposition : E et O

Pente : 0 à 30°

Sol : Silice, schistes et quartz

Surface : 8,25 ha

Historique avant intervention : Incendie en 1976

Végétation :

Arborée : *Quercus suber* (épars)

Arbustive : *Erica arborea* (1,5m), *Cistus montpellierensis*, *Ulex parviflorus*,

Quercus coccifera.

Herbacée : *Brachypodium retusum*.

Date ou période du brûlage : Janvier à Mars 1993

Conditions climatiques : La même parcelle a été brûlée en plusieurs fois la même

Date	Température (°C)	Hygrométrie (%)	Vitesse du vent (km.h ⁻¹)
22/01/93	14,4 - 16,7	40-42	1,8-3,2
28/01/93	13	Faible	Faible
19/02/93	7,2	43 - 48	3,5-7,2
29/03/93	15,6 - 16,1	55 - 43	7,2-28,8 ¹

année.

Conduite du feu : Recule, Par taches.

Date	% cumulé de surface brûlée	Vitesse du feu
22/01/93	35	2,08-4,16 m.s ⁻¹
28/01/93	51	Lent
19/02/93	60	Modérée
29/03/93	76	Faible

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : MBC01 a

PONS FERRAN, P. ; 1996 ; Dynamique de l'avifaune après incendie et brûlage dirigé en zone méditerranéenne: importance de la territorialité ; Thèse de doctorat de l'Université de Paris 6; Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer ; 293 p. [MBC01 a].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; INCENDIE ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET FAUNE ; AVIFAUNE ; SYLVA UNDATA ; QUERCUS SUBER.

Note du lecteur

La thèse est riche en résultats précis qui génèrent un peu de confusion.

Effets étudiés :

MBC01-Effets sur la flore : Vitesse de croissance des plantes ligneuses après incendie

MBC01-Effets sur la faune : L'entomofaune en tant que nourriture des oiseaux.

MBC01-Effets sur la faune : Comportement et population de l'avifaune

Etude : MBC01 b

PONS, P. ; 1997 ; Bird tenacity after prescribed burning in mediterranean shrubland ; International Workshop : Fire, Landscape and Dynamics in the Mediterranean Area. 15-19 september, 1997, Banyuls-sur-Mer, France ; 7p. + figures. [MBC01 b].

Mots clefs :

BRULAGE DIRIGE ; FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; MAQUIS ; INVERTEBRE ; AVIFAUNE ; EFFET FAUNE ; SYLVIA UNDATA ; SYLVIA MELANOCEPHALA.

Note du lecteur

L'article synthétise bien la notion de territorialité et précise comment se manifeste ce comportement.

Effets étudiés :

MBC01-Effets sur la flore : Vitesse de croissance des plantes ligneuses après incendie

MBC01-Effets sur la faune : L'entomofaune en tant que nourriture des oiseaux.

MBC01-Effets sur la faune : Comportement et population de l'avifaune

Etude : MBC02

ABEL, M.A. ; PONS, P. ; 1997 ; Effect of prescribed burning on ground-foraging ant community in mediterranean maquis ; International Workshop : Fire, Landscape and Dynamics in the Mediterranean Area. 15-19 september, 1997, Banyuls-sur-Mer, France ; 7p. [MBC02].

Mots clefs :

FRANCE ; FOURMIS ; EFFET SOL ; BRULAGE DIRIGE ; MAQUIS ; PYRENEES ORIENTALES ; FAUNE ; EFFET FAUNE.

Effets étudiés :

MBC02-Effets sur la faune : Entomofaune circulante de surface dont les fourmis.

Les brûlages dans les milieux de type Lande à Bruyère et Ajonc

LE BRULAGE DE COÜET-QUIDAN

Localisation : Coüet-quidan, Iles et vilaine, Bretagne, France

Type de feu : Incendie expérimental.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Equipe de brûlage : Université de Rennes-Beaulieu

Description physique :

Pente : 15°

Sol : brun profond de 40 à 50 cm avec parfois traces d'hydromorphie

Surface : 4400 et 3600 m²

Historique avant intervention :
incendie ancien

Végétation :

Type 1 : lande haute

Arbustive : *Ulex europaeus* et
Erica cinerea

Type 2 : lande mésophile

Arbustive : *Erica ciliaris*, *Ulex minor*

Herbacée : *Molinia caerulea*

Date ou période du brûlage : Printemps

Conditions climatiques :

	Température (°C)	Hygrométrie (%)	Vitesse du vent (km.h ⁻¹)	Orientation du vent
Lande haute	8,5	84	4,5	O-NO
Lande mésophile	16	58	5,94-7,2	NO

Conduite du feu : Au vent

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LBA01

FORGEARD, F. ; TOUFFET, J. ; 1985 ; Etude de quelques caractéristiques et conséquences d'un feu provoqué dans une lande bretonne ; Bull. Ecol. XVI (3) ; 231-241. [LBA01].

Mots clefs :

BRULAGE DIRIGE ; FRANCE ; BRETAGNE ; LANDE ; TEMPERATURE ; EFFET STRATES BASSES ; SUCCESSION ; COMPOSITION FLORISTIQUE.

Note du lecteur

Comparaison du brûlage dans deux milieux de type lande bretonne.

Effets étudiés :

LBA01-Effets sur la flore : Réduction et reconstitution de la strate basse

ETUDE EXPERIMENTALE DE L'UNIVERSITE DE RENNES-BEAULIEU

Type de feu : Echauffement en laboratoire

Végétation :

Arbustive : *Ulex europaeus*

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LBA02

FORGEARD, F. ; FRENOT, Y. ; 1996 ; Effects of burning on heathland soil chemical properties: An experimental study on the effect of heating and ash Déposits ; Journal of Applied Ecology 33 (4) ; 803-811. [LBA 02].

Mots clefs :

FRANCE ; BRULAGE EXPERIMENTAL ; EFFET SOL ; CHIMIE DU SOL ; BRETAGNE ; ERICACEE.

Note du lecteur

Une approche intéressante sur le devenir des nutriments dans le sol, avec des éléments de subjectivité sur la concentration des eaux de percolation.

Effets étudiés :

LBA02-Effets sur le sol : Conséquence de l'échauffement et devenir des cendres.

LES BRULAGES DES PYRENEES DANS LES LANDES A BRUYERE VAGABONDE ET AJONC NAIN

Localisations : Pyrénées, France.

Type de feu : Brûlage dirigé

Equipe de brûlage : Université de Toulouse Le Mirail

Conditions des brûlages cf. annexe 1

Date	Dép.	Commune	Lieu dit	Altitude exposition	Surface brûlées	Type de végétation	Objectif
11/12/91	65	Arcizans - Avant	Les serres	1420-1460m E-SE	4 ha	Lande à callune et bruyère vagabonde avec ajonc nain	Pastoral
11/12/91	65	Arcizans - Avant	Roc de l'Aussère	1400-1480m S-SE	10 ha	Lande à callune et bruyère + Lande à ajonc nain	Pastoral
09/04/93	65	Arcizans - Avant	Roc de l'Aussère Turon de Béne Ombrée des Peluets	1400m, S-SO 1550m, NO 1360m, NE	150 m ² 150 m ² 150 m ²	Lande à callune et bruyère Lande à genévrier Lande à genévrier	Expérimental
01/03/92	65	Salles	Col d'Andorre	1400-1550m SE	10 ha	Lande-pelouse à Callune Bryère, Brachypode avec Ajonc nain	Pastoral

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LBA03

FAERBER, J. ; 1995 ; Le feu contre la friche. Dynamiques des milieux, maîtrise du feu et gestion de l'environnement dans les Pyrénées centrales et occidentales ; Thèse de Doctorat, Université de Toulouse - Le Mirail, UFR "Géographie et Aménagement" ; 363p.+ annexes. [AF01, LGB03, LCM02, LBA03].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATES BASSES ; PATURAGE ; AMENAGEMENT.

Note du lecteur

Etude extraite de la thèse comprenant aussi les références LGB03, LCM02, LBA03, AF01

Effets étudiés :

LBA03-Effets sur la flore : dynamique de végétation et valeur pastoral.

LE BRULAGE DE MONTE GALLEIRO

Localisation : Galice, Espagne.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Exposition : E, SE.

Topographie : plateau.

Pente : 11 %.

Surface : 50 * 40 m.

Végétation :

Arbustive : *Ulex* sp. (0,65-1,40 m), *Pteridium aquilinum*, *Haliminum abyssoides*.

Herbacée : *Arrhenatum thorei*, *Agrostis temnus*, *Brachypodium pinatum*.

Date ou période du brûlage : 29/07/77.

Conditions climatiques :

Hygrométrie	Température	Vitesse du vent
58 %	23°C	2,48 km.h ⁻¹

Conduite du feu :

Feu montant dans le sens du vent.

2,38 kg.m⁻² de combustible à 31% de teneur en eau.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LBA04

VEGA, J.A. ; 1978 ; Utilizacion del fuego controlado en las comunidades vegetales de Galicia ; Boletin de la Estacion Central de Ecología 7 14 ; 03-19. [LBA04, APE01].

Mots clefs :

ESPAÑE ; BRULAGE DIRIGE ; GALICE;EFFET STRATE ARBOREE ; EFFET STRATES BASSES ; PINUS PINASTER ; EUCALYPTUS GLOBULUS ; REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Note du lecteur

Un article très précis sur l'évolution spacio-temporelle du front de flamme.

Effets étudiés :

LBA04-Effets sur la flore : Réduction du combustible.

LES BRULAGES DES LANDES DE GALICE.

Localisation : Galice, Espagne.

Objectifs du brûlage : Expérimental.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Equipe de brûlage : Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Galice.

Description physique :

Pente : 13,6 % (0-38).

Végétation :

Arbustive : *Erica sp.*, *Chamaespartium tridentatum*, *Ulex minor*, *Ulex europaeus*.

Date ou période du brûlage : Janvier, Mars, Juin.

Plan Expérimental :

L'article fait référence à des résultats issus de 30 à 60 brûlages non reportés dans le document LBA05.

Conditions climatiques :

Hygrométrie	Température	Vitesse du vent	Dernière pluie
59,9 % (36 - 90)	16,7°C (8,3 - 25,3)	6 km.h ⁻¹ (0,0 - 32,0)	8 jours avant (2 à 20)

Conduite du feu :

Le mode de conduite du feu n'est pas précisé

Vitesse (m.mn ⁻¹)	Intensité (Kw.m ⁻¹)	Hauteur de flamme (m)
3,7 (0,3 - 16,1)	16,7°C (60 - 6905)	3,75 (0,75 - 8)

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LBA05

VEGA, J.A. ; CUIÑAS, P. ; FONTURBEL, M.T. ; FERNANDEZ, C. ; 1998 ; Planificar la prescripción para reducir combustibles y disminuir el impacto sobre el suelo en la quemas prescritas ; Taller sobre Empleo de Quemas Prescritas para Prevención de Incendios Forestales, Lourizan del 10 al 13 de Noviembre 1998 ; 24p. [APM13, LBA05].

Mots clefs :

GALICE ; ESPAGNE ; BRULAGE DIRIGÉ ; EFFET STRATE ARBOREE ; TEMPERATURES ; PINUS PINASTER.

Note du lecteur

Article de synthèse donnant les modèles les plus pertinents obtenus à partir de nombreux brûlages.

Effets étudiés :

LBA05-Effets sur la flore : Prédiction de l'échauffement et de la réduction du combustible.

Les brûlages dans les milieux de type Lande à Ciste et Ajonc

LE BRULAGE DU COL DE CREU

Localisation : France, Pyrénées-Orientales, Prades, Col de Creu

Type de feu : Brûlage dirigé

Objectifs du brûlage : Pastorale

Equipe de brûlage : Cellule de brûlage dirigé des Pyrénées-Orientales

Description physique :

Altitude : 500 m.

Exposition : SE.

Pente : 30%.

Surface : 6 ha.

Historique avant intervention : Dernier feu = 27-30 ans ; délaissé agricole ancien.

Végétation :

Arbustive : *Cistus monspelliensis* (60 - 80 cm), *Ulex europaeus*.

Herbacée : *Brachypodium ramosum* (25 - 30%), litière (12 t/ha).

Date ou période du brûlage : hiver 1992 et hiver 1994

Conditions climatiques : non présenté.

Conduite du feu : Comparaison de trois modes de conduite du brûlage pour ouvrir le milieu.

Col de Creu	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 2	Parcelles 1, 2 et 3
Séquence technique	Ouvertures			Entretien
Conduite	Par taches	Montant par bandes	A la recule	Montant et perp. au vent
Date	21/01/92	03/03/92	14/04/92	21/01/94
Surface	>1ha	1 à 2ha	1 à 2 ha	4 ha
Pente	>30 %	>30 %	>30 %	>40%
Durée	12h30/14h30	14h30/15h30	14h/17h	
Vitesse du vent	25,2 km.h ⁻¹ en rafale	7,2 km.h ⁻¹ pousse le feu	7,2-10,8 km.h ⁻¹ freine le feu	10,8-28,8 km.h ⁻¹ pousse le feu
Température	< 9°C	< 15°C	> 20°C	10°C
Hygrométrie	50-70%	50%	30%	< 20%
Teneur en eau du combustible	41 et 16%	41 et 11%	43 et 7%	46%
Vitesse feu	0,14 m.s ⁻¹	0,06 m.s ⁻¹	0,01 m.s ⁻¹	
Matière sèche consommée	13 - 8 = 5 t	13 - 3 = 10 t	13 - 3 = 10 t	
Puissance	130 kW.m ⁻¹	114 kW.m ⁻¹	190 kW.m ⁻¹	

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LCA01

SEBILL, N. ; LAMBERT, B. ; 1991 ; Etats du milieu et maîtrise des brûlages dirigés : première approche ; Société d'Elevage des Pyrénées-Orientales ; SIME Montpellier ; 79p.+ annexes. [LCA01].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; EFFET STRATES BASSES ; CISTUS ; TEMPERATURE ; REGENERATION ; INVENTAIRE DE VEGETATION ; TENEUR EN EAU.

Note du lecteur

Bonne étude pour déterminer à distance l'état hydrique du combustible et la faisabilité du brûlage dirigé (Présentation d'outils pour l'évaluation rapide de l'état hydrique du végétal). Cette étude évalue aussi la fréquence dans l'année des conditions idéales pour ce chantier.

Cette étude présente de façon détaillée l'état initial des parcelles avant brûlage, mais ne traite pas des brûlages eux-mêmes.

(Références sur la germination du ciste : Boulet 1985, Oustric, 1989).

Effets étudiés :

LCA01-Effets sur la flore : Strate basse.

Etude : LCA02

LAMBERT, B. ; 1995 ; Evolution du phytovolume du ciste de Montpellier selon différentes modalités d'emploi du feu. Analyse du comportement des cistiaies de moyenne montagne méditerranéenne aux brûlages dirigés à objectif sylvo-pastoral (région du Conflent-Fenouillèdes, Pyrénées-Orientales) ; S.I.M.E. ; Réseau des équipes de brûlage dirigé ; 18p.+ annexes. [LCA02].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; EFFET STRATES BASSES ; CISTUS MONSPELIENSIS ; REGENERATION NATURELLE ; GERMINATION ; BANQUE DE GRAINES.

Note du lecteur

Beaucoup de résultats graphiques sont présentés pour permettre une évaluation des vitesses de reconstitution du couvert de ciste selon l'itinéraire technique et l'intensité de la perturbation.

Effets étudiés :

LCA02-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse.

LES BRULAGES DE BOHERE-ADRIAN

Localisation : Bohere-Adrian, Prades, Pyrénées-Orientales, France.

Type de feu : Brûlage dirigé, incendie.

Objectifs du brûlage : Pastoral.

Equipe de brûlage : Cellule de brûlage dirigé des Pyrénées-Orientales.

Description physique :

Pente >30%.

Surface : 21 brûlages de 5 à 15 ha.

Historique avant intervention :

Végétation :

Arborée : Présence de bouquets de chêne blanc.

Arbustive : Recouvrement total = 60%, *Cistus monspelliensis* (40%), *Ulex parviflorus* (15%).

Herbacée : *Brachypodium ramosum* (50%).

Litière : 90%.

Date ou période du brûlage : Hiver

Conditions climatiques et conduites des feux :

<i>Historique</i>	Incendie en 1976	
<i>Surface</i>	2.5 ha	
<i>Pente</i>	30 % avec terrasses	
<i>Séquence technique</i>	Ouverture	Entretien
<i>Date</i>	11/02/90	21/02/92
<i>Conduite</i>	Au vent et perpendiculaire à la pente	Montant et au vent
<i>Vitesse du vent</i>	2 à 6 m.s ⁻¹	2 à 3 m.s ⁻¹ pousse le feu
<i>Température</i>	13°C	6°C
<i>Hygrométrie</i>	35%	> 50%
<i>Teneur en eau du combustible</i>	Litière de ciste et herbes sèches 10 à 14%	Brachypode 39%
<i>Vitesse feu</i>	4 m.s ⁻¹	0,125 à 0,195 m.s ⁻¹

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LCA02

LAMBERT, B. ; 1995 ; Evolution du phytovolume du ciste de Montpellier selon différentes modalités d'emploi du feu. Analyse du comportement des cistaoles de moyenne montagne méditerranéenne aux brûlages dirigés à objectif sylvo-pastoral (région du Conflent-Fenouillèdes, Pyrénées-Orientales) ; S.I.M.E. ; Réseau des équipes de brûlage dirigé ; 18p.+ annexes. [LCA02].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; EFFET STRATES BASSES ; CISTUS MONSPELIENSIS ; REGENERATION NATURELLE ; GERMINATION ; BANQUE DE GRAINES.

Note du lecteur

Beaucoup de résultats graphiques sont présentés pour permettre une évaluation des vitesses de reconstitution du couvert de ciste selon l'itinéraire technique et l'intensité de la perturbation.

Effets étudiés :

LCA02-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse.

LES BRULAGES DE PRADES

Site	Prades
Département	Pyrénées-Orientales
Altitude	500-700 m
Roche mère	Moraines granitiques
Pente	variable
Exposition	variable
Strate arborée	Absente
Strate arbustive	<i>Cistus monspeliensis</i> <i>Ulex parviflorus</i>
Age	15 ans
Hauteur	80 cm
Recouvrement	40-70%
Strate herbacée	<i>Brachypodium retusum</i>
recouvrement	25-50%
Date brûlage	variables
pâturage	ovin ou bovin hivernal
sursemis	non

Localisation : Prades, Pyrénées-Orientales, France.

Type de feu : Brûlage dirigé, incendie.

Objectifs du brûlage : Pastoral et expérimental

Equipe de brûlage : Cellule de brûlage dirigé des Pyrénées-Orientales.

Description physique : voir tableaux

Historique avant intervention :

Végétation : Voir tableau

Conditions climatiques : Non précisées

Conduite du feu : La conduite varie selon les parcelles.

N° de parc	1	4	7	8	9			
Surface	9 ha	10 ha	4 ha	10 ha	5 ha			
Orientation	E-NE	NW	E	N-NE	E			
parcelles	-	-	-	-	D	CV	I	T
Pente	36%	36%	36% en terrasses	36%	30%	30%	30%	30% en terrasses
Date ouverture	Février 84	Février 87	Février 84	Février 85	25/11/85	Février 87	-	Février 84
Technique d'ouverture	Montant	Descendant	Montant	Descendant	Bandes successives	Rateau	-	Montant
Date incendie	-	-	Août 85	-	-	-	Août 85	-
Date d'entretien	-	-	-	Février 89	Février 89	Février 89	-	-
Technique d'entretien	-	-	-	Descendant	Montant	Montant	-	-

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LCA02

LAMBERT, B. ; 1995 ; Evolution du phytovolume du ciste de Montpellier selon différentes modalités d'emploi du feu. Analyse du comportement des cistaies de moyenne montagne méditerranéenne aux brûlages dirigés à objectif sylvo-pastoral (région du Conflent-Fenouillèdes, Pyrénées-Orientales) ; S.I.M.E. ; Réseau des équipes de brûlage dirigé ; 18p.+ annexes. [LCA02].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; EFFET STRATES BASSES ; CISTUS MONSPELIENSIS ; REGENERATION NATURELLE ; GERMINATION ; BANQUE DE GRAINES.

Note du lecteur

Beaucoup de résultats graphiques sont présentés pour permettre une évaluation des vitesses de reconstitution du couvert de ciste selon l'itinéraire technique et l'intensité de la perturbation.

Effets étudiés :

LCA02-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse.

Etude : LCA03

LEGRAND, C. ; 1992 ; Régénération d'espèces arbustives méditerranéennes par rejets ou semis ; Thèse, Université de Droit, d'Economie et de Sciences d'Aix-Marseille ; 91p.+ annexes. [APA05, APP03, LCA03, LGC02].

Mots clefs :

FRANCE ; PATURAGE ; REGENERATION ; EFFET STRATES BASSES ; REJETS ; SEMIS ; GENISTA CINEREA ; CISTUS ; ERICA ; QUERCUS COCCIFERA ; EMBROUSSAILLEMENT.

Note du lecteur

Document clair et facile à consulter. Etude extraite de la thèse qui regroupe aussi APP03, APA05, LCA03, LGC02.

Effets étudiés :

LCA03-Effets sur la flore : Dynamique après incendie

Les brûlages dans les milieux de type Lande à Callune et Myrtille

LES BRULAGES DES PYRENEES DANS DES LANDES A CALLUNE

1) Le brûlage de Ercé

Localisation : Tuc de la Coume, Ercé, Ariège, France.

Objectifs du brûlage : Réouverture pastorale.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Equipe de brûlage : Université de Toulouse le Mirail

Description physique :

Altitude : 1400 - 1550 m.

Topographie : Milieu de versant.

Exposition : O-SO.

Pente : 15 à 25°

Sol : Graniodorites, schistes gréseux, schistes quartzitiques pyriteux.

Surface : 10 ha

Historique avant intervention : pâturage extensif

Végétation :

Arbustive : Callune, myrtille, genêt poilu.

Date ou période du brûlage : 21 mars 1991.

Conditions climatiques le 21 mars 1991 : Vent faible.

TE sol	TE litière	TE végétation
41-48%	33-39%	32-36%

Conduite du feu le 21 mars 1991 : Montant.

Phytomasse 24 t/ha ; Efficacité : réduction de la biomasse 60 à 78 %.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LCM01

FAERBER, J. ; 1991 ; Les feux pastoraux dans le département de l'Ariège (Pyrénées France). Ecobuages sauvages et essais de brûlage dirigé : conduite des chantiers et impact sur le milieu : premiers résultats ; D.E.A., CIMA, CNRS, Université de Toulouse Le Mirail ; 141p.+ annexes. [LGB02, LCM01].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET STRATES BASSES ; PYRENEES ; ARIEGE ; CONDUITE ; EVALUATION.

Note du lecteur

Beaucoup d'informations dispersées qu'on a essayé de regrouper dans le tableau synthétique suivant. Voir aussi ouvrages LGB02 et LCM02.

Effets étudiés :

LCM01-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse.

2) Les autres brûlages en landes à callune

Date	Dép.	Commune	Lieu dit	Altitude exposition	Surface brûlée	Type de végétation	Objectif
21/01/93	65	Vier-Bordes	Soulane de Hautacam (Pivot)	1500-1670m SO	12 ha	Lande à callune et Bruyère vagabonde, avec fougère et asphodèle	DFCI Pastoral
04/02/93	65	Vier-Bordes	Pivot	1640m, O 1560m, SO	100 m ² 300 m ²	Lande à callune et Bruyère	Expérimental
06/94	65	Vier-Bordes	Pivot	1680m O	500 m ²	Lande à callune Bruyère vagabonde	Expérimental
19/11/93	65	Betpouey	Mazouaous	1540-1840m N et NO	45 ha	Lande à genévrier Lande à callune	Pastoral
14/04/95	65	Soulan	Lamudère	1350-1750m S	40 ha	Lande à callune et brachypode Lande à genêt à balai et brachypode	Pastoral
28/04/94	65	Soulan	Soulane du Cap de Pède	1250-1580m S	30 ha	Lande à genêt à balai Lande-pelouse à callune et brachypode	Pastoral Article 19
04/03/94	65	Beaucens	Nerbiou	1230-1260m SO	500 m ²	Lande pelouse à brachypode et callune	Pastoral
07/04/95	65	Vielle Aure	Cap de Pède	1400-1600m	30 ha	Lande à callune Lande à genêt et brachypode	Pastoral
29/04/94	65	Loudervielle	Soulane du Caps de Salidère	1380-1640m S et SE	60 ha	Pelouse à brachypode Lande à callune	Pastoral Protection avalanches

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LCM02

FAERBER, J. ; 1995 ; Le feu contre la friche. Dynamiques des milieux, maîtrise du feu et gestion de l'environnement dans les Pyrénées centrales et occidentales ; Thèse de Doctorat, Université de Toulouse - Le Mirail, UFR "Géographie et Aménagement" ; 363p.+ annexes. [AF01, LGB03, LCM02, LBA03].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATES BASSES ; PATURAGE ; AMENAGEMENT.

Note du lecteur

Etude extraite de la thèse comprenant aussi les références LGB03, LCM02, LBA03, AF01.

Effets étudiés :

LCM02-Effets sur la flore : Dynamique de végétation et valeur pastorale.

Les brûlages dans les milieux de type Lande à Genêt à Balai et fougère aigle

LES BRULAGES DES PYRENEES DANS LES LANDES A GENET A BALAI ET A FOUGERE

1) Les brûlages de l'Ariège - Soulane d'Ascou

Equipe de brûlage : Sapeurs pompiers

Localisation : Soulane d'Andorre (Monmija), Aix-les-Thermes, Pyrénées, France.

Type de feu : Feu pastoral.

Objectifs du brûlage : Réouverture pastorale, expérimental.

Description physique :

Altitude : 1400-1550 m

Topographie : milieu de versant, anciennes terrasses.

Exposition : sud, sud-est

Pente : 30-35 %

Sol : Micaschistes et schistes, acide.

Surface : 4 ha.

Historique avant intervention : Derniers écoubages 1948 et 1962, puis pâturage extensif.

Végétation :

Ascou 1 : Fougeraie de *Pteridium aquilinum* (90%) avec *Agrostis tenuis* et *Holcus mollis*.

Ascou 2 : *Sarrothamnus scoparius* (95%), avec *Agrostis tenuis* et *Holcus mollis*.

Ascou 4 : Fougeraie de *Pteridium aquilinum* (90%) avec *Poa pratensis* en plus.

Date ou période du brûlage :

Date d'ouverture : 04/03/92

Date d'entretien : 19/01/93 (2 ha sur les 4 ha)

Conditions climatiques le 4 mars 1992 :

Température (°C)	Hygrométrie (%)	Vitesse du vent	TE végétaux	TE litière
1,5 à 12°C	60%	très faible à nulle	46%	33%

Conduite du feu le 4 mars 1992 : Montant.

Vitesse	T° au sol	T° sous fougères	T° sous litière
0,033 m.s ⁻¹	400 à 540°C	80 à 100 °C	35 à 40 °C

20% de la surface parcourue a été brûlée, il s'agit d'un feu peu efficace.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGB01

RIBEYREX, C. ; 1992 ; La soulane d'Ascou, contribution à l'étude de l'impact des feux courants sur les landes pastorales. Mémoire de maîtrise. Université de Toulouse - Le Mirail, CIMA - URA 366 ; 80p. [LGB01].

Mots clefs :

PYRENEES, FRANCE, EFFET SOL, EFFET STRATES BASSES.

Note du lecteur

Rapport de stage très documenté sur l'historique de la gestion du milieu et l'évolution des successions végétales liées à l'activité humaine dans cette vallée. Riche aussi en éléments pédologiques et climatiques.

Effets étudiés :

LGB01-Effets sur le sol : Structure et matière organique.

2) **Les brûlages de GOULIER**

Localisation : Goulier, Vicdessos, Pyrénées-Orientales, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : Pastoral.

Equipe de brûlage : Université de Toulouse Le Mirail

Description physique :

Altitude : La Calbère (Goulier, Vicdessos) 1250-1400m.

Topographie : Milieu de versant, anciennes terrasses de culture.

Sol : Schistes carburés et moraines (sables limoneux en surface, pH 4 à 5,5)

Historique avant intervention : Délaissé agricole, pas de feu, abandon en 1942, pâtrage extensif.

Végétation :

Arbustive : 3 formations imbriquées fougereales (*Pteridium aquilum*), framboiseraie, sorthamnaie, avec une plus forte proportion de *Cytisus scoparius*.

Herbacée : *Brachypodium*.

Date ou période du brûlage : La Calbère : 12 avril 91 et 4 mars 1992.

Conditions climatiques du brûlage du 12 avril 1991

Vitesse du Vent	Hygrométrie	TE litière	TE fougère morte	T° air
Très Faible	35 à 38%	62 à 20%	22 %	16 à 17,3°C

Conduite du feu le 12 avril 1991 : Montant

T° à 0cm	T° à 20 cm	T° à 100cm
600-900°C	800-1000°C	300-900°C

Efficacité moyenne : réduction d'un tiers de la biomasse initiale.

Date	Dép	Commune	Lieu dit	Altitude exposition	Surface brûlées	Type de végétation	Objectif
12/04/91	09	Goulier	La Calbère	1250-1340m SO	8 ha	Lande à fougère et genêt à balai	Pastoral
11/04/92	09	Goulier	La Calbère (Parcelle 11)	1310-1330m SO	600 m ²	Lande à fougère	Expérimental
31/03/93	09	Goulier	La Calbère (Parcelle 11)	1310-1330m SO	600 m ²	Lande à fougère	Expérimental
30/03/94	09	Goulier	La Calbère (Parcelle 11)	1310-1330 SO	200 m ²	Lande à fougère	Expérimental

3) Les autres brûlages dans les landes à genêt à balai et à fougère

Date	Dép.	Commune	Lieu dit	Altitude exposition	Surface brûlées	Type de végétation	Objectif
24/03/95	65	Agos – Vidalos	Arreau Le labay	550-650m SE	4,5 ha	Lande-pelouse à genêt occidental et brachypode	Pastoral Protection civile et biotope
25/03/94	09	Boussenac	Col du port	1250-1550m S	30 ha	Lande à callune – Lande à fougère et genêt à balai	Pastoral DFCI
24/03/94	09	Ganac	Col du Calmil	1100-1300m NE	5 ha	Lande à fougère Lande à genêt à balai	Pastoral
24/03/94	09	Ganac	Prat d'Albis Cabane de Blandas	1250-1400m	8 ha	Rémanents de gyrobroyeage d'une	Pastoral

				SO		lande à fougère et genêt à balai	
14/04/92	65	Les Angles	Arbès	600 – 620m	600 m ²	Lande à fougère	Expérimental
27/02/92	65	Ouzou	Soulane de la peine de Souquète	900-1230m S	20 ha	Lande à fougère Pelouse à brachypode Lande à genêt occidental	Pastoral
20/01/93	65	Salles	Soum det Mont	740-820m S	5 ha	Pelouse à Brachypode Lande-pelouse à fougère	DFCI Pastoral
16/03/94	65	Salles	Soum det Mont	740-820m S	9 ha	Pelouse à brachypode Lande-pelouse à fougère	DFCI Pastoral
07/04/95	65	Vielle Aure	Cap de Pède	1400-1600m	30 ha	Lande à callune Lande à genêt et brachypode	Pastoral
18/01/93	65	Beaucens	Mailh blanc	1120-1300m NO	5 ha	Pelouse à Brachypode et Lande-pelouse à Fougère	DFCI
18/01/93	65	Beaucens	Mailh blanc	1120-1300m NO	5 ha	Pelouse à Brachypode et Lande-pelouse à Fougère	DFCI

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGB02

FAERBER, J. ; 1991 ; Les feux pastoraux dans le département de l'Ariège (Pyrénées France). Ecobuages sauvages et essais de brûlage dirigé : conduite des chantiers et impact sur le milieu : premiers résultats ; D.E.A., CIMA, CNRS, Université de Toulouse Le Mirail ; 141p.+ annexes. [LGB02, LCM01].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET STRATES BASSES ; PYRENEES ; ARIEGE ; CONDUITE ; EVALUATION.

Note du lecteur

Beaucoup d'informations dispersées qu'on a essayé de regrouper dans le tableau synthétique ci-dessus. Voir aussi ouvrages LCM01 et LCM02.

Effets étudiés :

LGB02-Effets sur la flore : Reconstitution de la strate basse.

Etude : LGB03

FAERBER, J. ; 1995 ; Le feu contre la friche. Dynamiques des milieux, maîtrise du feu et gestion de l'environnement dans les Pyrénées centrales et occidentales ; Thèse de Doctorat, Université de Toulouse - Le Mirail, UFR "Géographie et Aménagement" ; 363p.+ annexes. [AF01, LGB03, LCM02, LBA03].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET STRATES BASSES ; PATURAGE ; AMENAGEMENT.

Note du lecteur

Etude extraite de la thèse comprenant les références LGB03, LCM02, LBA03, AF01.

Effets étudiés :

Etude extraite de la thèse comprenant aussi les références LGB03, LCM02, LBA03, AF01.

LGB03-Effets sur la flore : Dynamique de végétation et valeur pastorale.

Etude : LGB05

FAERBER, J. ; 1996 ; Gestion par le feu et impact sur la diversité : le cas des friches sur les anciennes terrasses de culture dans les Pyrénées centrales ; Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée XXXVIII 1 ; 273-293. [LGB05].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEE ; BRULAGE DIRIGÉ ; DIVERSITE ; SAROTHAMNAIE.

Note du lecteur

Article relativement synthétique extrait directement des travaux de la thèse LGB03. Se pose le problème classique des expérimentations en condition de gestion où les modalités de gestion de chaque placette ne sont pas connues avec certitude.

Effets étudiés :

LGB05-Effets sur le milieu : Impact sur la diversité paysagère.

LGB05-Effets sur la flore : Strate basse et valeur pastorale.

LE BRULAGE DE LA SERRA NOGEIRA

Localisation : Serra de Nogeira, Bragança, Portugal.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : Sylvopastoralisme.

Equipe de brûlage : Université de Vila Real

Description physique :

Altitude : 1070 m

Sol : Schistes

Surface : 2000 m²

Végétation :

Arborée : *Quercus pyrenaica*

Arbustive : *Cytisus scoparius*, *Crataegus monogyna*.

Herbacée : *Brachypodium* sp., *Festuca* sp.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGB04

REGO, F.C. ; 1991 ; Prescribed fire as a management tool in Portuguese oak forests ; IVe Congrès International des Terres de Parcours, Montpellier, France 1991 ; 857-859. [LGS01].

Mots clefs :

PORTUGAL ; QUERCUS PYRENAICA ; EFFET STRATES BASES ; AMELIORATION DU PATURAGE ; PATURAGE ; CYTISUS SCOPARIUS ; BRACHYPODIUM ; FESTUCA.

Note du lecteur

Cet article de synthèse présente les conclusions de l'auteur de manière concise et précise. Les résultats détaillés de son étude sont présentés dans Guerra, 1990 et Rego et al., 1990.

Effets étudiés :

LGB04-Effets sur la flore : Quantité et qualité du fourrage.

Les brûlages dans les milieux de type Lande à Genêt Cendré

LE BRULAGE DU COL DE VENCE

Localisation : Col de Vence, Alpes-Maritimes, France.

Type de feu : Brûlage dirigé, incendie.

Objectifs du brûlage : Pastoralisme, entretien.

Equipe de brûlage : ONF, Forestiers sapeurs des Alpes-Maritimes.

Description physique :

Altitude : 970 m.

Topographie : Bord de plateau.

Exposition : N.

Pente : 0-5%.

Sol : Calcaire.

Historique avant intervention : Ecoubages fréquents et pâturage.

Végétation :

Arbustive : *Genista cinerea*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Buxus sempervirens*, *Lavandula vera*, *Thymus vulgaris*

Date ou période du brûlage : hiver.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGC01

MOSSOT, M. ; 1997 ; Impact du brûlage dirigé sur les faunes d'orthoptères dans une formation de moyenne montagne dans la vallée de la Vésubie (Alpes-Maritimes) - Echantillonage avant brûlage ; G.E.E.M., Rapport pour le Parc National du Mercantour.

Mots clefs :

FRANCE ; INCENDIE ; ALPES MARITIMES ; BRULAGE DIRIGE ; EFFET FAUNE ; INSECTES ; ORTHOPTERES.

Note du lecteur

Résultats établis après une seule série de comptages, ce qui ne permet pas d'évaluer les fluctuations saisonnières pour relativiser les résultats.

La parcelle témoin est établie dans une lande à buis ce qui correspond à une zone qui n'a pas connu la même fréquence de feu. On compare donc l'effet du brûlage sur le long terme plus que l'effet d'un brûlage unique.

Il est confirmé que le brûlage appauvrit moins cette faune que l'incendie.

Effets étudiés :

LGC01-Effets sur la faune : Populations d'orthoptères.

LE SITE DU CASTELLARD

Localisation : Le Castellard, Alpes-de-Haute-Provence, France.

Objectifs du brûlage : Pastoral, non documenté

Type de feu : Feu pastoral.

Equipe de brûlage : Eleveur local

Description physique :

Altitude : 1400 m.

Roche mère : grès calcaire.

Exposition : S-SO

Pente : 5%.

Historique avant intervention : Ecoubages périodiques et pâturage extensif

Végétation :

Arborée : Absente

Arbustif : *Genista cinerea* (Voir tableau)

Herbacée : *Bromus erectus* (50-75%)

Date ou période du brûlage : Mars 1985

Plan expérimental

Traitement	Brûlage dirigé (Parcelle 1)	Brûlage dirigé (Parcelle 2)	Broyage à marteau
------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------

Date	Mars 85	Mars 85	Juin 85
Recouvrement genêt cendré	59%	51%	67%
Volume (m ³ /ha)	4997	2899	3574

Conditions climatiques : inconnues

Conduite du feu : inconnue

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGC02

LEGRAND, C. ; 1992 ; Régénération d'espèces arbustives méditerranéennes par rejets ou semis ; Thèse, Université de Droit, d'Economie et de Sciences d'Aix-Marseille ; 91p.+ annexes. [APA05, APP03, LCA03, LGC02].

Mots clefs :

FRANCE ; PATURAGE ; REGENERATION ; EFFET STRATES BASSES ; REJETS ; SEMIS ; GENISTA CINEREA ; CISTUS ; ERICA ; QUERCUS COCCIFERA ; EMBROUSSAILLEMENT.

Note du lecteur

Document clair et facile à consulter. Etude extraite de la thèse qui regroupe aussi APP03, APA05, LCA03, LGC02.

Effets étudiés :

LGC02-Effets sur la flore : Dynamique après incendie.

LES BRULAGES DE LA VILETTE

Localisation : La Bollène Vésubie, Parc National du Mercantour, Alpes-Maritimes, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : Pastoral.

Equipe de brûlage : ONF, Forestiers sapeurs des Alpes-Maritimes.

Description physique :

Altitude : 1150-1980 m.

Topographie : Versant.

Exposition : 1995 : E, SE ; 1997 : O, SO

Pente : >50%

Historique avant intervention : Pâturage ancien, écoubages périodiques.

Végétation :

Arbustive : *Genista cinerea*

Herbacée : *Sesleria coerulea, Festuca spadicea, Avena montana*.

Période : Hivers 1995-96 et 1996-97

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGC03

MOSSOT, M. ; 1997 ; Impact du brûlage dirigé sur les faunes d'orthoptères dans une formation de moyenne montagne dans la vallée de la Vésubie (Alpes-Maritimes) - Echantillonnage avant brûlage ; G.E.E.M., Rapport pour le Parc National du Mercantour ; 22p. [LGC03].

Mots clefs :

ORTHOPTERES ; FRANCE ; ALPES MARITIMES

Note du lecteur

Etude préliminaire au brûlage dirigé. Cependant l'auteur tire quelques conclusions en comparant la zone où va avoir lieu le brûlage avec une zone déjà brûlées l'année précédente. Cependant, on ignore la part de l'effet pâturage dans ces observations.

Effets étudiés :

LGC03-Effets sur la faune : Les populations d'orthoptères.

Etude : LGC04

CRETIN, J.Y. ; MORA, F. ; ROBERT, C. ; 1997 ; Etude de l'impact du feu contrôlé sur le peuplement entomologique (2ème année) ; Parc National du Mercantour, UFR des Sciences et Techniques de Besançon, Laboratoire de biologie des organismes et écosystèmes ; 24p. [LGC04].

Mots clefs :

ORTHOPTERES ; FRANCE ; ALPES MARITIMES.

Note du lecteur

Etude comparative d'une placette avant et après brûlage par rapport à une placette témoin. Des problèmes d'homogénéité des prélevements d'un année sur l'autre ont été contournés dans l'analyse.

Effets étudiés :

LGC04-Effets sur la faune : Modifications de l'entomofaune.

Les brûlages dans les milieux de type Lande à Genêt Purgatif

LE BRULAGE DE LA SOULANE DU CARLIT

Localisation : Soulane du Carlit, Angoustrine, Dorres et Enveigt, Pyrénées-Orientales, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : Réouverture pastorale, Expérimental, cynégétique.

Equipe de brûlage : Cellule de brûlage dirigé des Pyrénées-Orientales

Description physique :

Altitude : 1700-2300 m.

Topographie : Versant complet.

Exposition : S.

Pente : 30% max.

Surface : 340 ha.

Historique avant intervention : Déprise agricole, pâturage ancien ou très extensif.

Végétation :

Arborée : *Pinus uncinata* (épars).

Arbustive : *Cytisus purgans*, *Juniperus communis*, *Tartostaphylos uva-ursii* (20-25 ans), dans la zone 1400 - 1800 : *Calluna vulgaris*, *Vaccina myrtillus*.

Herbacée : *Festuca rubra*, *F. eskia*, *F. ovina*, *F. paniculata*, *F. spadicea*.

Ces espèces sont réparties selon une mosaïque de formations dont la composition est décrite ci-après :

Pelouses : Fétuques, Nard, Trèfle, mouillères.

Landes rases : Calune vulgaire, Raisin d'ours, Genevrier commun, Genêt anglican.

Landes hautes : Genêt purgatif, genevrier commun.

Landes à rhododendron : Rhododendron, Airelles, azalées, callune.

Période : Novembre à mars, de 1991 à 1994.

Conditions climatiques : Sèches ou humides !!!

Conduite du feu : Montant, par taches de 0,02 à 21 ha.

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGP01 a

DUMAS, S. ; NOVOA, C. ; DELMAS, R. ; 1995 ; Déprise pastorale et brûlages dirigés. Quels impacts sur les populations de perdrix grises des Pyrénées ? Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse 201 ; 28-35. [LGP01 a].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; EFFET FAUNE ; CARLIT ; PERDRIX GRISE.

Note du lecteur

Les deux articles présentés sont parus à un mois d'intervalle dans deux revues différentes. Il sont donc exactement les mêmes quand à leur contenu. L'article de l'Office National de la Chasse est un peu mieux illustré que celui de Forêt Méditerranéenne. Cet article est plus une présentation de la problématique, du contexte et du protocole que des résultats d'étude. Etudes à rapprocher des articles LGP04 et LGP03.

Effets étudiés :

LGP01-Effets sur la faune : Perdix grises.

Etude : LGP01 b

DUMAS, S. ; NOVOA, C. ; LAMBERT, B. ; 1995 ; Chasse et pastoralisme. Quel impact des feux dirigés sur les populations de petit gibier ? L'exemple de la Perdrix grise des Pyrénées sur le massif du Carlit (Pyrénées-Orientales) ; Forêt Méditerranéenne XVI(3) ; 389-396. [LGP01 b].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET FAUNE ; PERDRIX ; PYRENEES ORIENTALES ; CARLIT.

Note du lecteur

Les deux articles présentés sont parus à un mois d'intervalle dans deux revues différentes. Il sont donc exactement les mêmes quant à leur contenu. L'article de l'office national de la chasse est un peu mieux illustré que celui de forêt méditerranéenne. Cet article est plus une présentation de la problématique, du contexte et du protocole que des résultats d'étude. Etudes à rapprocher des articles LGP04 et LGP03.

Effets étudiés :

LGP01-Effets sur la faune : Perdix grises.

Etude : LGP03

NOVOA, C. ; LANDRY, P. ; 1997 ; Response of Pyrenean gray partridge to controlled winter burning ; International Workshop : Fire, Landscape and Dynamics in the Mediterranean Area. 15-19 september 1997, Banyuls-sur-Mer, France ; 11p. [LGP03].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; CARLIT ; PYRENEEN ; PERDRIX PERDRIX HISPANIENSIS ; EFFET FAUNE ; AVIFAUNE ; CYTISUS PURGANS.

Note du lecteur

Extrait de thèse avec des illustrations très claires sur l'évaluation des densités et des nichées. Un autre extrait est cité dans le document LGP04.

Effets étudiés :

LGP03-Effets sur la faune : Densité et reproduction de la perdrix grise.

Etude : LGP04

NOVOA, C. ; DUMAS, S. ; PRODON, R. ; 1998 ; Changes in reproductive habitat of gray partridge after burning ; Journal of Range Management 51. [LGP04].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; CARLIT ; PYRENEEN ; PERDRIX PERDRIX HISPANIENSIS ; EFFET FAUNE ; AVIFAUNE ; CYTISUS PURGANS.

Note du lecteur

Extrait de la thèse regroupant le dispositif décrit dans le document LGP03.

Effets étudiés :

LGP04-Effets sur la végétation et la faune : Structure et composition du milieu des perdrix grises.

Etude : LGP05

DUMAS, S. ; 1995 ; Quelles incidences sur la Perdrix grise des Pyrénées de l'utilisation des Brûlages dirigés dans l'aménagement pastoral ? Mémoire de DEA, Géographie Aménagement - Option environnement paysages ; 44 p. + annexes. [LGP05].

Mots clefs :

FRANCE ; PYRENEES ORIENTALES ; BRULAGE DIRIGE ; PERDRIX ; EFFET FAUNE ; PATURAGE ; CYTISUS PURGANS ; AVIFAUNE.

Note du lecteur

Ce rapport est à mettre en parallèle avec les autres études sur les perdrix grises.

Effets étudiés :

LGP05-Effets sur la faune : Avifaune.

LES BRULAGES DE RAILLEU

Localisation : Railieu, Pyrénées-Orientales, France.

Type de feu : Incendie, brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : Pastoralisme, DFCI.

Equipe de brûlage : Cellule de brûlage dirigé des Pyrénées-Orientales

Description physique :

Altitude : 1500-1600 m.

Exposition : SO.

Surface : 115 ha.

Historique avant intervention : Abandon en 1952, incendie pastoral en 1980.

Végétation :

Arbustive : *Cytisus purgans* (60%, 80cm).

Herbacée : *Festuca rubra, Agrostis vulgaris*.

Date ou période du brûlage : Brûlages lors des hivers 1990, 1995 et 1996, incendie pendant l'été 1994.

Conditions climatiques et conduite du feu :

Date	Type d'intervention	Température	HR	Vitesse du vent	Conduite	Hauteur de flamme (m)	Vitesse du front (m.s ⁻¹)
02/90	Ouverture	-	-	-	Montant	2.5	0,069
	Ouverture	-	-	-	Descendant	0.5	0,005
02/95	Entretien	7 °C	65%	1,5 ms ⁻¹	Par taches	2	-
01/96	Entretien	7 °C	55%	1 ms ⁻¹	Par taches	1	-

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGP02

RIGOLOT, E. ; ETIENNE, M. ; LAMBERT, B. ; 1997 ; Different fire regime effects on a *Cytisus purgans* community ; International Workshop : FireLandscape and Dynamics in the Mediterranean Area. 15-19 september, 1997, Banyuls-sur-Mer, France ; 9p. [LGP02].

Mots clefs :

FRANCE ; CYTISUS PURGANS ; PATURAGE ; VALEUR PASTORALE ; DIVERSITE FLORISTIQUE ; RECOUVREMENT DU SOL ; INDICE DE DIVERSITE ; INDICE DE DOMINANCE.

Note du lecteur

Résultats obtenus d'après des dispositifs de gestion.

Effets étudiés :

LGP02-Effets sur la flore : Composition et biomasse de la formation végétale.

LE BRULAGE DU MONT LOZERE

Localisation : Vialas, Lozère, France.

Type de feu : Feu pastoral.

Objectifs du brûlage : Expérimental, pastoral.

Equipe de brûlage : Eleveurs locaux

Description physique :

Altitude : 1370 - 14500 m

Topographie : Versant complet.

Exposition : Est.

Historique avant intervention : Pas d'écoubage depuis 10 ans.

Végétation :

Arbustive : *Cytisus purgans* (34-54 cm, 5-6 ans, recouvrement 58%).

Date ou période du brûlage :

15 Mars 1985.

Conditions climatiques : ?

Conduite du feu : ?

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : LGP06

DAUGE, J.M. ; 1986 ; Bassins-versants expérimentaux du Mont Lozère ; Evaluation de l'impact de l'écoubage sur la fertilité du milieu (versant sud du Mont Lozère) ; Rapport final ; 119p. [LGP06].

Mots clefs :

MONT LOZERE ; ECOBUAGE ; EFFET SOL ; CHIMIE DU SOL.

Note du lecteur

Etude faisant suite à la thèse de Dupraz sur la zone. Ne traite pas du tout le cas de l'azote ou du carbone de manière différenciée. Aborde surtout les transferts d'ions solubles.

Effets étudiés :

LGP06-Effets sur le milieu : pertes en nutriments par dissolution à l'échelle du bassin versant.

Les brûlages dans plusieurs milieux non-différenciés

DIVERS BRULAGES MEDITERRANEENS ET NORD AMERICAINS

Localisation :

Les résultats relatés dans les études ci-après ont trait aux zones suivantes :

- Chaparral américain ;
- Dakota, prairies naturelles dans zones humides ;
- France méditerranéenne et Californie.
- Yeuuseraines, suberaie et maquis français.

Végétation : *Pinus ponderosa*, *P. pinea*, *P. halepensis*...

Nombreux brûlages cités en référence.

Objectifs du brûlage : DFCI, Incendie, Cynégétique, Biodiversité...

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : DIV01

MARCHANDEAU, F. ; 1991 ; Relation entre activités pastorales faune-gibier et milieux : Rapport bibliographique ; CERPAM Manosque ;Office National de la Chasse ; 35p. [DIV01].

Mots clefs :

FRANCE ; EUA ; PATURAGE ; CHASSE ; EFFET FAUNE ; GIBIER ; ACTIVITE CYNEGETIQUE.

Type de feu : Brûlage dirigé, incendie.

Note du lecteur

Beaucoup d'exemples tirés d'Amérique du nord.

Effets étudiés :

DIV01-Effets sur la faune : Mammifère et oiseaux

Etude : DIV02

GILLON, D. ; 1990 ; Les effets des feux sur la richesse en éléments minéraux et sur l'activité biologique du sol ; Revue Forestière Française XLII N° spécial Espaces Forestiers et Incendies ; 295-302. [DIV02].

Mots clefs :

EFFET SOL ; CHIMIE DU SOL BIOLOGIE DU SOL.

Type de feu : Incendie, brûlage dirigé.

Note du lecteur

Synthèse des connaissances acquises sur les effets du feu, qu'il s'agisse d'incendies ou de brûlages. Cette étude se base sur la bibliographie existante ainsi que sur des études menées dans le cadre d'un contrat CEE présentées dans les documents APP01 et APA01.

Effets étudiés :

DIV02-Effets sur le sol : Pertes en éléments minéraux au cours des feux.

DIV02-Effets sur le sol : Apport de cendres au sol.

DIV02-Effets sur le sol : Echauffement du sol.

DIV02-Effets sur le sol : Activité biologique.

DIV02-Effets sur le sol : Décomposition de la litière.

DIV02-Effets sur le sol : Conclusion.

Etude : DIV03

TEUSAN, S. ; 1996 ; Les effets du feu sur les principaux conifères d'Europe du Sud et d'Amérique du Nord lors de brûlages dirigés. L'état de la recherche actuelle ; Universität des SaarlandesSaarbrücken (DEU) ; INRA Institut Nationalde la Recherche Agronomique, Avignon (FRA), Diplôme Européen en Sciences de l'Environnement (DESE) ; Fondation Universitaire Luxembourgeoise Arlon (BEL) ; 61p. [DIV03].

Mots clefs :

EUA ; EUROPE ; EFFET STRATE ARBOREE ; RESINEUX.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Note du lecteur

Rapport de stage faisant référence à un grand nombre d'ouvrages mais qui pourrait être mieux valorisé s'il présentait plus de résultats et une maîtrise du français plus précise.

Effets étudiés :

DIV03-Effets sur le peuplement forestier : Dégâts et croissance.

DIV03-Effets sur la flore : Strates basses.

DIV03-Effets sur le sol : Chimie et biologie.

DIV03-Effets sur le milieu : Qualité de l'eau et perturbation.

Etude : DIV05

PRODON, R. ; 1995 ; Impact des incendies sur l'avifaune. Gestion du paysage et conservation de la biodiversité animale ; Forêt Méditerranéenne XVI 3 ; 255-263. [DIV05].

Mots clefs :

FRANCE ; INCENDIE ; EFFET FAUNE ; BIODIVERSITE ; PAYSAGE ; AVIFAUNE.

Type de feu : Incendie.

Note du lecteur

Article de réflexion sur l'effet des incendies et le rôle du brûlage dirigé dans la gestion des écosystèmes forestiers méditerranéens. Pas de résultat précis à commenter.

Effets étudiés :

DIV05-Effets sur la faune : L'avifaune et son milieu.

Etude : DIV06

PONS, P. ; 1998 ; Brûlage dirigé et incendie sauvage : Ont-ils l'un et l'autre le même impact sur l'avifaune ? Soumis à Forêt Méditerranéenne ; 13p. [DIV06].

Mots clefs :

BRULAGE DIRIGE ; INCENDIE ; EFFET FAUNE ; AVIFAUNE ; INTENSITE ; REGIME ; SEVERITE.

Type de feu : Brûlage dirigé, incendie.

Note du lecteur

Etude comparative sur les travaux nord américains.

Effets étudiés :

DIV06-Effets sur la faune : Comparaison brûlage et incendie sur l'avifaune.

Etude : DIV07

GAULIER, A. ; 1994 ; Le Brûlage dirigé dans les espaces méditerranéens : intégration des acquis dans une base de données relationnelle ; Mémoire de DEA, Faculté des Sciences d'Aix Marseille, D.E.A. d'Ecologie des Milieux Arides Montagnards et Méditerranéens, INRA Avignon unité de Prévention des Incendies de Forêt, Laboratoire des Recherches Forestières Méditerranéennes ; 33p.+ annexes. [DIV07].

Mots clefs :

FRANCE ; BRULAGE DIRIGE ; BASE DE DONNEES ; INFORMATIQUE ; MERISE ; OBJECTIF ; PREPARAT-ION ; EVALUATION ; PRESCRIPTION.

Note du lecteur

Bilan de toutes les expérimentations INRA sur le brûlage dirigé à cette date. Les conditions climatiques sont connues pour tous les brûlages.

Effets étudiés :

DIV07-Effets sur la flore : Strate basse.

DIV07-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité croissance et régénération..

Etude : DIV08

RIGOLOT, E. ; ETIENNE, M. ; 1996 ; Litter thickness on tree covered fuel-break maitained by grazing ; In Western european silvopastoral sysrems, INRA Edition ; 111-122. [DIV08].

Mots clefs :

LITIERE ; STRATE BASSE ; DEBROUSSAILLEMENT ; FRANCE.

Note du lecteur

Article plus spécialisé sur l'effet de chaque type de débroussaillement sur la litière que sur le cas particulier du brûlage.

Effets étudiés :

DIV08-Effets sur le sol : Epaisseur de la litière en fonction des traitements et des espèces en présence.

LES BRULAGES DIRIGES DE MAZAUGUES

Localisation : Mazaugue, Var, France.

Type de feu : Brûlage dirigé.

Objectifs du brûlage : DFCI.

Equipe de brûlage : INRA, Equipe de prévention des incendies de forêt, Avignon

Historique avant intervention : Débroussaillement mécanique ou chimique selon les parcelles.

Description physique :

Altitude : 500-600 m.

Exposition : E.

Pente : 10 à 40%.

Surface : 35 placettes de 25*50 m².

Végétation :

Arborée : *Quercus pubescens*, *Quercus ilex*, *Pinus pinaster*, *Pinus halepensis*, *Pinus sylvestris*..

Arbustive : *Erica scoparia*, *Spartium junceum*, *Thymus vulgaris*, *Rubus sp.*

Herbacée : *Brachypodium pinnatum*, *Aphyllantes monspelliensis*, *Bromus erectus*, *Pteridium aquilinum*, *Molinia caerulea*, *Juncus sp.*

Plan expérimental :

Le dispositif de mazauge est composé d'un linéaire de pare feu découpé en 35 parcelles rectangulaires de 25*50m contiguës numérotées de 101 à 137.

Certaines de ces parcelles ont subit des traitements combinés associant débroussaillement mécanique, chimique et brûlage dirigé. Nous ne reportons dans le cas présent que les parcelle ayant fait l'objet d'un brûlage dirigé seul ou associé au débroussaillement mécanique.

TraITEMENT subi par les parcelles suivies :

Numéro	Débroussaillement manuel	Brûlage dirigé							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
Date	03 ou 04 /12/85	13/03/86	13/03/8 6	18/03/8 6	27/03/8 6	15/03/8 9	16/03/8 9	22/03/8 9	24/03/89
101	Oui								
102, 103	Oui		Oui					Oui	
112, 113, 114			Oui				Oui		
119, 120					Oui		Oui		
126, 127				Oui		Oui			
135, 136, 137	Oui								

Conditions climatiques :

	Température °C	Hygrométrie %
F1	11.5	47
F2	10.4	55
F3	22.3	28
F4	16.1	30
F5	14.2 15.4	59.0 69.0
F6	16.0 20.0	39.0 49.5
F7	10.0 11.8	38.5 44.5

Conduite du feu :

- F1 par bandes successives (forte intensité)
- F2 par bandes successives (faible intensité)
- F3 par bandes successives (faible intensité)
- F4 au vent
- F5 par bandes successives
- F6 par bandes successives
- F7 par bandes successives

Etude faisant référence à ce brûlage

Etude : DIV04

GILLON, D. ; BERTRAND, M. ; ETIENNE, M. ; LUMARET, J.P. ; VALETTE, J.C. ; 1987 ; Ecological impact of prescribed winter burning on fuel breaks in french mediterranean forests. First results ; Ecologia Mediterranea XIII 4 ; 163-176. [DIV04].

Mots clefs :

FRANCE ; EFFET STRATES BASSES ; STRATE ARBOREE ; SOL.

Note du lecteur

Tout cet article prend comme référence les parcelles débroussaillées ce qui permet de s'affranchir de l'effet ouverture du milieu. Il est agrémenté d'un grand nombre de graphiques non reportés ci-après.

Effets étudiés :

DIV04-Effets sur le peuplement forestier : Mortalité et croissance.

DIV04-Effets sur la flore : Strates basses.

DIV04-Effets sur le sol : Perturbation du microclimat.

DIV04-Effets sur le sol : Effets sur la litière.

DIV04-Effets sur le sol : Cellulolyse, activité microbienne.

DIV04-Effets sur le sol : Matière organique.

DIV04-Effets sur le sol : Mésofaune.

DIV04-Effets sur la faune : Entomofaune.

DIV04-Effets sur le milieu : Conclusion et long terme.

Synthèse des résultats

APP01-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : MORTALITE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Comptages successifs des morts par classe de diamètre. Pour pouvoir évaluer l'évolution de l'état général, l'inventaire comprenait aussi des mesures de diamètre, hauteur, dommages foliaires, taux de rejet et état phytosanitaire.

Dans tous les cas, un pointage était effectué la veille et le lendemain de chaque brûlage puis tous les six mois pendant deux ans.

Résultats bruts

- Brûlage du Muy :

Bilan après brûlage	PARCELLE 1A		PARCELLE 1B	
	Vivants	Morts	Vivants	Morts
Pin Pignon	50	0	50	0
Pin Maritime	3	13	1	0
Pin d'Alep	1	0	14	1
Chêne liège			48	13
Chêne vert			29	4
Chêne pubescent			3	0

Discussion

Au Muy :

La mortalité forte ne concerne que les jeunes pins maritimes de petite taille et de petit diamètre (5-10cm) attaqués par le *Matsuccoccus feytoodii* qui en plus de les affaiblir engendre des écoulements de résine inflammable. Tous les pins adultes ont bien résisté au passage du feu.

Les chênes morts correspondent à des arbres qui avaient déjà le houppier desséché avant le brûlage par la sécheresse estivale.

Conclusion

Le feu n'affecte pas les peuplements adultes en terme de survie et peut-être utilisé pour supprimer une régénération de pins envahissante ainsi que des individus malades.

APA01-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : MORTALITE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Comptages successifs des morts par classe de diamètre. Pour pouvoir évaluer l'évolution de l'état général, l'inventaire comprenait aussi une mesure de diamètre, hauteur, dommages foliaires, taux de rejet et état phytosanitaire.

Dans tous les cas, un pointage était effectué la veille et le lendemain de chaque brûlage puis tous les six mois pendant deux ans.

Résultats bruts

- Brûlage à Montpellier

97% des pins de la classe 5cm sont morts

75% des pins de la classe 10cm sont morts

0% des pins des autres classes sont morts

Discussion

Le brûlage de Montpellier sur Pin d'Alep confirme la sensibilité des jeunes résineux au feu. Et permet de constater que les individus adultes subissent sans dommage le passage du feu puisque, deux mois plus tard, ils ne présentaient plus des dégâts que sur moins d'un tiers du houppier.

Conclusion

Le feu n'affecte pas les peuplements adultes en terme de survie et peut-être utilisé pour supprimer une régénération de pins envahissante ainsi que des individus malades.

APA03-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : COMPOSITION CHIMIQUE DES FEUILLES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Prélèvement d'aiguilles sur 6 arbres de chaque placette (moitié en feu montant, moitié en feu descendant) chaque semaine puis chaque mois après le brûlage. Ces prélèvements ont eu lieu jusqu'en septembre Récolte des aiguilles tombantes par des paniers suspendus.

Récolte des ligneux bas pour comparer les pousses après débroussaillage et en milieu naturel.

Mesure des teneurs en N, C et P dans les échantillons de plantes et de litière par spectroscopie (NIRS).

Les échantillons sont prélevés dans les 4 modalités croisant une feu montant un feu descendant dans une zone anciennement débroussaillée et élaguée où la strate basse atteint 40 cm de haut et une zone naturelle (80cm).

Résultats bruts

Quantité de combustible brûlé :

Milieu naturel : 0,6 à 0,8 kg.m⁻²

Milieu débroussaillé : 1,0 à 1,2 kg.m⁻²

Composition chimique des feuilles vivantes :

Pinus halepensis

Dans le peuplement « naturel » : les teneurs en N et P sont semblables à celles de la zone témoin non brûlée juste après le brûlage. A partir de juin sous le feu montant et d'août sous le feu descendant, les concentrations de N et P dans les aiguilles vivantes sont significativement plus élevées que sur le témoin.

Dans le peuplement « débroussaillé » les concentrations restent les mêmes que sur le témoin.

Quercus coccifera

Les pousses apparues en Mai dans les placettes brûlées sont plus riches en N et P que celle du même âge de la parcelle témoin.

Dans le peuplement « débroussaillé » le passage du feu n'engendre pas de changement par sur les teneurs en éléments.

Composition chimique des feuilles tombées :

Le brûlage engendre une accélération du renouvellement des aiguilles.

On trouve plus d'aiguilles tombées dans le peuplement naturel (*2 à *3) que dans le « débroussaillé » (*1)

On trouve plus d'aiguilles tombées après feu montant (* 5 à *6) que dans feu descendant (*3 à *4)

Les aiguilles tombant plus dans la zone brûlée que dans la zone témoin, elles enrichissent le sol en N et P d'autant plus qu'elles ont un ratio C/N et C/P 3 à 6 fois plus faible que sur le témoin.

APR01-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : MORTALITE ET DEGTS FOLIAIRES

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Les brûlages sont effectués dans des plantations de pin et cyprès dont une partie est élaguée à 80 cm et à 160cm, l'autre n'étant pas élaguée.

Les produits d'élagages sont remplacés par de la paille de blé ce qui permet d'homogénéiser et de maîtriser la charge de litière selon deux modalités : 500 et 1000 g.m⁻² de litière.

Pour les deux espèces, 6 placettes de 30 individus sont comparées à un témoin non élagué et non brûlé.

Evaluation des dégâts foliaires par estimation du rouissement 6 et 18 mois après brûlage.

Evaluation de l'état hydrique d'après le potentiel hydrique total, la turgescence relative et la teneur en eau.

Mesure et comparaison des températures sous écorce lors du brûlage.

Résultats bruts

La zone de températures les plus élevées se situe entre 0 et 40 cm, sauf sur les placettes à de charge forte et d'élagage faible ou nul, où la limite supérieure de cette zone s'élève à 80 cm.

Les dessèchements foliaires, immédiatement après brûlage, sont faibles voire nuls dans les placettes élaguées.

Le potentiel hydrique total, la turgescence relative, la teneur en eau ne rendent pas compte de l'impact du feu.

Pour *cupressus arizonica* :

Seules les placettes avec une charge en litière de 500g.m^{-2} élaguée à 160 cm et la placette 500g.m^{-2} 80 cm présentent une mortalité acceptable.

Sur la placette avec une charge de 500g.m^{-2} sans élagage, près de 20% des arbres sont morts et on observe une mortalité de 75 à 95 % pour les autres modalités.

Pour *pinus eldarica* :

Les placettes avec une charge en litière de 500 g.m⁻² ont bien supporté le feu quelles que soient les hauteurs d'élagage.

Les placettes à 1000g.m^{-2} présentent en fin d'étude deux populations distinctes : d'une part une forte majorité d'arbres qui ont bien résisté au feu et qui ne présentent plus de dessèchement foliaire, d'autre part, 5 à 16 % d'arbres morts suite à des pathogènes déjà présents réactivés par le passage du feu.

Conclusion

L'observation du roussissement foliaire est la méthode la plus efficace pour évaluer l'état d'un peuplement après brûlage, et prédire la mortalité. Elle n'est cependant pas infaillible, car elle n'a pas permis l'anticipation de la très forte mortalité des cyprès dont l'assise cambiale est peu protégée par l'écorce au collet.

Le brûlage serait donc réservé à l'entretien de formations riches en individus ayant une écorce basale épaisse.

APR02-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : MORTALITE, CROISSANCE ET PHYSIOLOGIE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Application d'un résistance électrique autour des arbres à 20 cm du sol selon 3 modalités : échauffement de 100%, de 90% et de 70% du périmètre. Cette opération est effectuée au jour 90.

Evaluation de la part de cambium morte par mesure de la résistance électrique.

La réponse globale de l'arbre à cette perturbation fut évaluée toutes les trois semaines par estimation de la part de feuillage jaunie, mesure de la croissance en hauteur, en diamètre, de la dimension des feuilles, et des microvariations de diamètre, mesure du potentiel hydrique à la chambre de Scholander, des flux de sève selon la méthode Granier et de la résistance électrique du cambium au vitalomètre.

Les échanges gazeux (assimilation photosynthétique, conductance stomatique, concentration en CO₂ intercellulaire) furent étudiés à la LI-COR par période de 4 jours avant et 4 mois après le brûlage.

Les 16 arbres suivis ont été regroupés selon l'impact de l'échauffement sur le cambium de la manière suivante : les non-brûlés (6), les partiellement brûlés (7) dont 37 à 78 % du cambium a été détruit et les brûlés (3) dont 100% du cambium a été détruit.

Résultats bruts

Mortalité et croissance annuelle :

Mort de 100% des arbres brûlés avec un délai allant de 1 à 5 mois.

Pas de différence avec les arbres témoins sur la croissance en hauteur ou en diamètre suite à l'échauffement, mais on constate une croissance dissymétrique du tronc au niveau de la zone brûlée, suite à la formation d'un bourrelet cicatriciel.

Réduction de la longueur des aiguilles et augmentation de leur surface spécifique l'année qui suit l'échauffement.

Variations micrométriques du diamètre :

Croissance régulière de tous les arbres jusqu'au jour 235 où on observe une augmentation de l'amplitude des contractions quotidiennes du tronc puis un arrêt de la croissance des arbres entièrement brûlés. Les arbres témoins ou partiellement brûlés ne montrent pas de changement.

Variations du flux de sève :

Avant l'échauffement, le flux moyen est de $10 \text{ kg.dm}^{-2}.\text{jour}^{-1}$. Après le traitement, le flux de sève est significativement plus faible pour les arbres entièrement brûlés que pour le témoin et les arbres partiellement brûlés dont les flux de sève sont significativement égaux. Le flux des arbres entièrement brûlés devient minimal 150 à 180 jours après l'échauffement de Mars.

Evolution du potentiel hydrique :

Pas de différence du potentiel hydrique total entre les arbres témoins et les arbres partiellement brûlés. Les trois arbres partiellement brûlés voient leur potentiel de base chuter en Avril, Août et Septembre.

Evolution de la résistance cambiale :

Elle est stable pour les arbres témoins et les arbres partiellement brûlés. Elle augmente plus ou moins tôt (20 à 140 jours après) et plus ou moins vite pour les arbres entièrement brûlés.

Echange d'eau et de dioxyde de carbone :

Pas de changement significatif de la conductance stomatique, de l'assimilation nette et de la photosynthèse en Juillet et Août entre les témoins et les arbres partiellement brûlés. Par contre, les arbres totalement brûlés présentent des valeurs 50 à 75 % plus faibles en juillet, ce qui se traduit par une augmentation de l'efficacité de l'eau de 40%.

Discussion

Tous les indicateurs écophysiologiques réagissent brutalement et de manière synchrone pour les arbres totalement brûlés deux semaines avant leur mort. Ils ne peuvent donc pas être utilisés comme indicateurs précoce de la mortalité. Le seul paramètre qui change de manière précoce est le flux de sève qui est plus faible une semaine après l'échauffement. Ceci peut s'expliquer par l'empêchement de la création de nouveau xylème, la limitation de l'expansion racinaire par destruction de phloème ou par des phénomènes de cavitation.

Les travaux de Wagener et Harrington sur l'aspect saisonnier de la résistance du Pin d'Alep laissent penser que la résistance serait plus forte en hiver.

Conclusion

Avec 80% du cambium détruit, les pins d'Alep continuent d'avoir une activité physiologique normale si le houppier n'est pas trop affecté. Ce résultat conforte le fait que le brûlage dirigé peut être appliqué au Pin d'Alep, même dans des peuplements jeunes.

APM02-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : CROISSANCE ET ETAT SANITAIRE.

Discussion

Pas d'effets du brûlage sur la croissance des peuplements forestiers notables.

Le brûlage stimule les attaques d'insectes dans les vieux peuplements où les pathogènes étaient déjà présents mais peu actifs.

Conclusion

Les inconvénients du feu sur le sol, la flore et les peuplements présentés dans cet article sont moins nombreux que ses avantages.

Cependant, l'auteur précise que ces résultats ne sont pas extrapolables à d'autres milieux et d'autres peuplements que ceux où les études ont été menées. Ces résultats associés au fait que la fréquence des feux naturels sur cette zone était de 5 à 20 ans lui font préconiser un brûlage tous les 5 à 7 ans.

APM05-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : CROISSANCE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Comparaison de brûlage d'hiver de printemps et de témoin sur 5 sites pour prendre en compte l'importance de l'état physiologique des arbres au moment du brûlage.

Sur chaque placette, trois arbres choisis au hasard ont été abattus. Mesures des cernes sur 10 ans.

Résultats bruts

Pas d'effet significatif du feu sur la croissance en diamètre ni sur la croissance en hauteur.

Discussion

Il n'y a pas d'autre étude sur la croissance des peuplements de *Pinus pinaster* après brûlage. Les études faites sur *Pinus ponderosa* donnent des résultats contradictoires selon les peuplements et les types de feux.

AF01-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : SENSIBILITE AU BRULAGE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Repérage des 70% de feu ayant « débordé » en forêt.

Notation visuelle de l'état des peuplements par classe de vitalité.

Estimation de la puissance du feu d'après la phytomasse.

Estimation des interpyres d'après photo-interprétation et recherche dans les archives.

Discussion

Sensibilité des peuplements :

Frêne et Robinier génèrent des formations peu combustibles, et sont rarement concernés par le brûlage.

Bouleau : Présente sur les anciens pâturages cette espèce résiste bien au feu de faible intensité, mais pas quand la fréquence des feux augmente. Elle est présente sur les zones où le brûlage n'est pas pratiqué régulièrement.

Les jeunes plantations de résineux sont très sensibles au feu.

Les pinèdes d'altitude sont très sensibles au feu mais elles sont généralement protégées en périphérie par des landes incombustibles.

Les sapinières et les hêtraies-sapinières sont peu menacées par l'incendie ou le brûlage.

Les hêtraies ne sont sensibles au feu qu'au stade de taillis jeune.

Chênaies : le feu n'engendre en général que peu de dégâts sur les arbres adultes. Mais par sa répétition, il peut bloquer le processus de vieillissement de certains taillis.

Dynamique des feux :

Dans la hêtraie :

Les brûlages sauvages allumés Depuis les villages viennent souvent buter sur les peuplements fermés de hêtre où ils détruisent la litière favorisant l'éclairage à l'intérieur du peuplement. Un nouveau feu sauvage pourra alors se propager plus loin dans le sous-bois reconstitué. La succession des feux sauvages peut donc faire régresser la hêtraie.

Dans la chênaie :

Les brûlages dirigés dans les chênaies pâturées étaient sans conséquences sur les peuplements adultes, si ce n'est qu'ils détruisaient la régénération lorsque les interpyres étaient trop courts. La déprise agricole a accru la sensibilité des forêts au feu. Lors d'une mise à feu en période défavorable après un interpyre assez long, la destruction est importante à l'intérieur d'un peuplement alors que les bordures sont peu affectées. La destruction de la chênaie est donc souvent l'objet d'un seul feu puissant.

Conclusion

La sensibilité des peuplements au feu est très variable. Les feux sauvages peuvent aboutir à la régression progressive de la hêtraie. Le régime des feux influe sur l'aspect de la chênaie :

- les futaies et taillis adultes, de bonne vitalité avec un sous bois peu développé et sans arbre jeunes témoignent d'une gestion régulière par un feu puissant. Le risque est le dépassement de l'âge limite de survie.
- une accumulation de plates herbacées et ligneuse dans le même peuplement signale une baisse de la fréquentation pastorale et de la fréquence des feux.
- un taillis jeune équienne et embroussaillé est le résultat d'un incendie qui passe de manière régulière ne laissant pas au peuplement le temps de vieillir.

DIV03-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : DEGATS ET CROISSANCE.

Discussion

Prédiction des effets du feu sur l'arbre.

Sur le houppier

La hauteur de houppier roussi est corrélée à l'intensité du feu et à la température de l'air ambiant (VAN VAGNER ,1973, 1989, 1992) ce qui a permis l'élaboration d'un modèle sur *Pinus ponderosa*.

L'évaluation du taux de rouississement du houppier permet d'évaluer le taux de survie après le passage du feu (SALELAN 1989, PETERSON 1982, RYAN 88). HARRINGTON a développé un modèle numérique se basant sur la taille de l'arbre, le pourcentage de rouississement du houppier et la saison du brûlage pour la prédiction de la mortalité dans les futaies de *Pinus ponderosa*. La mortalité est plus forte en été et sur les arbres de petite taille.

Une étude de XANTHOPULOS et WAKIMOTO (1993) ayant pour objectif d'établir un modèle prédisant la formation des feux de cime a révélé que l'ignition des aiguilles de pins au-dessus des flammes nécessite une température minimale de 400°C.

Sur le tronc

Le feu génère des blessures thermiques sur le cambium des troncs et GILL (1974) a démontré que les blessures sont différentes selon le comportement du feu et le sens du vent. HARE (1965) a fixé la température létale du cambium à 60°C pendant 1 seconde.

Les dégâts sur le cambium sont corrélés à la mortalité et peuvent être estimés en prenant en compte l'une des variables suivantes : la hauteur de carbonisation du tronc (WYANT et al. 1986), le pourcentage de la circonférence basale carbonisée (PETERSON et ARBAUGH 1986), l'intensité de la carbonisation sur les quadrants (RYAN et al. 1988) ou la résistance électrique du cambium (BARA et al., 1994).

L'écorce par la protection du cambium qu'elle induit joue donc un rôle essentiel pour la survie des individus. L'épaisseur de l'écorce et son humidité sont donc des paramètres essentiels pour expliquer la résistance des peuplements au passage du feu. Cette constatation permet de réaliser des modèles de prédiction de survie basés sur le diamètre à 1,3 m des arbres et la hauteur de carbonisation.

La chaleur n'entraîne pas seulement la destruction du cambium, mais celle de tous les organes exposés aux flammes. DUHOUX (1994) a démontré que les organes de la partie aérienne du Pin pignon (aiguilles, bourgeons, jeunes pousses) sont beaucoup plus résistants au stress thermique que ceux du pin d'alep.

Sur la régénération

Dans le cadre d'une régénération, les branches basses peuvent atteindre le sol et sont gênantes. RIGOLOT et VALETTE (1990) ont montré que le brûlage dirigé peut être utilisé pour l'élagage des jeunes peuplements.

SACKET (1984) explique que le feu engendre une bonne fructification et prépare un milieu propre et fertilisé.

Sur le système radiculaire

Les blessures thermiques peuvent réduire la masse radiculaire et créer des portes d'entrée pour les champignons pathogènes (LITTKE et GARA, 1986)

Réaction de l'arbre après le feu

Pour assurer sa photosynthèse, l'arbre doit reconstituer son potentiel photosynthétique par remplacement ou réparation des feuilles roussies utilisant les éléments nutritifs stockés dans le tronc et le système racinaire. Selon l'état général de l'arbre, cette perturbation physiologique associée à la présence de nombreuses blessures peut favoriser la contamination et l'extension de pathogènes programmant la mort du plant à moyen terme (MARTIN 1988).

MITCHEL et MARTIN (1980), JENKIN (1990), et AMMAN et RYAN (1991) ont montré que les arbres (*Pinus contorta*, *P. ponderosa*, *Pseudotsuga mentzeii*, *Picea engelmanni*, *Abies basidiocarpa*) selon les dégâts qu'ils ont sur les houppiers, le tronc, ou le cambium sont plus sensibles aux scolytes. HARRINGTON et HAWKSWORTH (1990) ont démontré que les *Pinus ponderosa* infestés par le gui présentent une mortalité plus forte que les individus sains.

Conclusion

Selon l'espèce, l'âge, la taille, l'épaisseur et l'état de son écorce, l'arbre est plus ou moins vulnérable au passage du feu. Les conséquences pour les peuplements peuvent être insignifiantes et se résumer à un simple rouissement des aiguilles ou une baisse de la croissance, tout comme elles peuvent se traduire par une attaque massive de pathogènes et une mortalité très forte.

DIV04-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : MORTALITE ET CROISSANCE

Quercus pubescens : mortalité (8,14 et 17%) supérieure à celle de la zone débroussaillée (4%). Les arbres de petite taille (12 à 16 de circonférence) sont les plus sensibles au feu. Le brûlage et le débroussaillage n'ont aucun effet notable sur la croissance des peuplements.

Pinus halepensis : mortalité 0%

DIV07-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : MORTALITE CROISSANCE ET REGENERATION.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Mesures dendrométriques, comptages, notation de l'état du houppier.

Résultats bruts

Mortalité :

Elle est toujours faible, dans les cas extrêmes, la part d'arbres morts à attribuer au brûlage est de 10%. Il est indispensable de suivre les peuplements pendant deux ans pour connaître la mortalité totale.

Mauzague	6,7%
Artigue	7,4%
Le Muy	17,4%

Défoliation :

La défoliation est souvent forte les mois qui suivent le brûlage, mais les houppiers se reconstituent rapidement lors de la saison de végétation qui suit le brûlage. On note souvent une rémanence de la défoliation des verticilles bas chez les pins, ce qui limite le phénomène lors de brûlages successifs.

Croissance :

Le brûlage ne semble avoir aucun effet sur la croissance en diamètre des peuplements quelle que soit la conduite du feu.

Régénération

Elle se fait essentiellement par rejet. On constate 2 cas de figure :

- des rejets plus nombreux mais moins hauts que les précédents : Chêne pubescent, Peuplier blanc ;
- des rejets moins nombreux mais plus hauts que les précédents : Chêne vert.

Le brûlage ne semble pas stimuler les rejets plus que le débroussaillement pour ces espèces, par contre, il stimule la levée des semis de Pin maritime.

Conclusion

A ce stade des connaissances, le brûlage semble inoffensif pour les peuplements forestiers.

APA01-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DE RECONSTITUTION APRES BRULAGE DE LA VEGETATION ARBUSTIVE ET HERBACEE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Les phytovolumes sont estimés par installation de transects permanents de 0,5 × 20 m et cartographie du recouvrement des différentes strates de végétation sur les parcelles expérimentales.

Pour l'estimation de la dynamique de végétation, les plantules de ciste ont été comptées dans 84 carrés disposés sur tous les dispositifs du Muy selon un échantillonnage stratifié.

Résultats bruts

Pour la Ciotat :

Les transects ont été faits dans trois faciès notés de la manière suivante :

EM1 et EM2 dans le faciès à *Erica multiflora* brûlé.

CK1 et CK2 dans le faciès à *Quercus coccifera* brûlé.

EMCK1 et EMCK2 dans le faciès mixte brûlé

NBEM1 et NBEM2 sont les témoins dans un faciès à *Erica multiflora* non brûlé.

Au départ, les volumes sont homogènes dans tous les transects : 4000 5000 m³/ha

4 saisons de végétation plus tard, seuls les transects EMCK et EM1 ont retrouvé leur niveau initial, alors que NBEM1 et NBEM2 ont atteint les valeurs 6100 et 6700 m³/ha

- Réaction du kermès après brûlage : très forte croissance en volume et en surface la première année qui suit le brûlage. Ce rythme s'estompe pour revenir à la normale après trois années.
- Réaction de la bruyère : très forte croissance en volume la première année avec un retour à la normale plus rapide que pour le chêne kermès.
- Dans un peuplement mixte la croissance en volume est plus forte que dans les peuplements purs mais l'expansion est plus faible.

Pour Montpellier

	Volume initial m ³ /ha	Intensité du brûlage	% Volume initial 4 saisons après feu
1 transect dans kermès alaterne et buis	8184	Très intense	57%
2 transect dans viorme alaterne et romarin	5376	Moins intense	34%

Les ligneux très peu représentés ont vu leur nombre diminuer après le passage du feu : Fumana, romarin, thym, dorycnie.

Le feu est favorable à la viorme dans le cas de mélange avec le kermès et le alaterne, car elle redémarre beaucoup plus vite que ces espèces d'accompagnement.

L'association kermes-alaterne se reconstitue sans qu'une espèce ne croisse plus vite que l'autre, mais plus activement que l'association viorme alaterne.

Discussion

A la Ciotat, le traitement débroussaillé a une vitesse de développement légèrement, mais constamment supérieure à celle des transects brûlés, ce qui confère un léger avantage au brûlage pour la longévité de son action.

Le brûlage de Montpellier révèle que selon le milieu et l'intensité du feu, la croissance après brûlage est très forte mais ne bénéficie pas forcément de la même manière à toutes les espèces prépondérantes.

Conclusion

Ces expérimentations ont permis de quantifier la diminution des biovolumes exercée par le brûlage dans le temps (après trois ou quatre saisons de végétation, les volumes initiaux ne sont pas atteints) et de mettre en évidence l'influence de l'intensité du feu sur la dynamique de végétation en terme de quantité et de composition floristique : expansion du ciste, raréfaction des ligneux sous représentés, ou conservation de la composition floristique selon les cas.

APA04-EFFETS SUR LA FLORE : RECONSTITUTION DE LA STRATE BASSE APRES PLUSIEURS BRULAGES SUCCESSIFS.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Suivi de plusieurs placettes :

- P1988 a subi un brûlage dirigé suivi d'un traitement phytocide.
- P1984 4, 5 et 6 Voir aussi tableau APA04.

- Témoin débroussaillé.
- Témoin absolu.

Installation de transects permanents. Inventaires dendrométriques et phytosanitaires. Suivi de la richesse floristique, de l'épaisseur et de la nature de la couverture morte.

Résultats bruts

Effet strate basse : avant et après le brûlage de 1996.

	Témoin absolu	Témoin brûlage	Brûlages périodiques avant b1996	après b1996
Phytovolume ligneux	5600	3100	839	105
Phytovolume herbacé	3500	3600	1508	135
Epaisseur litière	3.3	2.0	1.4	0.5
Richesse floristique	22	24	23	

Discussion

Le chêne kermès retrouve son état initial 3 à 10 saisons de végétation après le passage du feu. Cette espèce effectuant deux pousses par ans, le délai est de 2 à 5 ans. Le passage du feu en hiver alors que le chêne kermès est en repos végétatif a un effet moins dépresseur sur sa croissance que les brûlages de printemps ou d'automne, qui sont des époques où les carbohydrates sont encore présents dans les jeunes pousses.

Legrand (1992) a montré sur ce même dispositif que le chêne kermès repousse moins vite après débroussaillage qu'après brûlage (fertilisation, stimulation cambiale ?). En revanche, elle confirme l'effet dépressif de la répétition des brûlages sur la croissance du chêne kermès. Le système racinaire étant bien protégé, on peut supposer que le feu agit de la même manière que le débroussaillage en limitant la reconstitution des bourgeons dormants et des réserves de carbohydrates entre chaque intervention.

La succession des brûlages maintient un phytovolume moyen de $839 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ bien inférieur au niveau des témoins, ce qui confirme l'efficacité DFCI de la répétition de ce moyen de gestion, dont il doit être possible de trouver une fréquence d'utilisation compatible avec les contraintes de gestion.

La strate herbacée :

Valette et Maréchal (1986) montrent que la répétition des brûlages dirigés favorise le brachypode rameux et l'aphyllante de Montpellier alors que la garance voyageuse reste à son niveau d'origine.

Les mesures de phytomasse illustrent une cicatrisation plus lente en masse qu'en volume. Le brûlage a purgé le stock de feuillage sec et mort, initialement présent dans le brachypode rameux âgé. La structure du brachypode rameux favorise le passage du feu, et il dispose de bourgeons de remplacement situés sur le rhizome qui lui assurent une reconstitution rapide de sa partie aérienne, toutes ces adaptations autorisent à parler de plante pyrophyte.

Les parcelles témoins présentent des phytovolumes doubles de ceux des parcelles brûlées périodiquement.

Litière :

Essentiellement constituée d'aiguilles de Pin d'Alep, les 920 g.m^{-2} initiaux sont totalement brûlés en mars 1984. La litière se reconstitue alors au rythme de $200 \text{ g/m}^2/\text{an}$ ce qui est au dessus du seuil de progression du feu qui est établi à 180 g.m^{-2} pour le pin d'Alep.

Les brûlages successifs inhibent la reconstitution des verticilles les plus bas. Une succession de brûlage est donc suivi d'une reconstitution de la litière moins importante qu'un brûlage unique.

Pas d'influence du brûlage sur la richesse floristique.

Effet sur la strate arborée :

Le pin d'Alep est une espèce résistante au passage du feu grâce à son écorce épaisse au niveau du tronc. Aucune influence significative sur la croissance, l'intensité de la défoliation ou la mortalité de cette espèce n'a pu être révélée suite aux trois brûlages dirigés successifs.

La mortalité au cours des 12 années d'étude fut de 6 % et l'accroissement en diamètre est légèrement mais non significativement plus fort sur les parcelles brûlées.

Le brûlage élimine toute la régénération de la strate arborée.

Conclusion

Le brûlage dirigé à haute fréquence (tous les 2 ou 3 ans) entraîne :

- peu de changement dans la richesse et la composition du milieu,
- un effet dépresseur sur le recouvrement de chêne kermès,
- un effet stimulant de la strate graminéenne dominée par le brachypode rameux,
- aucun effet sur la strate arborée, si ce n'est le problème de sa régénération.

APA04-EFFETS SUR LA FLORE : STRATE BASSE A BEAUCHAMP

Méthode utilisée pour l'étude des effets

5 placettes sont étudiées :

Un témoin absolu, un témoin brûlage (3 brûlages successifs), brûlages périodiques (au rythme de la gestion), brûlages dirigés annuels, témoin gestion classique.

Installation de transects permanents 20*0,5 m

Description de la strate arborée selon le protocole du réseau « coupures de combustible ».

Listes floristiques, fiches de chantier.

Résultats bruts

	Témoin absolu	Témoin brûlage	Brûlages périodiques	Brûlages annuels Avant Brû 96	Après Brû 96	Débroussaile- ment
Phytovolume ligneux	4100	1685	1538	428	100	385
Phytovolume herbacé	100	493	338	813		963
Epaisseur de litière	>4	1,4	1,4	1	0	2,2
Richesse floristique	12	25	20	22		34

Discussion

Strate basse : Le chêne kermès représente 65 à 100% du phytovolume total selon les parcelles. On note une forte disparité entre les parcelles 2, 3 et 4 qui ont pourtant la même histoire.

Volume herbacé : Sur le témoin absolu, la strate herbacée n'a pas assez d'espace pour pouvoir se développer.

L'efficacité du brûlage sur la réduction de la litière apparaît clairement sur le tableau de résultats.

La richesse floristique est nettement plus faible dans le peuplement naturel jamais débroussaillé que sur la bande de sécurité vraisemblablement à cause du couvert arboré très dense. Elle est plus forte sur les zones débroussaillées que sur les zones régulièrement brûlées. La fréquence excessive des brûlages annuels pourra être optimisée pour être compatible avec la gestion.

Conclusion

Même dans le cadre de la gestion, le brûlage dirigé fait preuve de son efficacité DFCI et de son faible impact sur la richesse floristique. Les travaux de recherche à venir doivent permettre d'établir les conditions d'utilisations compatibles avec les contraintes de la gestion.

APA05-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DE VEGETATION

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Cartographie des différents faciès de végétation avec application d'un indice de recouvrement par strate.

Installation de 1 ou 2 transects de 5 à 10 m² dans chacun des faciès les plus représentés pour avoir les recouvrements et les phytovolumes. Ces dispositifs furent inspectés avant le feu puis tous les ans au mois de Juin.

Estimation de l'aboutissement dans les zones pâturées par comptage.

Estimations des semis quand nécessaire par comptage dans des carrés échantillons de 50*50cm² deux fois par an.

Estimation du couvert herbacé selon l'échelle, à l'oeil, par comptage, et par la méthode des points quadrats.

Les itinéraires techniques de chaque site permettent des observations différentes:

Le Muy : comparaison de brûlage de printemps et d'automne ;

La Ciotat : comparaison brûlage et débroussaillement (Incendie hivernal analogue à brûlage)

La Roque d'Anthéron : comparaison brûlage unique, brûlages successifs et débroussaillement.

Le Castelard : Comparaison brûlage et broyat dans un pâturage

Montpellier : Comparaison de la dynamique de deux milieux différents

Prades : comparaison d'itinéraires techniques comprenant brûlage de printemps, brûlage d'automne et pâturage.

Résultats bruts

Le chêne kermes

Le recouvrement initial est retrouvé en 3 à 5 saisons dans les faciès mixtes, alors qu'il n'est toujours pas atteint après 7 saisons dans les faciès purs. Le kermès repousse moins vite après débroussaillage qu'après brûlage, que ce soit en recouvrement ou en volume corrigé. Toutefois la répétition des brûlages tous les deux ou trois ans atténue cette reprise.

Evolution du Recouvrement à 1, 3 et 7 saisons en %, de la hauteur moyenne (H en cm) et récupération du volume initial en %.

	R1	R3	R7	H1	H3	H7	RV1	RV3	RV7
Débroussaillé en 84	2	10	23	-	-	14	5	38	65
Brûlage en 84	14	27	33	-	-	20	37	95	65
2 brûlages (ip 3ans)	7	33	-	14	18	-	8	55	-
2 brûlages (ip 6ans)	22	37	-	11	15	-	24	55	-
3 brûlages (ip 3ans)	12	32	-	12	16	-	24	88	-

Il a été possible d'établir un modèle de prédiction du volume selon que le chêne kermès est en faciès pur avec brûlage : $\log(\text{volume}) = 1,22\log(\text{âge}) + 6,092$ r²=54%

faciès mixte avec brûlage : $\log(\text{volume}) = 0,74\log(\text{âge}) + 5,510$ r²=62%

faciès mixte débroussaillé : $\log(\text{volume}) = 0,75\log(\text{âge}) + 6,420$ r²=69%

Exemple de végétaux à lignotuber : les bruyères arborescentes et multiflores

La bruyère a deux saisons de végétation par an.

Bruyère arborescente au Muy : Recouvrement, Hauteur, Récupération du volume initial après 4 ou 5 saisons de végétation, phytomasse.

Faciès	Traitement	R (%)	H (cm)	RV (%)	P (t MS.ha ⁻¹)
ériçaire	b mars + pâturage	6,3	39	23	0,5
mixte	b mars + pâturage	9,6	39	24	0,7
ériçaire	b oct. + défend	3,3	24	5	0,2
mixte	b oct. + pâturage	4,6	20	2	0,2

Bruyère multiflore à la Ciotat : Recouvrement, Hauteur, Récupération du volume initial après 7 saisons de végétation.

Faciès	Traitement	R (%)	H (cm)	RV (%)
ériçaire	débroussaillage	55,7	32,5 a	57
ériçaire	incendie	43,7	36,7 ab	70
ériçaire	incendie	55,7	38,3 ab	95
E + Chêne K	incendie	32,1	42,3 b	86
E + Chêne K	incendie	46,0	44,7 b	95

Discussion

Le genêt cendré

La comparaison de la croissance du genêt cendré et du cytise trifolié ne permet pas de dégager un modèle général sur la croissance après incendie des espèces à racine pivotante

Le chêne kermes

L'intensité de la reprise est proportionnelle au volume initial, qui reflète la quantité de réserves effectuées. Ce phénomène serait accentué par la plus grande activité photosynthétique des feuilles jeunes.

C'est la première fois qu'est mis en évidence l'effet stimulateur de l'accompagnement ligneux après brûlage pour cette espèce.

La comparaison avec le débroussaillage n'est valable que pour les feux de printemps, car MALASON et TRABAUD démontrent qu'un feu d'automne qui détruit les parties aériennes avant que les réserves n'aient fini de migrer vers les racines donne des vitesses de reconstitution plus lentes qu'un feu de printemps.

Les bruyères

Bruyère arborescente au Muy : La repousse est faible. 4 à 5 saisons après débroussaillage le recouvrement ne représente que 10% de l'état initial. On note cependant une repousse plus importante après le brûlage qu'après celui d'octobre. Trois explications peuvent être avancées : une saison de végétation plus longue après brûlage, une météo après brûlage plus favorable, un stade phénologique différent traduisant des différences physiologiques.

Leur repousse est gênée par le tapis herbacé dès que son recouvrement dépasse 10%, d'où l'intérêt des sursemis après brûlage.

Le brûlage entraîne une repousse moindre que le débroussaillage mécanique, mais ce résultat doit être confirmé, car il est inverse pour la bruyère multiflore à la Ciotat après l'incendie hivernal.

L'auteur calcule deux modèles de croissance qui ne sont pas reportés, car ils semblent très affectés par les conditions de brûlage. On observe donc une forte disparité dans la réaction de cette espèce selon l'intensité de la perturbation feu.

Les cistes

Au Muy, leur dynamique est la suivante : très forte germination sur toute la surface parcourue par le feu (800 semis par ha), puis diminution lente et régulière de la densité moyenne. Cependant, après 2 ou 3 ans, la densité reste beaucoup plus forte que dans la cistiaie adulte.

Le tapis herbacé joue un rôle dépressif sur la densité et un rôle stimulant sur la croissance en hauteur des plantules. Les phytovolumes 5 saisons après brûlage représentent 30% de l'état initial. L'écosystème tend à s'homogénéiser vers une cistiaie continue à l'état adulte.

Conclusion :

La germination est favorisée par le feu (3 à 5 fois plus qu'avant incendie) et pour une durée d'au moins 12 saisons. La seule exception est le cas d'une parcelle ayant subit un incendie 18 mois après brûlage, avant que les cistes présents n'aient plus refleurir.

En tenant compte des variations saisonnières, la densité de semis après brûlage est la même dans des milieux aussi différents que le Muy et Prades avec un cycle annuel semblable.

Conclusion

Les espèces à réserve reconstituent une végétation à l'identique après le feu, et peuvent même contribuer à l'homogénéisation du milieu comme dans le cas du Chêne kermès. Les cistes s'étendent par la présence de leurs graines qui bénéficient de l'ouverture et de la scarification générées par le feu. Cette banque de semences peut rester en dormance pendant de très longue période dans le sol en attendant des conditions favorables (44 ans pour le ciste cotonneux).

APM01-EFFETS SUR LA FLORE : QUANTITE ET QUALITE DU FOURRAGE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Cinq sites expérimentaux étaient divisés en trois parcelles, sur chacun des sites était pratiqué un brûlage d'automne et un brûlage de printemps.

Les données relatives à la végétation ont été récoltées avant le feu ainsi que les quatre années consécutives par inventaire avec lignes d'interception (Canfield 1941) sur les diagonales des placettes. La biomasse en était alors déduite à partir de la couverture et de la hauteur de végétation. La masse sèche était calculée à partir d'un échantillon.

L'estimation de l'accroissement annuel s'est faite par récolte et mesure des pousses de l'année. La qualité du fourrage est appréciée par évaluation des indicateurs suivant : CWC, NDF, ADL, IVOMP, teneur en cellulose, hemicellulose et protéines brutes.

Résultats bruts

Aspect quantitatif :

Reprise vigoureuse du *Chamaespartium* : reconstitution de la moitié de la biomasse initiale en deux ans. Croissance plus forte que sur le témoin pendant 4 ans.

Pas d'influence de la saison de brûlage.

Des différences de croissance significatives selon les sites.

Création d'un modèle de croissance de la biomasse dans ce milieu après brûlage :

$$\text{Chamaespartium biomasse (kg.ha}^{-1}\text{)} = 5800 - 4885 t^{0,6128}$$

(t : nombre d'années succédant au feu)

Création d'un modèle pour l'évaluation de l'accroissement annuel de la biomasse en pourcentage après brûlage :

$$A = (0,457t^{-0,385})100 \quad (t > 1 : \text{nombre d'années après le brûlage})$$

Aspect qualitatif :

La qualité varie selon la saison, l'endroit et la période après le feu.

En général, cellulose et hemicellulose ont augmenté de manière significative 6 mois après le brûlage, mais il n'y a plus de différence avec les témoins deux ans plus tard.

La teneur en protéines augmente de 1,5% sur une période de six mois à deux ans succédant au brûlage.

La digestibilité augmente, mais c'est vraisemblablement plus lié à la baisse de la teneur en lignine et la haute teneur en protéines, qu'aux concentrations d'hemicellulose.

4 ans après, il n'y a plus aucun effet brûlage constaté sur les composants chimiques analysés.

Discussion

La reconstitution de la population de *Chamaespartium* se faisant par semis, elle est fortement liée à la densité d'individu avant brûlage.

Conclusion

La dynamique de végétation après incendie de cette espèce ligneuse est très forte, et la reconstitution de la biomasse initiale après brûlage ne prend que 7 à 10 ans. Les effets bénéfiques du feu sur la qualité fourragère de cette espèce sont confirmés une fois de plus sur une période de 4 ans après le passage du feu.

L'augmentation de la production et de la qualité du fourrage engendrée par le brûlage confirme le bien fondé des pratiques pastorales ancestrales consistant à l'effectuer avec une fréquence de 3 à 7 ans. Le gestionnaire peut donc intégrer cette technique comme outil de gestion de la biomasse pâturelle sous le pin maritime.

APM02-EFFETS SUR LA FLORE : COMPOSITION ET VALEUR NUTRITIONNELLE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

non précisée.

Discussion

La composition floristique des strates basses n'est pas affectées par le feu, alors que la vitesse de reconstitution du couvert est améliorée de manière variable.

La valeur nutritionnelle de *Chamaespartium trifolium* est améliorée par le feu : petite augmentation de la teneur en cellulose correspondant à une diminution de la lignine pendant quelques mois. Et sur le long terme (4 ans), il y a amélioration de la teneur en protéines et de la digestibilité.

APM04-EFFETS SUR LA FLORE : STRATES BASSES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

5 sites avec chacun, un feu d'été, un feu d'hiver et un témoin. Le suivi de la végétation s'est fait avant les brûlages ainsi que les six années qui ont suivi. Mesure de la composition et de l'extension de la végétation sur des transects de 33m de long. Estimation de la couverture végétale par la méthode d'interception sur la ligne de Canfield (1941). La fréquence des espèces était évaluée sur le dispositif avec 100 placettes permanentes de 33,5*100 cm.

La comparaison entre les placettes brûlées et le témoin se fait par l'index de Sorenson (F) donnant la similarité à partir de la couverture et la fréquence de chaque espèce. Pour l'estimation de la ressemblance, c'est l'indice de Shanon (H') qui a été utilisé.

La prédiction de la densité et du couvert s'est faite avec le modèle de propagation par contagion de Greig et Smith (1964).

Résultats bruts

69 peuplements ont été analysés en combinant différents endroits et différentes années après le brûlage. Parmi eux, 27 sont non brûlés contre 42 issus de brûlage.

La fréquence F est peu affectée par le feu alors que la couverture ne retrouve la normale que 4 à 6 ans plus tard. H' confirme que la composition spécifique est peu altérée par le brûlage, mais dépend beaucoup de la situation initiale. Après deux ans, on retrouve le niveau de diversité initial.

Pas d'enrichissement spécifique dans le milieu observé contrairement à ce que citent certains auteurs dans d'autres cas.

La fougère dominante de la végétation basse (*Simethis planifolia*) s'étend en densité et en couvert. 4 à 6 ans après le passage du feu, il y en a 10 à 20 fois plus que sur le témoin.

Très forte apparition de régénération de *Pinus pinaster*. 4 à 6 ans après le passage du feu, il y a 40000 à 62000 tiges/ha contre 900 tiges/ha sur le témoin.

Espèce	Régénération	Intensité	Observation
<i>Pinus pinaster</i>	Semis	Très forte	Bonne adaptation
<i>Simethis planifolia</i>	Rejets	très forte	Bonne adaptation
<i>Erica umbellata</i>	Rejets	faible	Problème âge ?
<i>Calluna vulgaris</i>	Rejets	faible	idem ?
<i>Erica cinerea</i>	Rejets	forte	niveau initial après 4 à 6 ans
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	Rejets	très forte	niveau initial après 4 à 6 ans ; densité bouge peu

On ne constate pas d'influence de la saison du brûlage sur la reprise des végétaux.

Discussion

Ces résultats singuliers sont attribués à une forte adaptation du milieu au feu, car ne sont présentes qu'une dizaine d'espèces qui doivent être le résultat d'une sélection très forte à la perturbation engendrée par le feu.

La végétation qui se reconstitue après brûlage dépend plus de la composition initiale que des caractéristiques du brûlage, et est conforme à l'anticipation faite avec la plupart des modèles de prédition de succession végétale. La diversité est à peine affectée par le feu ce qui est différent des résultats observés sur le Pin d'Alep où un an après incendie la diversité augmente énormément (TRABAUD et LEPART, 1980) avec l'arrivée d'espèce pionnières. L'analyse par espèce révèle que les fougères et l'herbe se développent de manière significative la première année suivant le brûlage, avant d'être à nouveau dominées par les broussailles puis les arbres. Ainsi, *Chamaespartium tridentatum* a été rabattu pendant une année mais à repris sa place prépondérante un an après le brûlage. La régénération de Pin est accentuée par la diminution de la compétition et de la litière qu'engendre le feu.

Conclusion

Le brûlage dirigé engendre peu de changement dans ces peuplements de *Pinus pinaster* fortement transformés par les pratiques humaines. La plupart des espèces sont bien adaptées au feu. Leur réponse est globalement prédictible d'après la composition floristique d'avant le brûlage.

APM05-EFFETS SUR LA FLORE : BIOMASSE, PRODUCTION, ET VALEUR NUTRITIVE DES STRATES BASSES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Comparaison de brûlage d'hiver, de printemps et de témoin sur 5 sites.

Calcul de la biomasse d'après la hauteur et le recouvrement sur les lignes, après calcul d'une référence sur des carrés échantillons de 2*5 m. Les lignes permanentes étaient placées en diagonale de chaque placette.

Mesure de la biomasse de fourrage en récoltant herbes et pousses de l'année. N'ont fait l'objet d'une étude de la qualité fourragère que les pousses de l'année de *Chamaespartium tridentatum*, *Calluna vulgaris*, *Agrostis stolonifera*, *Erica arborea*, *Erica umbellata*. Elles furent prélevées chaque saison en 1983. Chaque échantillon était analysé pour évaluer la teneur en composants de la paroi cellulaire (CWC), en fibres (DF et NDF) et en lignine (ADF). Les protéines brutes, cendres et matières sèches furent analysées selon la méthode de Tilley et Terry. Les taux de cellulose et hemi-cellulose étaient déduits de ces mesures.

La biomasse des ligneux les plus représentés a été analysée séparément.

Résultats bruts

Evolution de la biomasse :

Erica umbellata et *Calluna vulgaris* ne rejettent pas et leur reconstitution est lente. *Erica cinerea* rejette peu. La croissance de *Chamaespartium tridentatum* en biomasse est significativement plus forte après le feu est peut être modélisée par la formule : $CB = 5800 - 4885t^{-0.6128}$ t : nombre d'année après le brûlage >1

Cette formule correspond à peu près à une multiplication par deux de la biomasse tous les ans pendant 2 à 4 ans.

Evolution de la qualité fourragère :

La qualité d'*Agrostis stolonifera* est meilleure que prévu est sa digestibilité est plus grande que celle de *Calluna vulgaris*, *Erica arborea*, *Erica umbellata* mais moindre que celle de *Chamaespartium tridentatum*.

Cette espèce voit sa teneur en cellulose et hemi-cellulose augmenter significativement 6 mois après le brûlage mais la différence s'estompe 2 ans après. La valeur protéique ne monte que six mois à deux ans après le brûlage et 4 ans après le brûlage, il n'y a plus de différence avec le témoin. La digestibilité suit la même progression. La faible hausse en teneur protéique observée est importante, car elle permet de dépasser le seuil retenu pour les femelles gestantes.

Conclusion

Chamaespartium tridentatum est l'espèce clef de la reconstitution de ce milieu, elle rejette plus vite que toutes les autres. Elle a le taux le plus élevé de protéines et la meilleure digestibilité. Le feu améliore donc la production et la qualité fourragère de cet écosystème pendant au moins deux ans et valide l'usage de cette technique traditionnelle pratiquée par les bergers tous les trois à sept ans.

APM05-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE ET RECONSTITUTION APRES INCENDIE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Comparaison de brûlages de printemps, d'hiver et de témoins sur six sites.

Installation de lignes permanentes de 33m avec évaluation de la fréquence et du recouvrement des espèces pendant trois ans.

Analyse de 79 placettes dont 27 sur témoin et 42 en zone brûlée.

Etude des changements mineurs de densité dans une même communauté par création d'un modèle donnant les densités à partir des fréquences.

Résultats bruts

Le test de DECORANA et TWINSPLAN confirme que le brûlage n'est pas une variable explicative de la répartition des espèces entre les différents relevés.

L'index de similarité entre les placettes brûlées et le témoin en fonction de la date séparant du brûlage démontre que les fréquences sont peu affectées par le feu alors que le recouvrement fortement abaissé par le brûlage se reconstitue rapidement.

L'index de diversité démontre que la diversité est peu affectée par le brûlage, elle a retrouvé son seuil initial 4 à 6 ans après le brûlage (Pour le pin d'Alep : un an suffit !)

Discussion

Comportement de chaque espèce :

Fougères et herbacées poussent significativement plus vite les premières années suivant le feu avant d'être dominées par les ligneux bas rejetant (*Chamaespartium tridentatum*), puis ceux à faible capacité de rejet (*Erica cinerea*), puis ceux qui ne rejettent pas (*Erica umbellata* et *Calluna vulgaris*) et enfin les arbres.

Ceci confirme un résultat déjà observé : *Erica cinerea* repousse plus vite que *Calluna vulgaris*.

La faible reprise de *Calluna vulgaris* qui est décrite comme rejetant bien après brûlage peut s'expliquer soit par un brûlage trop chaud, soit parce qu'elle est trop vieille. Ceci confirmerait que la strate basse se remet difficilement du brûlage lorsqu'elle est âgée (sous les pins). Le brûlage profite au semis de Pin maritime.

Conclusion

Sous le Pin maritime, le brûlage n'affecte pratiquement pas la fréquence des espèces, alors que la fermeture du couvert s'effectue à des rythmes différents selon les espèces. Cette faible incidence était prévisible, car toutes les espèces de ce milieu sont bien adaptées au feu. Le devenir de la végétation après brûlage sur ce milieu est désormais prédictible.

APP01-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DE RECONSTITUTION APRES BRULAGE DE LA VEGETATION ARBUSTIVE ET HERBACEE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Les phytovolumes sont estimés par installation de transects permanents de 0,5 × 20 m et cartographie du recouvrement des différentes strates de végétation sur les parcelles expérimentales.

Pour l'estimation de la dynamique de végétation, les plantules de ciste ont été comptées dans 84 carrés disposés sur tous les dispositifs du Muy selon un échantillonnage stratifié.

Résultats bruts

Au Muy :

	Brûlage Mars	Brûlage Octobre	Témoin
Surface m ²	9000	11000	7700
V arbustif m ³	2969	2995	5101
V herbacé m ³	142	86	156
V Vivant disparu par combustion directe	21 à 47 %	0 à 53 %	
V Vivant disparu par dessèchement différé	11 à 66 %	5 à 73 %	

Faible repousse de la Bruyère qui n'atteint que 16% de son volume initial après 3 saisons de végétation.

Les comptages de semis ont été regroupés selon des variables explicatives relevées pour chaque carré échantillon :

Variable explicative	Valeur	Nombre moyen de ciste par Carré échantillon
Etat de la bruyère (Correspond à l'intensité du feu)	Partie sommitale verte	10,6
	Structure fine desséchée	22,0
	Structure fine consumée	30,4
	Valeur manquante	38,0
Recouvrement herbacé	0-5	38,0
	5-10	35,2
	10-25	21,3
	25-50	9,7

50-75	8,4
75-100	3,9

Discussion

L'exemple du Muy permet d'évaluer l'impact du brûlage sur la strate arbustive et met en évidence le rôle du dessèchement dans l'altération de cette strate.

Les comptages effectués sur le ciste démontrent que sa régénération, qui se fait par graine, est d'autant plus importante que l'intensité du feu a été intense et que la concurrence herbacée est faible.

Conclusion

Ces expérimentations ont permis de quantifier la diminution des biovolumes exercée par le brûlage dans la durée (après trois ou quatre saisons de végétation, les volumes initiaux ne sont pas atteints) et de mettre en évidence l'influence de l'intensité du feu sur la dynamique de végétation en terme de quantité et de composition floristique : expansion du ciste, raréfaction des ligneux sous représentés, ou reproduction à l'identique de la composition floristique selon les cas.

APP02-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DU CISTE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Suivi de deux dispositifs expérimentaux du Muy ayant fait l'objet d'un brûlage dirigé d'automne et de printemps :

Installation de placettes permanentes avec mesure de la hauteur et du recouvrement dans différents faciès :

3 dans un faciès pur de cistes,

1 dans un faciès pur de bruyère,

2 dans un mélange.

Installation de 40 carrés de $50 * 50 \text{ cm}^2$ pour le comptage des semis de cistes.

Ce dispositif a fait l'objet de travaux complémentaires :

sursemis de $30 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ en octobre 1989, fertilisation annuelle N/P 36/92 pâturage de 450 ovins au printemps et en automne.

Estimation de l'impact du pâturage lors des relevés de transects.

Evaluation de la période de sécheresse physiologique d'après la formule : P-ETP+RU>0.

Résultats bruts

Evolution des densités après brûlage :

Court terme :

Le printemps suivant le brûlage, les densités de cistes sont de 56 plants par m^2 pour le traitement de Mars et de 101 plants par m^2 pour le traitement d'octobre. Ces chiffres masquent une grande variabilité, notamment une très forte levée des graines de ciste à feuille de sauge lorsqu'il est présent. Du coup, l'auteur précise qu'on ne sait pas si cette différence significative entre les traitements est à attribuer de manière prépondérante à la période du brûlage, aux conditions climatiques plus favorables après le brûlage d'octobre, ou à un ratio différent de ciste sauge.

On constate aussi une très forte hétérogénéité dans la répartition spatiale des semis qui est attribuée à deux facteurs :

- l'intensité du feu à l'échelle du m^2 : les semis sont plus nombreux quand le sol ou la végétation ont bien brûlés.

- la végétation préexistante : le nombre de semis de cistes est toujours plus important dans les carrés où l'espèce dominante était le ciste.

Ces deux facteurs influent directement sur la densité et le volume de broussailles qui s'installe après le brûlage.

Long terme

La densité des semis de cistes fait l'objet de fortes variations saisonnières notamment à travers une forte mortalité estivale non compensée totalement l'automne, suivant ce qui se traduit par une baisse régulière des densités (60% en 2 ans). Ces variations saisonnières sont plus favorables aux cistes à feuille de sauge qu'aux cistes de Montpellier dont la proportion baisse.

Plus la couverture herbacée est importante, plus la densité des cistes est faible. Cependant, la croissance en hauteur du ciste est plus forte lorsqu'il est en concurrence avec des herbacées ou des bruyères.

Le volume de cistes 4 ans après un brûlage dirigé se situe entre 45 et $600 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ce qui est en dessous des valeurs observées à Prades à l'exception d'un transect totalisant 1500 t.ha^{-1} .

Discussion

Les fortes densités de cistes observées après brûlage confirment les exemples déjà cités dans la littérature traitant de l'effet stimulant du feu sur la germination de leurs graines. Le feu interviendrait plus par scarification du tégument imperméable de la graine que stimulation physiologique.

Le sursemis en augmentant le couvert herbacé aurait un effet dépressif sur la densité de cistes. Cette concurrence s'exprimerait plus comme une compétition pour l'accès à la lumière que pour des problèmes de ressource en eau.

Le pâturage d'hiver affecte 22 à 42 % des jeunes plantules de ciste, ce qui confirme son impact dépressif.

On constate d'importantes fluctuations annuelles de la densité des cistes, avec une forte germination pendant les trois printemps qui suivent le brûlage. Plusieurs hypothèses sont présentées pour expliquer ces levées de dormance à retardement, mais aucune n'apparaît satisfaisant à l'auteur.

Les densités de cistes rencontrées dans cette étude sont plus fortes que toutes celles déjà observées après brûlage sous Pin d'Alep.

Conclusion

La régénération du ciste après brûlage est significativement plus forte qu'avant brûlage, mais de manière hétérogène. La distribution de cette régénération dépend de l'intensité locale du feu et de la présence de plantes adultes avant le traitement. Pour limiter cette extension dans le cadre d'un objectif DFCI, favoriser les herbacées et le pâturage s'avère une solution intéressante.

APP03-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DE VEGETATION

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Cartographie des différents faciès de végétation avec application d'un indice de recouvrement par strate.

Installation de 1 ou 2 transects de 5 à 10 m² dans chacun des faciès les plus représentés pour avoir les recouvrements et les phytovolumes. Ces dispositifs furent inspectés avant le feu puis tous les ans au mois de Juin.

Estimation de l'aboutissement dans les zones pâturées par comptages.

Estimations des semis quand nécessaire par comptage dans des carrés échantillons de 50*50cm² deux fois par an.

Estimation du couvert herbacé selon l'échelle, à l'oeil, par comptage, et par la méthode des points quadrats.

Les itinéraires techniques de chaque site permettent des observations différentes:

Le Muy : comparaison de brûlage de printemps et d'automnE ;

La Ciotat : comparaison brûlage et débroussaillement (Incendie hivernal analogue à brûlage)

La roque d'Anthéron : comparaison brûlage unique, brûlages successifs et débroussaillement.

Le Castelard : Comparaison brûlage et broyat dans un pâturage

Montpellier : Comparaison de la dynamique de deux milieux différents

Prades : comparaison d'itinéraires techniques comprenant brûlage de printemps, brûlage d'automne et pâturage.

Résultats bruts

Exemple de végétaux à lignotuber : les bruyères arborescentes et multiflores

La bruyère a deux saisons de végétation par an.

Bruyère arborecente au Muy : Recouvrement, Hauteur, Récupération du volume initial après 4 ou 5 saisons de végétation, phytomasse.

Faciès	Traitement	R (%)	H (cm)	RV (%)	P (t MS.ha ⁻¹)
ériçaire	b mars + pâturage	6,3	39	23	0,5
mixte	b mars + pâturage	9,6	39	24	0,7
ériçaire	b oct. + défend	3,3	24	5	0,2
mixte	b oct. + pâturage	4,6	20	2	0,2

Bruyère multiflore à la Ciotat : Recouvrement, Hauteur, Récupération du volume initial après 7 saisons de végétation.

Faciès	Traitement	R (%)	H (cm)	RV (%)
ériçaire	débroussaillement	55,7	32,5 a	57
ériçaire	incendie	43,7	36,7 ab	70
ériçaire	incendie	55,7	38,3 ab	95
E + Chêne K	incendie	32,1	42,3 b	86
E + Chêne K	incendie	46,0	44,7 b	95

Dynamique des végétaux à reproduction

sexuée : exemple des cistes.

Plus, la cistaie est pure, plus la part de végétation effectivement brûlée est forte, et plus le nombre de graines germées après le brûlage est élevé.

Plus la densité de semis formés est grande, plus la mortalité engendrée par la sécheresse estivale est forte, mais plus de nouvelles plantules germent l'hiver et le printemps suivant.

Les cistes sont plus denses après le brûlage d'octobre que celui de mars. deux explications possibles :

- soit le ciste sauge se ressème plus vite que le ciste de Montpellier plus abondant sur le brûlage de mars,
- soit le brûlage d'octobre est plus favorable par les conditions climatiques qui lui succèdent.

Lorsque les parcelles sont mises en défend après le brûlage, le tapis herbacé exerce une très forte concurrence sur la régénération de ciste qui peut tomber à un pour-cent de ce qu'elle était avant. Plus le tapis herbacé est dense, plus la croissance du ciste est forte, mais moindre est la densité de plantules.

Observations sur le site de Prades :

La conduite (montant ou descendant) du feu n'a aucun effet sur l'intensité de la régénération de cistes.

L'augmentation du phytovolume et de la densité de ciste est 2 à 3 fois plus fort après incendie qu'après brûlage.

La densité de cistes après le passage d'un incendie augmente pendant 5 ans jusqu'à la valeur hivernale de 55 pieds par m² (contre 10 à 15 après brûlage) et décroît entre 5 et 11 après 30 ans.

Discussion

Le genêt cendré

La comparaison de la croissance du genêt cendré et du cytise trifolié ne permet pas de dégager un modèle général sur la croissance après incendie des espèces à racine pivotante

Le chêne kermes

L'intensité de la reprise est proportionnelle au volume initial, qui reflète la quantité de réserves effectuées. Ce phénomène serait accentué par la plus grande activité photosynthétique des feuilles jeunes.

C'est la première fois qu'est mis en évidence l'effet stimulateur de l'accompagnement ligneux après brûlage pour cette espèce.

La comparaison avec le débroussaillement n'est valable que pour les feux de printemps, car MALASON et TRABAUD démontrent qu'un feu d'automne qui détruit les parties aériennes avant que les réserves n'aient fini de migrer vers les racines donne des vitesses de reconstitution plus lentes qu'un feu de printemps.

Les bruyères

La bruyère arborescente au Muy : La repousse est faible. 4 à 5 saisons après débroussaillement le recouvrement ne représente que 10% de l'état initial. On note cependant une repousse plus importante après le brûlage qu'après celui d'octobre. Trois explications peuvent être avancées : une saison de végétation plus longue après brûlage, une météo après brûlage plus favorable, un stade phénologique différent traduisant des différences physiologiques.

Leur repousse est gênée par le tapis herbacé dès que son recouvrement dépasse 10%, d'où l'intérêt des sursemis après brûlage.

Le brûlage entraîne une repousse moindre que le débroussaillement mécanique, mais ce résultat doit être confirmé, car il est inverse pour la bruyère multiflore à la Ciotat après l'incendie hivernal.

L'auteur calcule deux modèles de croissance qui ne sont pas reportés, car ils semblent très affectés par les conditions de brûlage. On observe donc une forte disparité dans la réaction de cette espèce selon l'intensité de la perturbation feu.

Les cistes

Au Muy, leur dynamique est la suivante : très forte germination sur toute la surface parcourue par le feu (800 semis par ha), puis diminution lente et régulière de la densité moyenne. Cependant, après 2 ou 3 ans, la densité reste beaucoup plus forte que dans la cistaie adulte.

Le tapis herbacé joue un rôle dépressif sur la densité et un rôle stimulant sur la croissance en hauteur des plantules. Les phytovolumes 5 saisons après brûlage représentent 30% de l'état initial. L'écosystème tend à s'homogénéiser vers une cistaie continue à l'état adulte.

Densité moyenne de ciste (nb/m ²) au Muy		
(0) nombre de mois suivant le brûlage	Brûlage mars (22)	Brûlage octobre (16)
Combustion de la bruyère		
en partie verte	19a	51a
dessèchement	69a	105a
combustion	119b	126a
Recouvrement herbacé (%)		
0-5	120a	225a
6-10	59b	209a
11-25	51b	113b
26-50	20b	51b
51-75	11b	47b
76-100	4b	19b
Couvert arboré		
en dehors	80a	95a
en bordure	92a	150a
sous couvert	55a	149a

Conclusion :

La germination est favorisée par le feu (3 à 5 fois plus qu'avant brûlage) et pour une durée d'au moins 12 saisons. La seule exception est le cas d'une parcelle ayant subit un incendie 18 mois après brûlage, avant que les cistes présents n'aient plus refleurir.

En tenant compte des variations saisonnières, la densité de semis après brûlage est la même dans des milieux aussi différents que le Muy et Prades avec un cycle annuel semblable.

Conclusion

Les espèces à réserve reconstituent une végétation à l'identique après le feu, et peuvent même contribuer à l'homogénéisation du milieu comme dans le cas du Chêne kermès. Les cistes s'étendent par la présence de leurs graines qui bénéficient de l'ouverture et de la scarification générées par le feu. Cette banque de semences peut rester en dormance pendant de très longue période dans le sol en attendant des conditions favorables (44 ans pour le ciste cotonneux).

LBA01-EFFETS SUR LA FLORE : REDUCTION ET RECONSTITUTION DE LA STRATE BASSE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Dans chaque type de lande, installation de lignes permanentes de 20m avec lecture des points de contact tous les 10cm permettant de calculer la fréquence relative (FR), la contribution spécifique de présence et la contribution spécifique de contact.

La phytomasse aérienne est obtenue par récolte de toute la végétation sur des carrés de 1m².

Récolte des cendres à la surface du sol pour évaluation de la minéralomasse créée. Comparaison avec la combustion en enceinte close.

Mesure des paramètres à la surface du sol.

Résultats bruts

La quasi totalité de la bruyère a été détruite par le feu. Les troncs d'ajonc demeurent (ils représentent 42% de la biomasse d'*Ulex europaeus* et 23% pour *Ulex minor*) et seulement 1,2 et 1,7 % des litières ont été brûlées.

	Lande haute	Lande mésophile
Matériel végétal brûlé	18,44 t.ha ⁻¹	10,76 t.ha ⁻¹
Part de la massé initiale	34%	53%
Cendres fournies	0,89 t.ha ⁻¹	0,67 t.ha ⁻¹
Part de la massé initiale	1,3%	1,49%

L'humidité relative et la température moyenne au niveau du sol augmentent après le passage du feu.

Les premiers végétaux à rejeter sont la molinie et les ajoncs trois mois après le feu.

Fréquences spécifiques observées sur les lignes permanentes après le feu :

Date	Lande haute					Lande basse				
	ini	30/4	9/5	29/5	2/7	ini	30/4	9/5	29/5	2/7
<i>Molinia caerulea</i>	-	-	-	-	-	83,5	21,5	39,5	53,5	79
<i>Ulex europaeus</i>	71,5	0	1,5	5	19	-	-	-	-	-
<i>Ulex minor</i>	30,5	0	0	1,5	2,5	55,5	0	0	2	13,5
<i>Agrostis capillaris</i>	5	0	0	1	1	0,5	0	0	0	0
<i>Erica cinerea</i>	57,5	0	0	0,5	1,5	-	-	-	-	-
<i>Erica ciliaris</i>	-	-	-	-	-	87	0	0	0	28
<i>Rubus fruticosus</i>	+	0	0	0	4,5	-	-	-	-	-
<i>Potentilla erecta</i>	0	0	0	0	0,5	+	0	0	0,5	3
<i>Erica tetralix</i>	-	-	-	-	-	7	0	0	0	1
<i>Calluna vulgaris</i>	14	0	0	0	0	6	0	0	0	0
<i>Pteridium aquilinum</i>	-	-	-	-	-	1,5	0	0	0	0
<i>Hypnum cupressiforme</i>	5,5	0	0	0	0	-	-	-	-	-

Discussion

La végétation qui s'installe est floristiquement identique à celle qui existait avant incendie.

Dans la lande haute, on retrouve les mêmes proportions d'*Ulex europaeus* (91 à 93%). Par contre dans la lande mésophile, la molinie se développe plus vite que les espèces ligneuses (de 8 à 66% de la biomasse)

Conclusion

Cet incendie de printemps se traduit par :

- une destruction très incomplète de la litière
- des températures peu élevées dans le sol, ce qui ne réduit pas l'activité microbienne tout en favorisant les levées de dormance.
- une minéralomasse globale dans les cendres proche de la minéralomasse correspondant à la végétation détruite.
- une recolonisation rapide de la végétation à partir de rejets de souche. Cette croissance est particulièrement rapide pour les graminées cespitueuses comme la molinie.

Ces incendies contrôlés ont donc des conséquences sur la végétation fondamentalement différentes de celles observées lors des incendies qui ont dévasté les landes armoricaines au cours de l'été 1976.

LBA03-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DE VEGETATION ET VALEUR PASTORALE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Relevés floristiques « classiques » selon Braun et Blanquet, lignes permanentes et prélèvements périodiques de phytomasse en distinguant ligneux, herbacées et litière. Les relevés sont effectués deux à trois fois par an à la même période.

Relevés particuliers effectués que dans certains peuplements :

- densité et hauteur des crosses de fougère aigle,
- densité de semis et importance de la floraison des ligneux bas,
- cartographie sur les lignes permanentes dans les milieux hétérogènes.

Ces observations sont complétées par quelques informations prises sur des sites dont les conditions de brûlage ne sont pas connues.

Calcul de la valeur pastorale : adaptation de la valeur pastorale traditionnelle pour prendre en compte la présence de ligneux bas. L'auteur applique à la valeur pastorale un coefficient de recouvrement de la strate herbacée et un coefficient d'accessibilité de ladite strate qui peut être couverte de fougères ou de ligneux denses et épineux. De plus l'appétence des jeunes pousses est prise en compte par l'amélioration des notes pour les jeunes pousses de certaines espèces comme les brachypodes et les molinies.

Résultats bruts

Peuplements et zones de parcours de basse et moyenne montagne de Pyrénées occidentales

Réduction du combustible :

Dans les landes homogènes (à bruyère et ajonc) où le feu peut-être allumé à la recule, selon l'âge du peuplement, la réduction de phytomasse varie entre 50 et 90 %.

Dans les landes discontinues à ajonc d'Europe, le brûlage se fait par tache et engendre une faible réduction de la biomasse (10 à 30 %). Le feu est peu adapté pour l'ouverture de ces milieux.

Dans les landes à ajonc nain dont l'inflammabilité est meilleure et dont la continuité est plus grande, elle est de 20 à 50%.

Effet sur les strates basses :

Sur toutes les parcelles, la régénération s'est faite essentiellement par voie végétative.

L'ajonc d'Europe et l'ajonc nain retrouvent 80 à 90 % de leurs fréquences initiales en deux ans. Quand les landes sont bien fermées, cette reconstitution baisse d'un tiers.

La réapparition des bruyères (*Calluna vulgaris*, *Erica vagans*, *Erica ciliaris*) est rapide. Deux ans après le feu leur fréquence est de 75 à 110 %.

Un interpyre de 2 à 3 ans n'affecte pas les bruyères. Une fréquence de feux plus faible et des feux plus intenses sont favorables à l'ajonc nain au dépend de la callune.

Pas d'apparition d'espèce. Une seule espèce disparue : *Carlina vulgaris* mais non significatif.

Progression de *Anagallis tenella*, *Centaurea nigra*, *Cirsium palustre*, *Holcus latanus*, *Potentilla erecta*, *Potentilla montana*, et *Stachys officinalis*. Régression de *Ranunculus nemerosus* (sauf à Ascou).

Valeur pastorale

La fréquence des espèces fourragère augmente sur la plupart des parcelles dans l'année suivant le feu (95 à 130%) ainsi que leur appétence. Une seule espèce *Pseudarrhenatherum longifolium* progresse de manière spectaculaire après le feu, les autres étant plutôt stable.

Dynamique des populations :

Des brûlages fréquents favorisent les bruyères et les plantes herbacées. Ils deviennent contraignants pour toutes les espèces ligneuses que lorsqu'ils sont annuels.

Valeur pastorale	Avant brûlage	1 an après	2 ans après
Lande à ajonc d'Europe	6,8	8,1 à 8,8	
Lande à ajonc nain	5,6	13,2	9,9
Lande homogène pelouse + bruyères	5,0	17	5,7

Discussion

L'impact du brûlage sur la valeur pastorale dépend de l'abondance des espèces fourragères à l'état initial et de leur qualité pastorale, de la vitesse de régénération des ligneux par rejet de souche ou par germination qui dépend de leur aptitude spécifique et de leur âge, de la puissance du feu, de la présence d'espèces épineuses ou de fougère constituant une gène pour le bétail, de la saison de brûlage, des conditions météorologiques les années qui suivent le brûlage.

Conclusion

Le feu est un facteur stabilisant des zones de parcours. Il n'engendre ni appauvrissement de la flore ni apparition de durable de nouveaux éléments. Les formations brûlées en hiver se reconstituent en général à l'identique à moyen terme. Seule la lande à genévrier détruite par le feu peut-être remplacée par une lande à pelouse ou une lande basse à éricacées et la sarotheamnaie où le feu peut entraîner l'élimination ou l'expansion du genêt.

Il n'y a pas de différence entre feu montant et feu descendant en terme de régénération.

Le feu améliore la valeur pastorale en favorisant l'extension et l'accès des espèces fourragères aux dépens des espèces ligneuses. Dans les landes à fougère et ajonc cette amélioration est fugace, mais le feu assure la pérennité de cette formation.

Le brûlage dirigé entraîne une diminution du risque d'incendie mais à lui seul il ne peut résoudre le problème de la fermeture des espaces pastoraux. Il doit être intégré dans un programme d'action englobant le pâturage.

LCA01-EFFETS SUR LA FLORE : STRATE BASSE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

3 parcelles concomitantes vont servir pour faire un feu montant et un feu descendant. La dernière servant de témoin. Mesure de la structure, de la composition floristique et de la teneur en eau du combustible avant et après brûlage. Mesure des rejets de graminées et du stock de graines actives (tests de germination). Comptage des brins de ligneux en séparant les brins de l'année.

Résultats bruts : brûlage non encore réalisé, effectué en 1992.

LCA02-EFFETS SUR LA FLORE : RECONSTITUTION DE LA STRATE BASSE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Mesure des caractéristiques de la cistaie sur des transects permanents de 50*20 cm² disposés dans des milieux allant une histoire différente.

Résultats bruts

Sur un témoin de 12 ans : 7 pieds de cistes par m², hauteur 60 cm, 8966 graines par m².

Sur un témoin de 30 ans : 6 pieds de cistes par m², hauteur 60 cm.

Sur les témoins, on constate que 76% du combustible est du combustible mort soit 13 t.ha⁻¹ de combustible très inflammable.

En ouverture :

Le nombre de pieds par mètre carré de ciste un an et demi après le feu d'ouverture est bien supérieur à celui enregistré lors de l'état initial (2 à 4 fois). Ce phénomène est accentué lors des feux montants pendant deux ans. Les feux à la recule affectent durablement la reconstitution du tapis herbacé (deux printemps après, il n'a toujours pas retrouvé son état initial).

A la fin du printemps qui suit l'emploi du feu montant, le tapis herbacé retrouve déjà la moitié de sa valeur initiale.

En entretien

Comparaison de deux itinéraires :

Brûlage d'ouverture en Janvier 1992 et d'entretien en Janvier 1994 ;

Brûlage d'ouverture en Février 1990 et d'entretien en Janvier 1992 suivi de pâturage.



Ces observations confirment l'explosion des semis un an et demi après le brûlage d'ouverture. Cette expansion se fait en densité de pied, car le volume reste en dessous des volumes initiaux.

Si la germination des cistes est surtout forte les deux premières années après le brûlage d'ouverture, elle se poursuit tout de même l'année du brûlage dirigé d'entretien.

La germination de l'ajonc est plus laborieuse, elle n'est effective que le deuxième printemps suivant l'ouverture, elle se poursuit l'année du brûlage d'entretien.

Le printemps suivant le brûlage d'entretien le brachypode rameux a pratiquement retrouvé le recouvrement initial, mais le stress du feu d'ouverture demeure (feu à la recule qui avait généré une régression du tapis herbacé).

Comparaison sur 10 ans de trois régimes de feu :

1) Incendie : Vitesse de cicatrisation maximale (<4 ans). Dès la deuxième année, on compte plus de 25 pieds par mètres carrés de cistes, densité qui changera peu les 8 années suivantes. La troisième année, le milieu est refermé et impraticable. La sixième année le volume de ciste a dépassé l'état initial.

2) Brûlage dirigé + pâturage : Cicatrisation en moins de 7 ans. Le pâturage influe sur la densité des cistes en la maintenant à un pied par mètre carré, mais les volumes et le recouvrement commencent à augmenter un an et demi après le brûlage. 7 ans après le brûlage d'ouverture le phytovolume initial est récupéré et le tapis herbacé régresse.

3) Incendie (02/84)+ Brûlage (04/85)+ pâturage (08/85) : Après 10 ans, le ciste plafonne à la moitié de son phytovolume initial et les densités ont fortement baissé (divisé par 10). L'ajonc retrouve son niveau initial ($1400m^3.ha^{-1}$). Le recouvrement herbacé est toujours au-dessus du niveau initial.

Discussion

Les observations communes à tous ces résultats sont :

Un incendie : forte augmentation de la densité et faible augmentation du volume de ciste.

Un brûlage montant : forte augmentation de la densité et faible augmentation du volume de ciste.

Un brûlage par tache : augmentation de la densité.

Un brûlage descendant : augmentation de la densité moins rapide. Tapis herbacé très affecté.

Conclusion

Quels que soient les traitements, la réserve de graines dans le sol est suffisante pour que le milieu retrouve tôt ou tard son état initial. Trois brûlages successifs avec des interpyres de 2 ou 3 ans semblent nécessaires pour assurer l'ouverture du milieu pour une dizaine d'années.

LCA03-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DE VEGETATION

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Cartographie des différents faciès de végétation avec application d'un indice de recouvrement par strate.

Installation de 1 ou 2 transects de 5 à 10 m² dans chacun des faciès les plus représentés pour avoir les recouvrements et les phytovolumes. Ces dispositifs furent inspectés avant le feu puis tous les ans au mois de Juin.

Estimation de l'aboutissement dans les zones pâturées par comptages.

Estimations des semis quand nécessaire par comptage dans des carrés échantillons de 50*50cm² deux fois par an.

Estimation du couvert herbacé selon l'échelle, à l'œil, par comptage, et par la méthode des points quadrats.

Les itinéraires techniques de chaque site permettent des observations différentes:

Le Muy : comparaison de brûlage de printemps et d'automnE ;

La Ciotat : comparaison brûlage et débroussaillement (Incendie hivernal analogue à brûlage)

La roque d'Anthéron : comparaison brûlage unique, brûlages successifs et débroussaillement.

Le Castelard : Comparaison brûlage et broyat dans un pâturage

Montpellier : Comparaison de la dynamique de deux milieux différents

Prades : comparaison d'itinéraires techniques comprenant brûlage de printemps, brûlage d'automne et pâturage.

Résultats bruts

Dynamique des végétaux à reproduction sexuée : exemple des cistes.

Plus la cistaie est pure, plus la part de végétation effectivement brûlée est forte, et plus le nombre de graines germées après le brûlage est élevé.

Plus la densité de semis formés est grande, plus la mortalité engendrée par la sécheresse estivale est forte, mais plus de nouvelles plantules germent l'hiver et le printemps suivant.

Les cistes sont plus denses après le brûlage d'octobre que celui de mars. deux explications possibles :

- soit le ciste sauge se ressème plus vite que le ciste de Montpellier plus abondant sur le brûlage de mars,
- soit le brûlage d'octobre est plus favorable par les conditions climatiques qui lui succèdent.

Lorsque les parcelles sont mises en défend après le brûlage, le tapis herbacé exerce une très forte concurrence sur la régénération de ciste qui peut tomber à un pour-cent de ce qu'elle était avant. Plus le tapis herbacé est dense, plus la croissance du ciste est forte, mais moindre est la densité de plantules.

Observations sur le site de Prades :

La conduite (montant ou descendant) du feu n'a aucun effet sur l'intensité de la régénération de cistes.

L'augmentation du phytovolume et de la densité de ciste est 2 à 3 fois plus fort après incendie qu'après brûlage.

La densité de cistes après le passage d'un incendie augmente pendant 5 ans jusqu'à la valeur hivernale de 55 pieds par m² (contre 10 à 15 après brûlage) et décroît entre 5 et 11 après 30 ans.

Discussion

Le genêt cendré

La comparaison de la croissance du genêt cendré et du cytise triflore ne permet pas de dégager un modèle général sur la croissance après brûlage des espèces à racine pivotante

Le chêne kermes

L'intensité de la reprise est proportionnelle au volume initial, qui reflète la quantité de réserves effectuées. Ce phénomène serait accentué par la plus grande activité photosynthétique des feuilles jeunes.

C'est la première fois qu'est mis en évidence l'effet stimulateur de l'accompagnement ligneux après brûlage pour cette espèce.

La comparaison avec le débroussaillement n'est valable que pour les feux de printemps, car MALASON et TRABAUD démontrent qu'un feu d'automne qui détruit les parties aériennes avant que les réserves n'aient fini de migrer vers les racines donne des vitesses de reconstitution plus lentes qu'un feu de printemps.

Les bruyères

La bruyère arborescente au Muy : La repousse est faible. 4 à 5 saisons après débroussaillement le recouvrement ne représente que 10% de l'état initial. On note cependant une repousse plus importante après le brûlage qu'après celui d'octobre. Trois explications peuvent être avancées : une saison de végétation plus longue après brûlage, une météo après brûlage plus favorable, un stade phénologique différent traduisant des différences physiologiques.

Leur repousse est gênée par le tapis herbacé dès que son recouvrement dépasse 10%, d'où l'intérêt des sursemis après brûlage.

Le brûlage entraîne une repousse moindre que le débroussaillement mécanique, mais ce résultat doit être confirmé, car il est inverse pour la bruyère multiflore à la Ciotat après l'incendie hivernal.

L'auteur calcule deux modèles de croissance qui ne sont pas reportés, car ils semblent très affectés par les conditions de brûlage. On observe donc une forte disparité dans la réaction de cette espèce selon l'intensité de la perturbation feu.

Les cistes

Au Muy, leur dynamique est la suivante : très forte germination sur toute la surface parcourue par le feu (800 semis par ha), puis diminution lente et régulière de la densité moyenne. Cependant, après 2 ou 3 ans, la densité reste beaucoup plus forte que dans la cistaie adulte.

Densité moyenne de ciste (nb/m ²) au Muy		
(0) nombre de mois suivant le brûlage	Brûlage mars (22)	Brûlage octobre (16)
Combustion de la bruyère		
en partie verte	19a	51a
dessèchement	69a	105a
combustion	119b	126a
Recouvrement herbacé (%)		
0-5	120a	225a
6-10	59b	209a
11-25	51b	113b
26-50	20b	51b
51-75	11b	47b
76-100	4b	19b
Couvert arboré		
en dehors	80a	95a
en bordure	92a	150a
sous couvert	55a	149a

Le tapis herbacé joue un rôle dépressif sur la densité et un rôle stimulant sur la croissance en hauteur des plantules. Les phytovolumes 5 saisons après brûlage représentent 30% de l'état initial. L'écosystème tend à s'homogénéiser vers une cistaie continue à l'état adulte.

Conclusion :

La germination est favorisée par le feu (3 à 5 fois plus qu'avant brûlage) et pour une durée d'au moins 12 saisons. La seule exception est le cas d'une parcelle ayant subit un incendie 18 mois après brûlage, avant que les cistes présents n'aient plus refleurir.

En tenant compte des variations saisonnières, la densité de semis après brûlage est la même dans des milieux aussi différents que le Muy et Prades avec un cycle annuel semblable.

Conclusion

Les espèces à réserve reconstituent une végétation à l'identique après le feu, et peuvent même contribuer à l'homogénéisation du milieu comme dans le cas du Chêne kermès. Les cistes s'étendent par la présence de leurs graines qui bénéficient de l'ouverture et de la scarification générées par le feu. Cette banque de semences peut rester en dormance pendant de très longue période dans le sol en attendant des conditions favorables (44 ans pour le ciste cotonneux).

LCM01-EFFETS SUR LA FLORE : RECONSTITUTION DE LA STRATE BASSE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

L'observation globale de la parcelle, le prélèvement d'échantillons pour le calcul des biomasses, l'installation de lignes permanentes avec comptages répétés à intervalle de 4 à 6 semaines permettent de suivre l'évolution de la composition floristique, du recouvrement, de la hauteur moyenne, de la nature des repousses, et de la phytomasse.

Résultats bruts

Observation de la reprise des végétaux 2 à 3 mois après le brûlage :

	GOULIER		CIRCE	
Recouvrement	5-30%	40-80%	20-30%	40-80%
Espèce	Régénération	2 mois	3 mois	Régénération
<i>Calluna vulgaris</i>				Rejet 0 0
Myrtille				Semis 0 0
graminées				Rejet + +++
potentilles				Rejet + +
<i>Pteridium aquilum</i>	repousse	0-80cm ++	1 à 1,5m +++	Effectif ++ ++
<i>Serathomnus scorpiarius</i>	Rejets 0	+		repousse +++ +++
	Semis 0	+++		Semis + ++
				Rejet +++ ++

Aucune nouvelle espèce n'apparaît, aucune espèce ne disparaît.

Discussion

A Circe :

Le non redémarrage de la callune observé ne peut pas être attribué à la saison du brûlage, mais plutôt à l'âge de la callune. Miller et Milles (1970) précisent que l'optimum de rejet est atteint pour une lande de 6 à 10 ans et qu'à partir de 15 ans, elle perd de plus en plus de son aptitude à rejeter de souche.

Genista pilosa et la fougère aigle sont favorisés par le feu. Dans les landes où les banques de semences sont importantes, le feu peut-être létal pour les graines ou avoir un effet de stimulation. Sebill et Lambert 1991 précisent que les graines sont stimulées par des températures entre 60 et 80°C. Ceci a été confirmé par les fortes germinations observées 4 mois après le brûlage. La place libérée par la destruction des parties aériennes des Chaméphytes est utilisée essentiellement par *Potentilla erecta* qui n'est pas broutée. Les plantes fourragères profitant peu de l'espace disponible.

Conclusion

A Circe, on favorise temporairement les annuelles et herbacées vivaces le temps que les chamephytes se régénèrent. Pas d'appauvrissement floristique, pas d'envahissement, les espèces de la calluna seraient donc pyrophytes (Métaillé 1984). Dans un but pastoral, il faut donc brûler les landes à callune pour éviter la dépression des graminées par augmentation de la densité des chamephytes et enrichir la composition floristique très pauvre par l'introduction de plantes fourragères. Ce brûlage serait donc sans effet néfaste sur la flore mais il ne faut pas extrapolier sur le long

terme, car Negre (1970) rendait les écobuages répétés responsables de la disparition de nombreuses espèces et de pauvreté floristique des callunaies. L'augmentation de la valeur pastorale du brûlage seul n'est pas nette.

LCM02-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DE VEGETATION ET VALEUR PASTORALE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Relevés floristiques « classiques » selon Braun et Blanquet, lignes permanentes et prélèvements périodiques de phytomasse en distinguant ligneux, herbacées et litière. Les relevés sont effectués deux à trois fois par an à la même période.

Relevés particuliers effectués que dans certains peuplements :

- densité et hauteur des crosses de fougère aigle,
- densité de semis et importance de la floraison des ligneux bas,
- cartographie sur les lignes permanentes dans les milieux hétérogènes.

C'est observations sont complétées par quelques informations prises sur des sites dont les conditions de brûlage ne sont pas connues.

Calcul de la valeur pastorale : adaptation de la valeur pastorale traditionnelle pour prendre en compte la présence de ligneux bas. L'auteur applique à la valeur pastorale un coefficient de recouvrement de la strate herbacée et un coefficient d'accessibilité de ladite strate qui peut être couverte de fougères ou de ligneux denses et épineux. De plus l'appétence des jeunes pousses est prise en compte par l'amélioration des notes pour les jeunes pousses de certaines espèces comme les brachypodes et les molinies.

Résultats bruts

Impact du feu sur les peuplements des estives

Trois formations :

- Landes basses à *Calluna vulgaris* codominante avec d'autres éricacées ou papilionacées.
- Landes humides : myrtilles, rhododendron et daphné loréole.
- Formations herbacées : pelouses à agrostis et fétuque rouge incombustible.

Réduction du combustible :

- Vieilles landes à callune : réduction du combustible variable (entre 45 et 86%)
- Landes chamephytiques jeunes : milieu plus hétérogène réduction entre 20 et 60 %
- Landes à genévrier : milieu constitué de touffes avec strate basse insuffisante pour la conduite du feu. Réduction du combustible de 10 à 40 %. Faible efficacité du feu dans ces conditions.

Effet sur les strates basses :

- Les landes mixtes à éricacées et papilionacées :

Modification de l'abondance dominance :

La régénération par voie végétative est prédominante, sauf chez *Ulex minor* et le genévrier qui se régénèrent essentiellement par semis

Vitesse moyenne de réapparition Voir aussi figure 17 p192 §.

Les herbacées voient leur biomasse passer de 1 à 60% après le feu dans les vieilles landes à callune et de 1 à 10 % dans les landes chamephytiques jeunes et ouvertes.

L'abondance de plusieurs espèces est réduite notamment chez les ligneux dominants et les bryophytes. D'autres espèces sont favorisées, essentiellement des graminées et herbacées telle que *Potentilla erecta*, *Gallium saxatile*, *Hieracium pilosella*, *Polygala serpillyfolia* et *Hypericum maculatum*.

Modification de la composition floristique :

Pas de disparition d'espèce. Apparition de *Cuscuta epithymum* parasite du genêt poilu.

Evolution de la valeur pastorale :

Sur les landes jeunes, le couvert se reconstitue vite et 2 ou 3 ans après le feu la valeur pastorale est passée de 2-5 à 8-12. Sur les landes denses, la hausse de la valeur pastorale n'est constatée que la troisième année à l'explosion des plantes herbacées passant de 0,4 à 14 !

Dynamique de reconstitution :

Sur les landes jeunes, la colonisation par les herbacées est rapide mais elles sont vite concurrencées par une forte repousse des ligneux.

Dans les landes vieilles, la recolonisation est plus lente, mais dure plus longtemps.

La stabilité naturelle de ces formations est de quelques dizaines d'années à une centaine. Le brûlage en limitant l'installation des ligneux hauts va dans le sens de cette stabilité, surtout lorsqu'il y a des pins à proximité. Un incendie très fort favorisera plutôt les ligneux hauts en éliminant toute concurrence.

• Les landes à genévrier :

Modification du recouvrement des espèces dominantes après le feu :

C'est *Juniperus communis* l'espèce la plus défavorisée par le brûlage, car elle ne rejette pas et essaime peu. Mais elle n'est jamais totalement éradiquée dans les zones les plus humides.

Vaccinium myrtillus et *Daphne laureola* rejettent de souche, elles sont moins affectées par le feu. Leur fréquence spécifique atteint entre 50 et 75 % des valeurs initiales 4 mois après le brûlage. La vitesse de régénération est corrélée avec la température maximale du front de flamme.

Rubus ideaus s'étend en profitant de la faible concurrence .

La callune s'étend par semis.

Modification de la composition floristique :

Aucune espèce n'a disparu. Les espèces herbacées suivantes progressent dans les milieux bien enherbés au départ (sinon la tendance est moins nette) : *Cruciata glabrea*, *Stellaria holostea*, *Viola cornuta*.

La valeur pastorale augmente après brûlage que si les plantes fourragères étaient présentes avant et si le milieu présentait une strate herbacée importante avant brûlage. Les espèces bénéficiant du brûlage dans les milieux ouverts sont surtout *Agrostis capillaris*, *Deschampsia flexuosa* et *Luzula pilosa*. Le brûlage améliore la valeur pastorale pendant trois ans, et rend ces formations incombustibles pendant 5 à 10 ans.

Discussion

L'impact du brûlage sur la valeur pastorale dépend

de l'abondance des espèces fourragères à l'état initial et de leur qualité pastorale,

de la vitesse de régénération des ligneux par rejet de souche ou par germination qui dépend de leur aptitude spécifique et de leur âge,

de la puissance du feu,

de la présence d'espèces épineuses ou de fougère constituant une gène pour le bétail,

de la saison de brûlage,

des conditions météorologiques les années qui suivent le brûlage.

Conclusion

Le feu est un facteur stabilisant des zones de parcours. Il n'engendre ni appauvrissement de la flore ni apparition de durable de nouveaux éléments. Les formations brûlées en hiver se reconstituent en général à l'identique à moyen terme. Seule la lande à genévrier détruite par le feu peut-être remplacée par une lande à pelouse ou une lande basse à éricacées et la sarothonnaie où le feu peut entraîner l'élimination ou l'expansion du genêt.

Il n'y a pas de différence entre feu montant et feu descendant en terme de régénération.

Le feu améliore la valeur pastorale en favorisant l'extension et l'accès des espèces fourragères aux dépens des espèces ligneuses. Dans les landes à fougère et ajonc cette amélioration est fugace, mais le feu assure la pérennité de cette formation.

Le brûlage dirigé entraîne une diminution du risque d'incendie mais à lui seul il ne peut résoudre le problème de la fermeture des espaces pastoraux. Il doit être intégré dans un programme d'action englobant le pâturage.

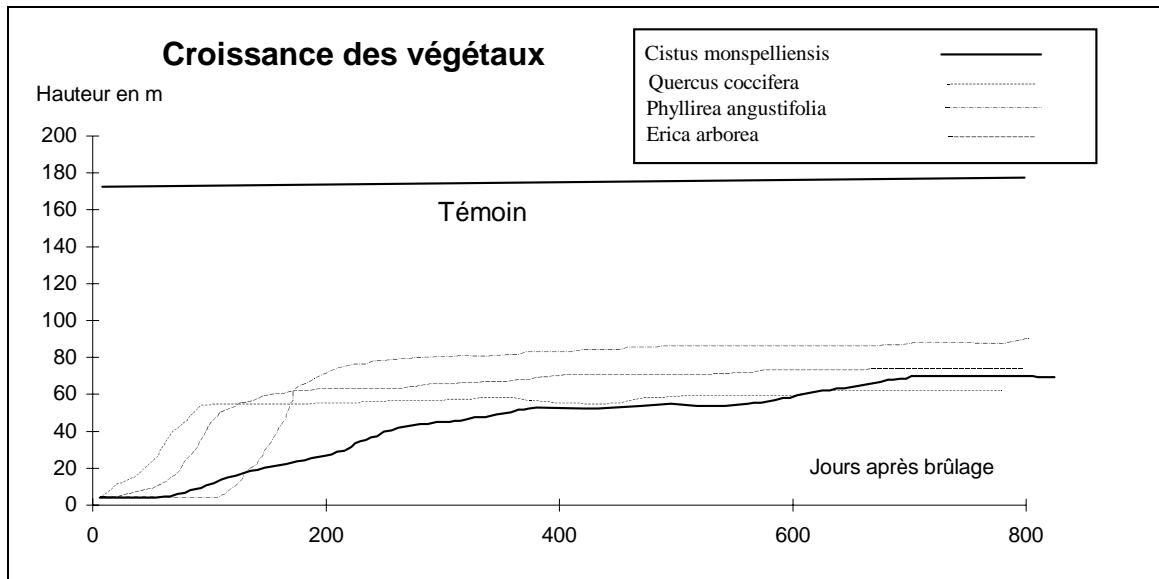
MBC01-EFFETS SUR LA FLORE : VITESSE DE CROISSANCE DES PLANTES LIGNEUSE APRES BRULAGE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

La finalité de l'étude était de voir la vitesse de reconstitution du milieu des oiseaux.

Le suivi de la végétation s'est effectué sur 6 ans en commençant deux ans avant le brûlage. La méthode utilisée fut l'estimation du recouvrement relatif à l'intérieur de strates virtuelles d'après la procédure de Prodon et Lebreton (1981). L'estimation de la croissance en hauteur s'est faite par mesures sur 8 transects de 50*5 m.

Résultats bruts



Résultats obtenus sur les 800 jours succédant au brûlage.

Espèce	Croissance mensuelle
<i>Erica arborea</i>	2,5 à 2,9 cm
<i>Quercus coccifera</i>	1,7 à 2,6 cm
<i>Cistus montpelliensis</i>	2,2 cm
<i>Phyllirea angustifolia</i>	2,6 à 3,7 cm
<i>Quercus ilex</i>	3,1 cm
<i>Arbustus unedo</i>	3,2 cm

Discussion

Le brûlage stimule la croissance des végétaux, puisque les hauteurs ne bougent pas sur le témoin. La croissance pour les semis de cistes est linéaire, alors que pour les rejets on observe en général une période de 10 à 50 jours de latence, suivi d'une période de forte croissance qui s'atténue après 150 à 200 jours.

Conclusion

On observe une reconstitution rapide du milieu dont la dynamique est différente selon les espèces.

LGB02-EFFETS SUR LA FLORE : RECONSTITUTION DE LA STRATE BASSE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

L'observation globale de la parcelle, le prélèvement d'échantillons pour le calcul des biomasses, l'installation de lignes permanentes avec comptages répétés à intervalle de 4 à 6 semaines permettent de suivre l'évolution de la composition floristique, du recouvrement, de la hauteur moyenne, de la nature des repousses, et de la phytomasse.

Résultats bruts

Observation de la reprise des végétaux 2 à 3 mois après le brûlage :

	GOULIER			CIRCE		
Recouvrement	5-30%	40-80%		20-30%	40-80%	
Espèce	Régénération	2 mois	3 mois	Régénération	2 mois	4 mois
<i>Fraxinus excelsior</i>	Rejet	+	+			
<i>Pteridium aquilum</i>	repousse	0-80cm ++	1 à 1,5m +++	repousse	+++	+++
<i>Serathomnus scoparius</i>	Rejets	0	+	Semis	+	++
	Semis	0	+++	Rejet	+++	++
Ronces, Rosier, aubépine	Rejets	++	++			
Framboisier	Rejets	+++	+++			
<i>Urtica dioica</i>	Rejets	0	+++			
<i>Holcus mollis</i>	Rejets	++	+++			
<i>Agrostis tenuis</i>	Rejets	0	++			
<i>Brachypodium</i>	Landes	-	-			
	Pelouse	++	++			
Paturin	Rejets	0	++			
<i>Festuca rubra</i>	Rejets	-	-			
<i>rumex acet. silene infla.</i>	Effectif	+	+			
<i>Galium ap. Steleria hol.</i>	Effectif	-	-			
<i>Viola, polygala</i>	Effectif	+++	+++			
Géophytes	Effectif stable					

Aucune nouvelle espèce n'apparaît, aucune espèce ne disparaît.

Discussion

A Goulier

Les parties aériennes des épineux et des genêts sont entièrement détruites par le feu, mais les rejets sont vigoureux. La fougère repousse rapidement à partir des réserves dont elle dispose dans ses rhizomes. Cependant plusieurs auteurs révèlent que l'on peut épuiser ces réserves si on ramène les interpyres à 1 ou 2 ans. Les sarothamnes sont les ligneux les plus affectés par le brûlage, leur partie aérienne est entièrement détruite et leur reprise est faible. Cependant, des notations sur la germination montre que le brûlage a favorisé la levée des graines de cette espèce puisqu'on trouve 10 à 15 semis par dm². Le feu favorise au moins temporairement la pousse de l'herbe qui est libérée de la concurrence des ligneux et bénéficie d'une réduction importante de la couche de litière morte. Trois espèces indésirables sont favorisées par le feu *Rubus idaeus*, *Rubus caesius* et *Urtica dioica*.

Observations complémentaires sur d'autres formations après feux sauvages : La fougère semble toujours favorisée par le passage du feu. Les semis de sarothamnes sont favorisés. Les herbacées bénéficient généralement bien de ce phénomène.

Conclusion

Le feu entraîne une modification de l'organisation des espèces déjà présentes avant le brûlage. Il permet d'éviter une transformation des landes vers le taillis, et améliore considérablement les conditions d'expansion des graminées.

LGB03-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE DE VEGETATION ET VALEUR PASTORALE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Relevés floristiques « classiques » selon Braun et Blanquet, lignes permanentes et prélèvements périodiques de phytomasse en distinguant ligneux, herbacées et litière. Les relevés sont effectués deux à trois fois par an à la même période.

Relevés particuliers effectués que dans certains peuplements :

- densité et hauteur des crosses de fougère aigle,
- densité de semis et importance de la floraison des ligneux bas,
- cartographie sur les lignes permanentes dans les milieux hétérogènes.

C'est observations sont complétées par quelques informations prises sur des sites dont les conditions de brûlage ne sont pas connues.

Calcul de la valeur pastorale : adaptation de la valeur pastorale traditionnelle pour prendre en compte la présence de ligneux bas. L'auteur applique à la valeur pastorale un coefficient de recouvrement de la strate herbacée et un

coefficient d'accessibilité de ladite strate qui peut être couverte de fougères ou de ligneux denses et épineux. De plus l'appétence des jeunes pousses est prise en compte par l'amélioration des notes pour les jeunes pousses de certaines espèces comme les brachypodes et les molinies.

Résultats bruts

Impact sur les landes de basse et moyenne montagne :

Landes à genêt à balais et fougère aigle :

Sites : Goulier, Vic dessos, Ascou, Arbes, Les Angles.

- Réduction de la phytomasse et ouverture du milieu :

Peuplement	Vecteur du feu	Combustion	Réduction immédiate de phytomasse	Effet immédiat d'ouverture du milieu
Lande à fougère aigle	Fougère	bonne	23 - 90 %	Maintient de la lande à fougère
Lande à fougère aigle + genêt à balais	Fougère et/ou brachypode	possible si continuité de l'étage intermédiaire	20 - 50 %	Ouverture progressive des taches denses de genêt (6-12 mois après)
Lande genêt peu dense	absent	non combustible		
Lande genêt dense	genêt	incinération par taches nécessite conditions optimales	20 à 40 %	Ouverture progressive à partir de 6 à 12 mois après le feu.
Broussaille à Prunellier et aubépine	Fougère et/ou brachypode	Possible si vecteur feu suffisant	10 - 25 %	NON
Broussaille à Prunellier et aubépine	absent	non combustible		
Ronce et framboisier Densité faible ou moy.	Branche mortes foug. ou brachy.	Combustion possible Persistance taches non brûlées	0 - 40 %	Peuplement impénétrable peu attractif pour le bétail
Ronce et framboisier Densité forte	Brahypode + qq fougères	très bonne, peuplement très inflammable.	50 - 100 %	Maintient de la pelouse à brachypode.

- Impact sur la végétation du brûlage:

Dans les landes à genêt :

la fougère aigle s'étend. Augmentation de la densité de crosses (140 à 170 %), stimulation de la croissance.

L'essentiel de la régénération des genêts se fait par semis (seul 1 à 20 % des pieds rejettent) dont la densité varie de 30 à 400 semis par mètre carré, selon le recouvrement des graminées ou des fougères, alors que le nombre de semis est très faible avant brûlage. Cette stimulation est due à une levée de dormance que Terroga et al. (1992) situe entre 130 et 150° C. L'augmentation du nombre de semis est indépendante de la densité initiale et s'observe pendant plusieurs mois après le feu.

Pas d'apparition durable ni de disparition d'espèce.

Modification de l'abondance dominance de certains taxons. Les espèces vivaces avec rhizome sont favorisées comme par exemple *Rumex acetosella*, *Linaria repens*, *Teucrium scorodonia*, *Centaurea nigra*, *Clinopodium vulgare* et *Viola cornuta*. Ces modifications sont plus importantes dans les landes monospécifiques denses à *Cytisus scoparius* peu enherbées et moins dans les landes à fougère aigle.

Dans les landes à fougère aigle :

Les espèces favorisées sont *Potentilla erecta*, *Viola riviniana*, *Teucrium scorodonia* et *Verbascum lychnitis*.

Sont défavorisées par le brûlage : *Galium aparine* et *Stellaria graminea*.

- Valeur pastorale

Dans les landes à genêt deux ans après brûlage, le recouvrement herbacé est de 100% et l'accessibilité aux bovins est de 75%, mais les semis apparaissent. L'intérêt pastoral n'est donc augmenté que pour quelques années.

Dans les fougères aigle, trois ans après brûlage, le recouvrement herbacé est passé de 20 - 50 % à 30 - 70 % malgré la reconstitution rapide du couvert de fougères. Cependant l'intérêt pastoral de ces zones reste inférieur à leur valeur pastorale, car les animaux n'y vont pas.

- Successions végétales

Un témoin révèle que les formations de fougère aigles évoluent peu en 4 ou 5 ans, elles sont très stables.

Une lande à fougère et sarothamne met 100 ans avant de passer au stade forestier en milieu ouvert et de 20 à 40 ans dans un ancien bocage.

Dans ces zones, le brûlage dirigé est utile plus parce qu'il maintient le milieu ouvert que par l'amélioration pastorale qu'il engendre.

Un brûlage occasionnel favorise le genêt à balais, des feux fréquents favorisent la fougère aux dépens du genêt.

Les groupements à épineux :

- *Crataegus monogyna* : forte dépression les 4 ans qui suivent le brûlage
- *Prunus spinosa* : tendance à l'extension 4 ans après brûlage. Rejets vigoureux.

- *Rubus ideaus* : stimulée par le brûlage pendant plusieurs saisons selon l'intensité de la concurrence végétale.
- Pas de disparition d'espèces ni d'apparition durable.
- Valeur pastorale :

Pas d'amélioration dans les formations à aubépines et prunellier.

Dans les formations à ronce et framboisiers, l'accessibilité et les conditions de croissance des plantes fourragères sont améliorées. Selon la gestion appliquée après le brûlage, on peut obtenir un pré durable ou un nouveau roncier.

Les pelouses à brachypodes :

- Reconstitution intégrale des pelouse en quelques semaines sauf dans les landes avec fougères ou ligneux bas qui chauffent plus et nécessitent un été pour se reconstituer.
- La composition floristique est inchangée, pas d'apparition ni de disparition d'espèces.
- La valeur pastorale augmente après brûlage, car les jeunes pousses sont plus appétantes pendant un ou deux ans.
- dynamique et stabilité de la formation :

Les pelouses à brachypodes peuvent être considérées comme un pyroclimax. Le passage du feu avec une période de 3 à 5 ans est indispensable au maintien de ces formations et n'arrive jamais à éliminer totalement les ligneux (chêne, noisetier, genêt piquant) et les fougères d'accompagnement. En cas d'interpyre plus long, les pelouses se transforment en lande à callune, bruyère vagabonde, genêt occidental ou fruticée à chêne et noisetier.

Discussion

L'impact du brûlage sur la valeur pastorale dépend de l'abondance des espèces fourragères à l'état initial et de leur qualité pastorale, de la vitesse de régénération des ligneux par rejet de souche ou par germination qui dépend de leur aptitude spécifique et de leur âge, de la puissance du feu, de la présence d'espèces épineuses ou de fougère constituant une gène pour le bétail, de la saison de brûlage, des conditions météorologiques les années qui suivent le brûlage.

Conclusion

Le feu est un facteur stabilisant des zones de parcours. Il n'engendre ni appauvrissement de la flore ni apparition de durable de nouveaux éléments. Les formations brûlées en hiver se reconstituent en général à l'identique à moyen terme. Seule la lande à genévrier détruite par le feu peut-être remplacée par une lande à pelouse ou une lande basse à éricacées et la sarothonnaie où le feu peut entraîner l'élimination ou l'expansion du genêt.

Il n'y a pas de différence entre feu montant et feu descendant en terme de régénération.

Le feu améliore la valeur pastorale en favorisant l'extension et l'accès des espèces fourragères aux dépens des espèces ligneuses. Dans les landes à fougère et ajonc cette amélioration est fugace, mais le feu assure la pérennité de cette formation.

Le brûlage dirigé entraîne une diminution du risque d'incendie mais à lui seul il ne peut résoudre le problème de la fermeture des espaces pastoraux. Il doit être intégré dans un programme d'action englobant le pâturage.

LGB04-EFFETS SUR LA FLORE : QUANTITE ET QUALITE DU FOURRAGE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Le dispositif étudié est constitué de 4 placettes qui ont connu un brûlage plus ou moins ancien :

F1 : brûlée en 1988 soit 1 an avant l'étude.

F2 : brûlée en 1987 soit 2 ans avant l'étude.

F3 : brûlée en 1986 soit 3 ans avant l'étude.

F6 : brûlée en 1983 soit 6 ans avant l'étude.

Détermination de la quantité de fourrage par récolte sur des carrés de 1*1m des herbacées mesurant moins de 1,2m de hauteur.

Détermination de l'accroissement de la biomasse de broussaille par récolte des rejets et des pousses de l'année.

La qualité fourragère de tous ces éléments a été évaluée à quatre périodes de l'année : Avril, Juin, Août et Octobre 1989. Les échantillons analysés étaient regroupés de la manière suivante : les feuilles de chêne, les tiges et feuilles de *Cytisus scoparius*, les tiges et feuilles des autres broussailles, les plantes fourragères et les autres espèces herbacées. Pour chaque échantillon, la teneur en protéines brutes et la digestibilité ont été évaluées.

Résultats bruts

Composant fourrager (DM/ha)	Témoin	F1	F3
-----------------------------	--------	----	----

Feuilles de chêne	2.43	1.17*	2.21
<i>C. scoparius</i>	0.22	0.25	1.18*
Feuilles des autres espèces	0.07	0.22	0.24
Fourrages	0.45	0.89*	0.53
Autres herbacées	0.42	0.36	0.41

Les moyennes suivies d'une étoile sont significativement différentes du témoin.

Discussion

Les effets du brûlage sur trois ans sont :

Diminution de la quantité des feuilles de chêne

Augmentation de la quantité de fourrage juste après le brûlage

Augmentation des rejets de *C. scoparius*.

Ces effets s'estompent après trois ans.

La qualité fourragère varie plus significativement selon les espèces et la saison des relevés que selon la durée séparant l'analyse du brûlage. Ce constat s'applique aussi bien à la digestibilité qu'à la teneur en protéines brutes.

Cytisus scoparius peut être considérée comme l'espèce fourragère phare dans ce milieu, car elle rejette beaucoup et connaît une plus-value importante de sa digestibilité et de sa teneur protéique suite au brûlage dirigé.

Les feuilles de chêne et de brachypode sont d'un intérêt moyen. Les fétuques présentent les valeurs les plus faibles. On observe donc une légère mais significative baisse de la valeur nutritive après le passage du feu ce qui contredit les résultats d'autres auteurs observés dans d'autres milieux.

Conclusion

Le brûlage dans ce milieu engendre une faible diminution de la qualité nutritionnelle du fourrage, mais un changement significatif dans la répartition des espèces : un an après le feu, les herbes se sont fortement développées et trois ans après, on observe un fort enrichissement en *Cytisus scoparius* profitable aux troupeaux et au gibier.

LGB05-EFFETS SUR LA FLORE : STRATE BASSE ET VALEUR PASTORALE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Inventaire floristique selon la méthode dite classique de l'école zuricho-montpellieraine.

Lignes permanentes de 10m selon la méthode Camfield 1941, avec lecture des contacts tous les 10cm.

Calcul de la valeur pastorale en prenant en compte le recouvrement et l'accessibilité.

Discussion

Une stabilité de la richesse floristique :

Cas des landes fermées :

Dans la durée, le feu n'entraîne pas de modification notable de la composition floristique : la régénération de la végétation se fait à partir d'espèces déjà présentes à l'état initial. Ce résultat remarquable dans un milieu qui n'a connu aucune perturbation Depuis 50 ans peut être attribué à une flore banale, pauvre en espèce (30 à 35 espèces). Les rares disparitions observées dans les fréquences sont considérées comme étant des fluctuations naturelles ou des artefacts de comptage dus à une sous-représentation (*Pimpinella saxifraga*, *Conopodium majus*, *Narcissus poeticus*,...). Quelques espèces de sol nu apparaissent de manière fugitive et sont rares où totalement absentes trois ans après le brûlage.

Dans les landes à fougère aigle et genêt à balais régulièrement pâturées, les relevés floristiques sont plus riches (60 espèces) mais on constate la même stabilité floristique.

Des variations dans la diversité floristique :

L'abondance dominance de certains taxons peut changer au bénéfice d'espèces opportunistes ou à croissance rapide. Les plantes à rhizome sont favorisées temporairement, mais quatre ans après, les fréquences spécifiques retrouvent leurs valeurs initiales.

Les milieux les plus modifiés floristiquement par le feu sont les milieux les plus fermés au départ.

Impact indirect du feu :

Dans les landes à genêt :

L'accessibilité du milieu est accrue par la destruction des ligneux et des fougères. Le tapis herbacé se développe profitant d'une concurrence moindre. La valeur pastorale du site s'en trouve améliorée pendant quelques années. Si la pression pastorale est assez forte pour freiner la réinstallation du genêt, le bénéfice du brûlage peut perdurer.

Dans les landes à fougère :

L'accessibilité reste faible, le couvert se reconstituant rapidement après le passage du feu. Cependant la réduction de la quantité de litière est assez persistante puisque la phytomasse globale à Goulier 3 ans après brûlage est passée de 16-18 t.ha⁻¹ à 11-13,5 t.ha⁻¹. La strate herbacée bénéficie fortement de cette réduction de la concurrence son recouvrement passant de 20-50 % à 30-70%. Le bétail vient alors chercher les jeunes pousses très appetantes, même les espèces habituellement refusées pour la dureté de leurs feuilles sont broutées (Brachypode). Il y a donc augmentation de la valeur pastorale.

L'influence de l'utilisation pastorale sur la richesse spécifique des peuplements a été évidente sur toutes les parcelles étudiées. Un parcours très tôt après le brûlage dans ces landes entraîne une augmentation sensible du nombre d'espèces végétale, le troupeau étant vecteur de semences.

Conclusion

Le brûlage dirigé s'accompagne d'une stabilité floristique marquée sur tous les milieux et génère une augmentation de la valeur pastorale des milieux traités de manière plus ou moins durable selon la gestion appliquée par la suite.

LGC02-EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE APRES BRULAGE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Cartographie des différents faciès de végétation avec application d'un indice de recouvrement par strate.

Installation de 1 ou 2 transects de 5 à 10 m² dans chacun des faciès les plus représentés pour avoir les recouvrements et les phytovolumes. Ces dispositifs furent inspectés avant le feu puis tous les ans au mois de Juin.

Estimation de l'aboutissement dans les zones pâturées par comptages.

Estimations des semis quand nécessaire par comptage dans des carrés échantillons de 50*50cm² deux fois par an.

Estimation du couvert herbacé selon l'échelle, à l'œil, par comptage, et par la méthode des points quadrats.

Les itinéraires techniques de chaque site permettent des observations différentes:

Le Muy : comparaison de brûlage de printemps et d'automnE ;

La Ciotat : comparaison brûlage et débroussaillage (Incendie hivernal analogue à brûlage).

La roque d'anthéron : comparaison brûlage unique, brûlages successifs et débroussaillage.

Le castelard : Comparaison brûlage et broyat dans un pâturage.

Montpellier : Comparaison de la dynamique de deux milieux différents.

Prades : comparaison d'itinéraires techniques comprenant brûlage de printemps, brûlage d'automne et pâturage.

Résultats bruts

Un exemple de végétal à racine pivotante : le genêt cendré.

Evolution du genêt cendré à Castellard:

	Avant brûlage		Après 5 saisons		
	Recouvrement en %	Volume m3/ha	Recouvrement en %	Volume reconstitué en %	Hauteur en cm
Brûlage 1	59,0	4997	8,5	8	38,1
Brûlage 2	50,8	2899	17,4	30	37,9
Broyage marteau	66,9	3574	9,6	13	37,2

La croissance de ce genêt est relativement lente.

Pas de différence significative entre la reprise qui fait suite au débroussaillage ou au brûlage. La repousse est linéaire : $H = 7,19*a+1,73$ (H : hauteur, a : nombre de saisons de végétation après brûlage)

Discussion

Le genêt cendré

La comparaison de la croissance du genêt cendré et du cytise triflore ne permet pas de dégager un modèle général sur la croissance après brûlage des espèces à racine pivotante

Le chêne kermes

L'intensité de la reprise est proportionnelle au volume initial, qui reflète la quantité de réserves effectuées. Ce phénomène serait accentué par la plus grande activité photosynthétique des feuilles jeunes.

C'est la première fois qu'est mis en évidence l'effet stimulateur de l'accompagnement ligneux après brûlage pour cette espèce.

La comparaison avec le débroussaillage n'est valable que pour les feux de printemps, car MALASON et TRABAUD démontrent qu'un feu d'automne qui détruit les parties aériennes avant que les réserves n'aient fini de migrer vers les racines donne des vitesses de reconstitution plus lentes qu'un feu de printemps.

Les bruyères

La bruyère arborescente au Muy : La repousse est faible. 4 à 5 saisons après débroussaillement le recouvrement ne représente que 10% de l'état initial. On note cependant une repousse plus importante après le brûlage qu'après celui d'octobre. Trois explications peuvent être avancées : une saison de végétation plus longue après brûlage, une météo après brûlage plus favorable, un stade phénologique différent traduisant des différences physiologiques.

Leur repousse est gênée par le tapis herbacé dès que son recouvrement dépasse 10%, d'où l'intérêt des sursemis après brûlage.

Le brûlage entraîne une repousse moindre que le débroussaillement mécanique, mais ce résultat doit être confirmé, car il est inverse pour la bruyère multiflore à la Ciotat après l'incendie hivernal.

L'auteur calcule deux modèles de croissance qui ne sont pas reportés, car ils semblent très affectés par les conditions de brûlage. On observe donc une forte disparité dans la réaction de cette espèce selon l'intensité de la perturbation feu.

Les cistes

Au Muy, leur dynamique est la suivante : très forte germination sur toute la surface parcourue par le feu (800 semis par ha), puis diminution lente et régulière de la densité moyenne. Cependant, après 2 ou 3 ans, la densité reste beaucoup plus forte que dans la cistaie adulte.

Le tapis herbacé joue un rôle dépressif sur la densité et un rôle stimulant sur la croissance en hauteur des plantules. Les phytovolumes 5 saisons après brûlage représentent 30% de l'état initial. L'écosystème tend à s'homogénéiser vers une cistaie continue à l'état adulte.

Conclusion :

La germination est favorisée par le feu (3 à 5 fois plus qu'avant brûlage) et pour une durée d'au moins 12 saisons. La seule exception est le cas d'une parcelle ayant subit un incendie 18 mois après brûlage, avant que les cistes présents n'aient plus refleurir.

En tenant compte des variations saisonnières, la densité de semis après brûlage est la même dans des milieux aussi différents que le Muy et Prades avec un cycle annuel semblable.

Conclusion

Les espèces à réserve reconstituent une végétation à l'identique après le feu, et peuvent même contribuer à l'homogénéisation du milieu comme dans le cas du Chêne kermès. Les cistes s'étendent par la présence de leurs graines qui bénéficient de l'ouverture et de la scarification générées par le feu. Cette banque de semences peut rester en dormance pendant de très longue période dans le sol en attendant des conditions favorables (44 ans pour le ciste cotonneux).

LGP02-EFFETS SUR LA FLORE : COMPOSITION ET BIOMASSE DE LA FORMATION VEGETALE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

3 parcelles expérimentales sont identifiées en fonction de leur histoire respective :

- Incendie en 1994
- Gestion : brûlage pastoral non contrôlé en 1980, suivi de trois brûlages dirigés en 1990, 1995 et 1996.
- Témoin : pas d'intervention Depuis 1950

Des transects permanents par bandes de 20*0,5 m sont utilisés pour évaluer le recouvrement ainsi que les phytovolumes de chaque espèce, et la quantité de matière morte.

Résultats bruts

Indicateurs	F	Niveau de signification	Témoin	Gestion	Incendie
Phytovolume	10.21	*	13348a	850b	835b
Recouvrement en Cytisus purgans	75.78	***	64.7a	10.7b	12.0b
Recouvrement herbacé	17.55	**	51.3b	88.3a	34.3b
Richesse floristique	4.74	*	49.0ab	55.7a	41.3b
Indice de dominance	28.63	**	0.91a	0.46b	0.39b
Indice de diversité	6.10	*	1.8b	2.5a	2.1 ab
Epaisseur moyenne de la litière	5.26	*	14.9a	2.0b	0.0b
Valeur pastorale	26.94	**	23.0b	49.3a	5.2c
Recouvrement du sol nu	83.76	***	1.0b	5.3b	43.0a

Discussion

La perturbation incendie semble avoir un effet dépresseur sur la dynamique de repousse plus fort que trois brûlages dirigés consécutifs.

C'est le témoin qui présente une plus grande hétérogénéité structurale due à son stade présylvatique associé à la fréquentation occasionnelle des animaux sauvages et domestiques. Debusche (1978) a décrit trois phases dans l'évolution des formations à genêt purgatif après le passage du feu : pendant 8 à 10 ans une période d'extension rapide, puis 8 à 10 années de statu quo suivies d'une période de régression par étiollement et bris des rejets dans laquelle serait le témoin actuellement.

L'étude des phytovolumes arbustifs et herbacés démontre l'efficacité du brûlage dirigé qui engendre des volumes 15 fois moins importants que sur la parcelle témoin, réduisant d'autant le risque d'incendie.

Le brûlage dirigé atténue la dominance de *Cytisus purgans* favorisant ainsi l'expansion de la strate herbacée et l'augmentation de la richesse floristique de manière significative (d'après l'indice de diversité de Shannon).

Les brûlages successifs améliorent la valeur pastorale du milieu alors que l'incendie ne la fait pas évoluer.

Trois ans après son passage, l'incendie laisse encore 40% de sol mis à nu alors que la zone brûlée est analogue au témoin, c'est-à-dire entièrement végétalisée. Le pourcentage de sol nu est donc un bon indicateur de la sévérité du feu.

Conclusion

Cette étude en plus d'illustrer l'efficacité du brûlage dirigé dans son rôle DFCI a permis d'identifier deux indicateurs intéressants de l'évolution de ce type de milieu :

- la valeur pastorale : pour évaluer l'adéquation entre les potentialités du milieu et les objectifs de gestion qui lui sont assignés ;
- le pourcentage de sol nu : pour caractériser le risque d'érosion du sol et les pertes de fertilité induite.

Il est démontré aussi que la gestion la plus adaptée au double objectif de gestion pastorale et de prévention active des incendies passe par des séquences techniques combinant brûlages dirigés périodiques et pâturage.

La non-intervention conduit progressivement à l'embroussaillement du milieu, un arrêt progressif de toute pratique pastorale, une homogénéisation structurelle du milieu, une diminution de la diversité floristique et une augmentation de la combustibilité.

L'incendie constitue un scénario catastrophe tant du point de vue écologique que pastoral. Trois ans après cette perturbation, 45% du sol est à nu, la diversité floristique n'est pas complètement rétablie et l'appétence du milieu est nulle.

DIV03-EFFETS SUR LA FLORE : STRATES BASSES

Discussion

Qualité

ARMOUR et al. ont démontré que le brûlage entraîne des variations dans la composition floristique du sous-bois, ainsi que BOCK et BOCK (1984) qui observent pendant deux ans la diminution de la densité de *Ribes sp.* alors que l'amélanchier et l'amorpha continuent leur extension.

WHITE et al. (1991), ont démontré que le feu affecte la phénologie de *Festuca arizonica* et *Mulhembergia montana*. KALABOKIDIS et WAKIMODO ont conclu à une augmentation de la richesse floristique suite à un brûlage dans le Pin ponderosa et le douglas.

Quantité

Le feu engendre une diminution de la masse de litière et de végétation qui peut être quantifiée et modélisée de différente façon selon les auteurs.

Conclusion

Une diminution de la biomasse aux conséquences floristiques variables.

DIV04-EFFETS SUR LA FLORE : STRATES BASSES

Discussion

Succession végétale et reconstitution :

Reconstitution rapide de la végétation (24 à 50% de phytomasse en deux ans)

Sur le dispositif "Artigues A", présenté comme étant à dominante herbacé, les fougères ont fait preuve d'une croissance très forte la première année grâce à leurs rhizomes, ce n'est que dans un deuxième temps que l'herbe a repris son statut dominant.

La plupart des espèces ligneuses voient leur croissance accentuée par le brûlage dirigé.

Ex : *Quercus pubescens* a produit des rejets 4 fois plus hauts qu'avant le feu.
Quercus coccifera retrouve son volume initial après seulement deux saisons et le dépasse à la troisième saison de végétation.

Comparaison avec le débroussaillage mécanique :

Deux mois après le débroussaillage, la végétation est plus étendue sur la zone débroussaillée que sur la zone brûlée (68% contre 48 et 50 %), dans les zones à dominante herbacée. La végétation herbacée est moins affectée par le débroussaillage que par le brûlage et inversement pour les espèces ligneuses.

Comparaison avec un incendie :

La structure de la forêt est complètement modifiée par un incendie. Deux ans après, la végétation qui occupait à l'origine 100% de la surface n'en recouvre plus que 67%. La phase de recolonisation fait appel à des espèces pionnières, non présentes à l'origine.

Conclusion

Le brûlage dirigé ne perturbe la composition floristique que pendant très peu de temps. Le brûlage dirigé ne concerne que les strates basses et une partie de la litière contrairement à l'incendie qui affecte tout le système forestier y compris le sol.

DIV07-EFFETS SUR LA FLORE : STRATE BASSE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Inventaires floristiques.

Lignes de lecture permanentes.

Transects permanents.

Suivi dendrométrique et phénologique des arbres.

Discussion

Réduction du combustible :

Le brûlage dirigé est la seule technique capable de réduire de façon durable la litière et l'ensemble de la couverture morte contrairement au débroussaillage manuel et aux traitements phytocides. La part de la litière détruite et est directement liée à l'intensité du feu qui dépend de l'humidité du combustible lors du brûlage.

Reconstitution de la couverture morte :

Pour le dispositif de la Roque d'Anthéron, le phytovolume de litière n'est complètement reconstitué qu'au bout de cinq saisons de végétation.

A Mazangue on observe trois cas de figure selon l'intensité de la défoliation qui fait suite au brûlage :

après un brûlage de faible intensité engendrant une faible destruction de la litière sa reconstitution prend 3 ans ;

après un brûlage de forte intensité engendrant peu de défoliation la reconstitution de la moitié de la nécromasse initiale prend 3 ans ;

après un brûlage de forte intensité engendrant une forte défoliation, la reconstitution de la nécromasse initiale demande 2 ans.

Reprise de la strate basse :

A la roque d'Anthéron : en 3 ans, on obtient 100% du phytovolume et 75% de la masse initiale.

A Artigues : reconstitution de la masse en 1 an.

A Ollièvre : la forte intensité du brûlage se traduit par une reconstitution de 60% du phytovolume en 3 ans.

Confirmation que la strate herbacée a une reprise plus rapide que la strate arbustive. Le brachypode penné et le brome érigé ont une dynamique de réponse plus forte que le brachypode rameux et la fétuque ovine. Les herbacées donnent lieu à des pousses plus vertes après brûlage qu'après débroussaillage.

Le chêne kermès a une croissance stimulée par le brûlage.

Effet de plusieurs brûlages successifs :

A Artigues : le fait de faire 2 ou 3 brûlages successifs ne semble pas avoir des effets particuliers.

A la Roque : 3 ans après 2 brûlages dirigés, 75% de la biomasse est reconstituée. Les parcelles qui ont subi deux brûlages présentent des phytomasses plus importantes que celles ayant subi un seul brûlage.

Conclusion

Cette synthèse préliminaire confirme une grande efficacité du brûlage pour la réduction de la nécromasse, et donc de son intérêt DFCI.

APA01-EFFETS SUR LE SOL : ACTIVITE BIOLOGIQUE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

L'évaluation de la biomasse microbienne s'est faite par la méthode JENKINSON et POWLSON (1976) adaptée au terrain par CHAUSSOD et NICOLARDOT (1982) sur des prélèvements à la surface du sol à une profondeur de 0-2 cm et 2-10 cm en zone brûlée et en zone témoin sur les sites de Montpellier et de La Ciotat

Résultats bruts

Sur le site de Montpellier

mg de C pour 100 g de terre sèche

Date	0-2 cm		2-10 cm	
	Témoin	Brûlé	Témoin	Brûlé
30/03/88	222	234	93	111
31/3/98		295		129
11/4/88	300	373*	140	189
19/4/98	180	343*	65	146*
2/5/88	68	29	59	86
16/5/88	287	250	191	216
30/5/88	188	187	158	209*
13/6/88	159	217*	137	140
27/6/88	196	193	118	141
25/7/88	197	233*	119	145
5/9/88	165	148	171	117*
17/10/88	241	341*	109	176*
28/11/88	180	106	167	139

* : significativement différent du témoin

La chute des effectifs correspond à une pluie de début Mai.

Discussion

L'activité microbienne est responsable de la minéralisation de l'azote. L'évolution de ces populations donne une idée sur l'intensité de ce processus après brûlage.

Le brûlage dirigé de Montpellier peut être interprété comme doux. Il engendre une faible mortalité dans la population microbienne accompagnée d'une augmentation des nutriments et de matière organique dans le sol. Cette double action se traduit par une augmentation de la faune microbienne dans le sol pendant deux mois.

L'incendie de la Ciotat a engendré une stérilisation de la surface du sol. La reconstitution de la population microbienne a pris un mois. S'en est suivi une période de six mois où elle a largement bénéficié des nutriments et de la matière organique.

Conclusion

Le brûlage engendre toujours un accroissement de la population microbienne dans les mois qui suivent son passage. La durée et les modalités de cet accroissement varient selon l'intensité du feu et le milieu.

APA01-EFFETS SUR LE SOL : MINERALISATION DE L'AZOTE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Dosage de l'azote ammoniacal, nitrique et total sur les zones brûlées et sur un témoin à des profondeurs de sol 0-2 cm et 2-10 cm sur les sites expérimentaux de Montpellier et la Ciotat.

Résultats bruts

mg pour 100 g de terre sèche

Date	N-NH ₄		N-NO ₃		% minéral	
	Témoin	Brûlé	Témoin	Brûlé	Témoin	Brûlé
Montpellier 0-2 cm						
30/3/88	3,3	3,5	0,50	0,40	0,14	0,09
31/3/88		15,1*		0,15		0,31
16/5/88	4,3	12,1*	1,40	7,30*	0,21	0,37
27/6/88	2,6	6,5*	0,27	5,10*	0,13	0,34
5/9/88	8,3	10,2	1,5	5,71*	0,26	0,28
Montpellier 2-10 cm						
30/3/88	0,8	1,2	0,50	0,20	0,07	0,05
31/3/88		1,6		0,00		0,07
16/5/88	2,7	4,6*	0,59	2,10*	0,16	0,26
27/6/88	2,5	3,9*	0,14	0,77*	0,15	0,23
5/9/88	8,4	8,5	0,64	1,84*	0,45	0,41
La Ciotat 0-2 cm						
3/3/88	0.24	0.16	0.12	0.07	0.11	0.27
27/4/88	0.28	0.41	0.12	0.13	0.19	0.20
20/6/88	0.20	0.26	0.07	0.13	0.14	0.13
18/8/88	3.36	3.77	0.40	0.54	0.27	1.30
12/10/88	2.27	3.92	0.06	0.23	0.91	2.32
6/12/88	0.58	1.34	0.41	0.85	0.31	0.73
31/01/89	0.73	0.80	0.50	0.44	0.48	0.42

* : valeurs significativement différentes du témoin.

Discussion

A la Ciotat, les teneurs en azote sont partout très faibles 20 jours après le passage du feu. Puis, elles augmentent l'été pour revenir à la normale l'hiver suivant. Il est probable que dans ce cas, tout l'azote de la matière organique s'est volatilisé compte tenu de la forte intensité du feu.

A Montpellier, le passage du feu a apporté immédiatement des cendres avec de l'azote minéral ou facilement minéralisable au sol qui apparaît d'abord sous forme ammoniacale, puis sous forme nitrique. Cette augmentation d'azote minéral s'est maintenue ensuite pendant 4 ou 5 mois.

Conclusion

Selon l'intensité des feux, on peut avoir une augmentation immédiate de la teneur en azote et de l'activité microbienne, ou non apport immédiat et stérilisation du sol nécessitant quelques mois avant l'incorporation de l'azote. Dans tous les cas, le brûlage s'accompagne d'une augmentation de l'activité microbienne puis des teneurs en azote mobilisable, l'intensité n'influe que sur les délais.

APA01-EFFETS SUR LE SOL : DECOMPOSITION DE LA LITIERE APRES LES FEUX.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

De la litière de pin a été déposée sur une parcelle après brûlage et sur un témoin. Une enceinte de protection permettant la respiration était disposée de manière à éviter toute pollution des échantillons pesés et mesurés par des aiguilles extérieures au dispositif.

Résultats bruts

L'expérience a donné des résultats très peu significatifs, contradictoires selon les sites.

Conclusion

Les répercussions à long terme du feu sur la décomposition des nouvelles litières qui se déposent sur le sol n'apparaissent pas clairement dans les milieux étudiés ici.

APA02-EFFETS SUR LE SOL : PERTES DE NUTRIMENTS.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Mesure de la quantité de combustible brûlé

Evaluation de la biomasse de litière :

La première étape fut le prélèvement en 25 points de la litière, la pesée, et la remise en place immédiate des échantillons in situ à l'intérieur de barquettes aluminium. 5 échantillons sont utilisés pour l'évaluation de la teneur en eau de la litière avant brûlage. Les 20 barquettes restantes sont prélevées immédiatement après brûlage, séchées et analysées.

Estimation de la biomasse de chêne kermès : en mesurant la densité des tiges et la hauteur des brins de chêne kermès, la formule de Landreau (1988) permet de déduire la biomasse avant brûlage. L'estimation de la biomasse après brûlage s'est faite par récolte de tout le combustible restant.

Estimation de la biomasse herbacée: L'herbe étant peu abondante, sa biomasse a été évaluée avant brûlage en tondant une zone de $0,1 \times 10$ m. Toute cette strate a été détruite par le feu.

Mesure de la composition chimique du combustible

Tous les échantillons prélevés avant ou après le brûlage on subit la même analyse : évaluation des teneurs en K, et Ca par spectrophotométrie au lantane, P et ammoniaque par colorimétrie et de N total par minéralisation selon la procédure de Kjedhal.

Résultats bruts

Strate arbustive		Poids	N	P	K	Ca
avant brûlage	feuilles	208	1.97	0.094	0.43	1.98
	bois	122	0.63	0.043	0.50	1.34
	herbe	67	0.59	0.027	0.25	0.17
	Total	397	3.19	0.164	1.18	3.49
après brûlage	Bois	48	0.23	0.016	0.19	0.66
	Déficiences	-349	-2.96	-0.148	-0.99	-2.82
Litière						
avant brûlage		482	3.94	0.111	0.39	8.32
		154	1.38	0.163	0.52	11.08
	Déficiences	-328	-2.56	+0.052	+0.14	+2.76
Total						
après brûlage		879	7.13	0.275	1.56	11.80
		202	1.61	0.179	0.71	11.74
	pertes g.m-2	677	5.52	0.096	0.85	0.06
pertes %		77	77	35	54	1

77% de l'azote a brûlé, ceci correspond à la part de biomasse perdue, il s'est donc volatilisé en totalité. Les teneurs de P, K et Ca augmentent dans la litière avec le pourcentage de combustible perdu, ce qui confirme qu'une grande partie revient au sol sous forme de cendres.

Discussion

Il y a redistribution des nutriments contenus dans les plantes brûlées vers le sol.

Seule la concentration de N dans la litière ne change pas avant et après le feu ce qui confirme que tout l'azote du combustible brûlé s'est volatilisé. Même avec un feu de faible intensité, on a 55 kg.ha^{-1} d'azote qui se volatilise.

On retrouve un résultat connu qui est la non exportation de Ca lors d'un brûlage, sauf sous la forme de cendres fines qui s'envole lorsqu'il y a du vent (ce qui n'était pas le cas).

Lorsque plus de 80% de la masse de litière est brûlée, il y a augmentation de la concentration en P, K, et Ca, sinon la balance est négative. Le fait que dans la majorité des barquettes, la part de litière consommée est proche de 80% explique la stabilité des teneurs en calcium.

Conclusion

Le brûlage dirigé de cette expérience se traduit par une stabilisation de la teneur en N, et une augmentation des teneurs en Ca, P et K de la litière. La perte en valeur absolue de nutriments pour le système est évaluée à 5,1 t/ha pour la paille et 5,5 t/ha pour le N (77% de l'énergie dans la paille).

7t.ha⁻¹ de combustible représentant 55 kg.ha⁻¹ de N (77% des éléments du combustible)

8,5 kg.ha⁻¹ de K (54% des éléments du combustible)

1 kg.ha⁻¹ de P (35% des éléments du combustible)

Le brûlage modifie donc la répartition des nutriments dans l'écosystème et enrichi la litière.

APA03-EFFETS SUR LE SOL : EVOLUTION DE LA TENEUR EN MO, N ET P

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Récoltes d'échantillons de sol sur des carrés de 25*25 cm pour récupérer la matière organique de surface (litière, cendres, humus) avec 5 mm de sol non organique.

Mesure des teneurs en N, C et P dans les échantillons de plantes et de litière par spectroscopie (NIRS).

Les échantillons sont prélevés dans les 4 modalités croisant une feu montant un feu descendant dans une zone autrement débroussaillée et élaguée où la strate basse atteint 40 cm de haut et une zone naturelle (80cm).

Résultats bruts

Après le brûlage, pas de différence entre le peuplement entretenu et le peuplement naturel sauf pour le feu descendant dans le peuplement « débroussaillé » : La teneur en matière organique baisse et les teneurs en N et P augmentent, ce qui se traduit par l'augmentation des ratios C/N et C/P.

L'hétérogénéité de la répartition de la matière organique dans les peuplements naturels ne permet pas la validation statistique de la baisse de 30% de MO observée alors que dans les peuplements débroussaillés, la chute de 50% des teneurs en matière organique est significative.

Les teneurs en N et P augmentent pendant les trois mois qui suivent le brûlage dans les peuplements naturels alors qu'elles restent inférieures au témoin dans la zone débroussaillée.

Après le passage du feu, dans le peuplement naturel, la quantité de matière organique augmente avec la chute massive d'aiguilles atteignant en Mai les mêmes valeurs que sur le témoin mais restant en dessous ensuite.

Dans la partie brûlée et débroussaillée la quantité de matière organique est toujours inférieure et en général plus faible lors d'un feu à la recule que lors d'un feu montant.

Les variations de concentration en N et P suivent la même évolution la matière organique. Les concentrations deviennent inférieures à celles du témoin après trois mois dans un peuplement naturel et le sont tout le temps dans le peuplement entretenu.

Conclusion

Peu d'influence de la technique de brûlage sur les indicateurs étudiés malgré des intensités de feu très différentes. L'intensité n'est donc pas un bon indicateur de la sévérité du feu.

Une très forte influence de la gestion préalable au brûlage sur les teneurs du milieu en nutriments dans le sol et dans les feuilles. Les feux d'ouverture n'ont pas de conséquence à court terme contrairement aux feux d'entretien. Cette influence peut s'expliquer par une modification de la structure horizontale et verticale de la végétation qui peut favoriser plus ou moins l'assèchement des végétaux et de la litière ainsi que modifier les paramètres de propagation du feu.

L'augmentation des nutriments disponibles dans le sol pour les végétaux ne doit pas occulter une perte une perte globale pour l'écosystème notamment à travers l'azote volatilisé. Se pose alors des questions de fond, les ligneux bas ne bénéficient-ils pas plus de l'apport engendré par le brûlage que les arbres et quelles sont les conséquences sur le long terme d'une telle pratique ?

APP01-EFFETS SUR LE SOL : ELEMENTS SOLUBLES APPORTES PAR LES CENDRES

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Des dosages ont été effectués sur des prélèvements de sol effectués au Muy après percolation.

Résultats bruts

Quantités totales en g.10 ⁻⁶ /g	K	Ca	Mg	Nmin.
MILIEU CISTE				
Avant feu	61,4a	108,9a	21,7a	5,3
Juste après feu	100,5b	276,0b	57,9b	21,7
15j après feu	42,2c	105,9a	15,9a	8,0
MILIEU BRUYERE				
Avant feu	54,2a	104,8a	20,4a	15,3
Juste après feu	94,5b	293,5b	69,5b	11,6
15j après feu	78,7b	288,7b	54,4b	5,7

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Discussion

Même s'il y a globalement une perte en nutriment pour l'ensemble du système, le sol est immédiatement enrichi par l'apport de cendres provenant de la combustion de la litière et de la végétation. Dans ces cendres on retrouve une grande partie du K, du Ca et du Mg de la matière organique brûlée, sous forme minérale soluble ou facilement minéralisable.

L'azote se volatilisant à faible température, seule une faible part en revient au sol. Selon l'intensité du feu il peut donc se produire soit un appauvrissement en azote du sol, soit un apport d'azote minéral ou facilement minéralisable au sol.

La couche de cendres fertilisantes est très vulnérable à l'érosion. Elle peut être en partie incorporée au sol dans les milieux protégés par la végétation restante, mais elle peut également être complètement exportée dès les premières pluies dans les milieux où le sol est exposé.

Conclusion

Le brûlage dirigé génère une bonne fertilisation dans le cas des feux de faible intensité mais cet enrichissement est très sensible aux phénomènes d'érosion.

APM02-EFFETS SUR LE SOL : CHIMIE ET MESOFAUNE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Non précisé

Discussion

Diminution de la matière organique, accompagnée d'une baisse des paramètres chimiques associés : K disponible, Capacité d'échange cationique, et cations échangeables Mg, K et Na, ce qui se traduit par une augmentation du Ph. Les teneurs en calcium sont augmentées. Les teneurs en azote et phosphore ne sont pas altérées de manière significative par le feu.

La mésafaune est mise à mal par le feu. Par exemple la reconstitution de la population de collemboles prend trois ans, alors que d'autres espèces exigent la reconstitution complète d'une couche de matière organique pour se développer à nouveau.

APM03-EFFETS SUR LE SOL : PERTES EN LITIERE ET EN NUTRIMENTS.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

L'objectif est de quantifier le rôle de l'humidité, de la charge et de la qualité de la litière sur la combustion et les pertes de nutriments.

81 feux ont été réalisés sur un banc thermique de 1,7*0,6*0,3 m avec de la litière de *Pinus pinaster*.

2 niveaux de charge ont été étudiés : 8 t.ha⁻¹ et 16 t.ha⁻¹ avec un taux de compression respectif de 0,040 et 0,066 correspondant à une spécificité calorifique de 19900 kJ.kg⁻¹ et 19600 kJ.kg⁻¹.

4 taux d'humidité de la litière : 6, 12, 24 et 30%.

Sur chaque feu est mesurée la vitesse de propagation, la hauteur de flamme, le pourcentage de litière brûlée, la température maximale à 25cm, la durée d'élévation de température (>60°C) dans la litière et les pertes en nutriments (par chromatographie). L'intensité du front de flamme est calculé d'après la formule de Byram (1959).

Résultats bruts

Paramètres du feu	Effet charge		Effet humidité	
	8 t.ha ⁻¹	16 t.ha ⁻¹	6%	30%
Vitesse de propagation en cm.s ⁻¹	0,26	0,19	0,26	0,07
Hauteur de flamme en cm	63	73	63	16
T _{max} 25 cm en °C	290	570	290	120
T _{max} 0 cm en °C	620	640	650	500
durée litière >60°C en mn	2,2	4,9	2,1	1,5
% de litière brûlée	96	94	96	90

Concentrations (%) en éléments avant et après le feu pour une litière d'aiguilles de *Pinus pinaster* à 8t.ha⁻¹:

Elément	C	N	S	Mg	K	P	Ca
Avant	50,20 (0,04)	0,809 (0,011)	0,350 (0,008)	0,218 (0,003)	0,063 (0,002)	0,041 (0,001)	1,146 (0,012)
Après	24,92 (1,11)	0,649 (0,026)	0,731 (0,021)	2,574 (0,151)	0,837 (0,048)	0,528 (0,035)	16,75 (1,16)

Corrélation des pertes avec la part de litière brûlée	0,95	0,81	0,34	0,47	0,25ns	0,00ns
-------------------------------------------------------	------	------	------	------	--------	--------

(°) : erreur standard ; ns : non significatif

90 à 95 % de N et P contenus dans le combustible sont perdus pour le système. Pour les autres éléments, les pertes ne représentent que 5 à 35% : les pertes sont toujours significativement plus faibles dans les feux à 16 t.ha⁻¹ que ceux à 8 t.ha⁻¹. Par contre, l'humidité relative engendre peu de différence significative sur les pertes sauf pour K où elles sont moindre avec une humidité de 24% et N et S qui baissent avec une humidité de 30%.

Discussion

On admet généralement les températures de volatilisation suivantes :

C	N	P _{org}	P _{min}	Mg	Ca
200	200	300	750	1100	1400

Le calcium étant peu volatile, il peut servir de référence pour calculer la quantité de cendres perdues par convection selon les condition de brûlage. On constate alors que les pertes en N et S se font essentiellement par volatilisation indépendamment de la part de combustible brûlé. Pour Mg, K et P, 6 à 12 % des pertes se font par transport de particules, phénomène qui est indépendant de la part de litière brûlée, contrairement à la volatilisation qui augmente avec le pourcentage de litière brûlée.

Le fait que l'intensité et la vitesse du front de flamme diminuent alors que la charge augmente peut être imputé à la densité plus élevée de la litière engendrant une oxygénation déficiente. L'humidité ralentie le feu car l'eau doit être évaporée avant l'ignition de chaque élément, et abaisse légèrement (2 à 6%) le taux de combustible brûlé.

Cette expérience confirme que les températures maximales au niveau du sol varient peu selon la charge en combustible ou l'humidité à l'exception d'une humidité de 30% qui est proche du seuil d'allumage fixé à 35% par Gill et al. (1978) pour le brûlage.

Le taux de combustion, même s'il varie peu, décroît significativement avec l'augmentation de charge (et de densité) de combustible et de son humidité. Par contre, la charge de combustible et l'humidité influent fortement sur la hauteur de flamme, et donc la température transmise aux strates hautes de la végétation et la température d'échauffement du sol avec toutes les conséquences engendrées sur l'horizon de surface.

Les pertes de nutriments décroissent de manière significative avec l'augmentation de la charge en litière, ainsi qu'avec une humidité de 30%. En abaissant la part de combustible brûlé l'augmentation de l'humidité réduit les pertes en azote, soufre et potassium. Les pertes gazeuses représentent l'essentiel du déficit pour le magnésium (10 à 25% du magnésium du combustible), potassium (25%) et phosphore (10%).

Conclusion

Le pourcentage de combustible brûlé semble déterminer les pertes par volatilisation et est plus lié au taux d'humidité qu'à la charge de combustible.

APM05-EFFETS SUR LE SOL : COMPOSITION CHIMIQUE ET MESOFAUNE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Prélèvement trimestriel de sol sur les dix premiers centimètres pendant trois ans. Séparation de la mésofaune en trois groupes selon la méthode Berlèse modifiée Tullgren.

Analyse standard de C organique, PH, N, P et K total, Ca, Mg, K, Na échangeables.

Résultats bruts

Composition du sol :

- Matière organique : fortes variation saisonnières de la matière organique, mais baisse significative après brûlage de 14,9 à 13,5%. Apparemment, les apports de cendres ne compensent pas les pertes.

- PH : le PH augmente de manière non significative par l'apport de cendres basiques après le brûlage de 4,31 à 4,42, car [Ca] augmente, et la teneur en MO baisse.

- Azote : Pas de changement significatif.

Une grande partie est volatilisée par la chaleur, l'autre suite à un échauffement moindre peut être convertie en ammoniaque et retenue dans l'humus. On vérifie donc que N_{total} est plus faible (0,43 au lieu de 0,45%) après brûlage et diminue de la deuxième à la sixième année suivante. L'auteur suppose que l'azote minéral est stable ou augmente dans même temps.

- Phosphore : légère augmentation non significative après brûlage.

- Potassium disponible : changements faibles et non significatifs : légère hausse puis légère baisse.

- Capacité d'échange cationique : elle change peu dans le cadre de ces brûlages peu sévères (témoin 32,1 et brûlé 30,8). Le fait que les variations saisonnières de cations suivent les variations saisonnières de la teneur en MO confirme que les colloïdes en assurent l'essentiel de la rétention. Les pertes de cations sont faibles et même négatives pour le calcium.

	Ca	Mg	K	Na
brûlé	0.67	0.53	0.19	0.13
témoin	0.57	0.54	0.20	0.14

Mésafaune du sol :

L'importance des populations est liée à la teneur en matière organique. Les variations saisonnières sont très importantes et avec des maximums en hiver et au printemps, probablement est-ce du à une humidité relative plus favorable.

Les colemboles voient leur population baisser puis monter pour dépasser le niveau initial la 3^{ème} année suivant le brûlage.

Les oribates : baisse significative de 24,9 à 15,9 insectes par échantillon et pas de retour à l'état initial 4 à 6 ans après. (idem pour les mites).

Autres insectes : baisse de 3,68 à 2,86 avec début de reprise 4 à 6 ans après.

Toutes ces variations restent moins importantes que les variations saisonnières.

Conclusion

L'effet majeur du feu sur le sol est la baisse de la teneur en matière organique et des paramètres corrélés positivement que sont la population d'entomofaune, le K_{total}, la CEC, [Mg⁺],[K⁺],[Na⁺] ainsi qu'une hausse du PH. Les éléments les moins affectés sont K et N total dont les concentrations ne bougent pas.

L'entomofaune est affectée par le brûlage et ne commence à se reconstituer complètement que 4 à 6 ans après le brûlage. Cependant, les variations engendrées par le feu sur les populations sont moindres que les variations saisonnières.

Le fait que tous les paramètres étudiés aient des variations saisonnières plus fortes que celles engendrées par le feu révèle que de nombreux effets indirects influent sur la reconstitution du sol et qu'ils ne sont plus amortis par la litière et les broussailles.

Pas d'effet négatif du brûlage sur la composition minérale du sol dans ce milieu.

APM06-EFFETS SUR LE SOL : REGIME HYDRIQUE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Trois placettes sont comparées : brûlage intense, peu intense, témoin.

Une sonde à neutron pour la mesure de l'humidité était placée aux profondeurs suivantes : 20, 40, 60, 80 et 100 cm. Ces mesures étaient faites sur cinq points dans chacune des trois placettes. Les mesures ont été faites 5 à 18 mois après les brûlages.

Résultats bruts

Sept mois après les brûlages, la teneur en eau du sol a augmenté de manière significative sur la parcelle qui a subi un brûlage intense. Elle est la même sur le témoin et la parcelle qui a subi un brûlage de faible intensité. L'hiver suivant, toutes ces différences ont disparu.

Quand la croissance des arbres reprend, les teneurs en eau dans le sol baissent fortement avec une légère tendance du brûlage le plus intense à conserver des teneurs en eau plus élevées. Les différences les plus significatives sont à attribuer à l'horizon 40-60, elles sont plus faibles à 20 cm et presque inexistantes à 80 - 100 cm.

Discussion

Le régime hydrique du sol est déterminé essentiellement par les interactions entre les précipitations, l'interception, l'infiltration et l'évapotranspiration.

L'interception : la part d'eau arrêtée par la canopée dans ce milieu ne devrait pas être affectée par le brûlage.

L'infiltration : traduit la part d'eau qui peut être absorbée par le sol. En cas de saturation, l'eau part par ruissellement. Des auteurs constatent souvent une baisse de la porosité de surface après brûlage dirigé.

L'évapotranspiration : les végétaux brûlés représentent une quantité importante de végétaux qui ne respirent plus.

Le bilan contrasté de tous ces effets du brûlage se traduit le plus souvent par une augmentation des teneurs en eau dans le sol.

L'expérimentation menée confirme que, selon l'intensité du brûlage, les teneurs en eau du sol peuvent augmenter ou rester inchangées. Il semblerait que l'action prépondérante du feu sur le régime hydrique se fasse par l'arrêt de l'évapotranspiration des plantes détruites.

Le peu de différences constatées dans les horizons de surfaces indiquent que l'évaporation directe et la sécheresse estivale n'ont qu'un faible impact sur le régime hydrique de ce milieu.

Peu d'influence du brûlage en profondeur, à 90-100cm, l'horizon prospecté par les Pins n'est pas affecté par le brûlage.

Le niveau le plus affecté est celui qui est prospecté par les ligneux bas.

Conclusion

Le brûlage dirigé a un faible impact sur le régime hydrique du sol dans ce milieu, qui se traduit dans le cas de brûlages intenses par une augmentation de l'humidité dans le sol à l'automne.

APM08-EFFETS SUR LE SOL : TRANSFERTS DE CHALEUR.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Des carottes de sol de 20*20*20cm ont été prélevées avec la litière et l'humus et déposées au centre d'un banc thermique d'un mètre carré garni d'aiguilles et de brindilles de Pin maritime.

3 thermocouples étaient placés dans la litière du banc et 8 dans la carotte de sol (1 au milieu de la litière, 1 à la surface du sol, puis une à -0,5 cm, -1 cm, -1,5 cm, -2 cm, -3 et -5 cm de profondeur).

6 brûlages ont été fait avec une charge en litière de 800 g.m^{-2} (intensité du front de flamme $I_1 = 30 \text{ kW.m}^{-1}$), 9 avec 1600 g.m^{-2} ($I_2 = 60 \text{ kW.m}^{-1}$), 3 avec 2400 g.m^{-2} ($I_3 = 80 \text{ kW.m}^{-1}$).

Deux types d'expérience ont été réalisé avec la charge I_1 : 34 avec la litière d'origine et sur 12 carottes la litière d'origine a été remplacée par la litière de Pin étendue sur toute la table.

Mesure de l'humidité à l'étuve avant et après brûlage.

Résultats bruts

La température maximale est à peu près la même pour tout les brûlages, elle est de l'ordre de 650°C , et elle est indépendante de la puissance du feu.

	Humidité	Elévation de température à la surface du sol		Elévation de température à 1cm dans la litière
		Litière fine (1,5 - 2cm)	Litière épaisse (2 - 6 cm)	
Intensité 1 (800 g.m^{-2})	Sec (6-30%)	21.44a	25.50a	36.8a
	Moyenne (30-70%)	19.57ab	18.50ab	37.9a
	Forte (70-130%)	13.33b	3.17c	14.8b
Intensité 2 (1600 g.m^{-2})	Sec (6-30%)	141.0a	56.0b	215.0a
	Moyenne (30-70%)	52.0b	28.0b	67.0a
Intensité 3 (2400 g.m^{-2})	Sec (6-30%)	209.0	-	262.3a

Discussion

• Effet de la litière sur les transferts de chaleur.

Effet de sa présence :

La présence de la litière a réduit de 330°C l'élévation de la température à la surface du sol.

Pour les feux de faible intensité :

La température est 2, 5 fois plus faible à 1cm dans la litière quand son humidité dépasse 70% que quand elle est inférieure à 30%, alors que l'épaisseur de litière a une influence moins significative.

Pour les feux intenses ($>50 \text{ kW.m}^{-1}$) :

L'épaisseur de la litière et son humidité jouent un rôle essentiel dans l'isolation thermique du sol. Elle réduit de manière significative l'augmentation de la température à la surface du sol de 140 à 28°C .

• Transferts de chaleur dans le sol

La faible conductivité thermique du sol fait que sa température diminue rapidement avec la profondeur. Pour une température maximale de 350°C en surface, on obtient 7°C à 3,5 cm. L'élévation de la température dans le sol décroît avec la profondeur selon une fonction exponentielle négative. La pente de cette fonction est d'autant plus forte que la température initiale en surface est élevée et que le sol est plus humide.

Ces expérimentations qui reflètent les conditions de brûlage en milieu naturel ont démontré que le seuil de température létale (60°C) est atteint seulement dans les premiers centimètres de litière avec des feux de faible intensité et dans les premiers centimètres de sol avec les feux d'intensité moyenne.

Conclusion

La perte d'énergie engendrée par l'évaporation de l'eau un phénomène qui surpassé l'augmentation de conductivité induite par sa présence, et s'accompagne d'une baisse de température.

Le brûlage dirigé entraîne une élévation des températures qui concerne qu'une petite partie de la litière dans le cas de brûlage de faible intensité, mais qui peut affecter les premiers centimètres de sol dans le cadre de brûlages plus intenses. Il risque donc d'induire une perturbation de la microfaune et de la microflore très présente dans cette horizon. Par contre, dans les conditions de brûlage étudiées, l'élévation de température engendré par le brûlage ne peut modifier significativement l'activité des micro-organismes ou le développement racinaire des entités qui se trouvent à plus de 3 ou 5 cm de profondeur dans le sol.

LBA02-EFFETS SUR LE SOL : CONSEQUENCE DE L'ECHAUFFEMENT ET DEVENIR DES CENDRES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Mesure de l'intensité du feu (température de surface) et enrichissement par les cendres.

Récolte de 60 blocs de sol de 20*20*5 cm sans litière dans une parcelle d'ajonc d'Europe. Exposition de la surface des échantillons à une température de 150°C pendant 15 minutes et de 300°C pendant 30 minutes. La température et l'humidité sont mesurés à différentes profondeurs par thermocouples ou carottage.

Des cendres sont fabriquées à partir d'ajonc et de litière. Ces cendres sont alors mises en solution S₁ (7,8g par litre) et S₂ (15,6g par litre) qui sont utilisées pour percoler à travers les échantillons de sol à une vitesse de 100ml par jour (correspond à la pluviométrie moyenne). Un rinçage avec 200 ml d'eau après 24h simule une pluie. Un échantillon percolé à l'eau déminéralisé est utilisé comme témoin.

Mesure de la quantité de matière organique des échantillon de sol ainsi préparés, ainsi que de leur capacité d'échange cationique.

Mesure dans les échantillons et dans le percolat du Ph, du carbone organique, du nitrogène total, de la CEC et dosage des cations échangeables.

Résultats bruts

Effets de l'échauffement :

Pour les échantillons exposés à une température de 150°C à -5cm, on obtient moins de 10°C d'élévation de T°C.

Pour les échantillons exposés à une température de 300°C à -5cm, on obtient de 10 à 40°C d'élévation de T°C.

La teneur en eau globale des échantillons ne change pas à 150 ou 300°C :

à 150°C le dessèchement est plus important dans la couche 0-2,5 cm que dans la couche 2,5-5 cm.

à 300°C la teneur en eau chute dans la couche 0-2,5 cm et augmente dans la couche 2,5-5 cm

Effets conjugués de l'échauffement et des lessivats :

Teneurs en carbone organique :

Elles ne baissent que pour les échantillons chauffés à 300°C

Acidité

Hausse significative du PH des échantillons exposés à 300°C. Le PH augmente avec la quantité de cendres contenue dans le liquide de percolation.

CEC

Plus la température à laquelle a été exposé l'échantillon est forte, plus sa CEC est faible.

La digestion de la matière organique montre qu'une partie a disparue avec la chaleur, il a donc été intéressant d'évaluer la contribution de MO par rapport à l'argile présente à la capacité d'échange. Il s'est avéré que les hydroxy-vermiculites de ce sol n'ont qu'un rôle mineur dans la fixation des nutriments et n'ont pas été dénaturées par la chaleur. 70% de la CEC est donc assurée par la MO.

Le complexe absorbant de ce sol étant très peu saturé, il est normal que la CEC augmente avec la concentration des liquides de percolation très basiques.

Nutriments dans le sol

- sodium : très mobile il est emporté par la percolation et l'enrichissement en cendre ne permet pas de retrouver le niveau initial. Pas d'effet significatif de la chaleur.

- Potassium : moins mobile que le sodium, il augmente significativement avec la concentration des solutions de percolation. Pas d'effet de la température significatif.

- Calcium : Diminue significativement et de manière semblable avec les températures de 150°C et 300°C.

- Magnésium : il diminue quand la température monte, et monte quand la concentration du liquide de percolation monte.

Composition des lessivats

- Ph : l'acidité des lessivats augmente significativement avec la température des échantillons.
- Pas d'influence de la température sur les concentrations en éléments.

Discussion

Ces résultats confirme l'effet température et les différences entre feu intense et peu intense marquées sur ces sols bruns acides.

- profil de température dans le sol différent.
- profil d'humidité : le fait que la température atteigne 100°C à 1cm dans le sol lors du feu intense arrête les transferts d'humidité et explique le palier observé à cette température (nécessaire pour l'évaporation) avant que la température augmente à nouveau.
- la diminution de la teneur en matière organique lors d'une température (et donc d'un feu) intense confirme l'existence d'un seuil entre 200°C et 300°C pour la destruction de la MO. Cette destruction s'accompagne d'une diminution de la CEC qui ne peut pas être compensée par l'apport en nutriments des cendres.
- variation du Ph

La hausse du PH observée dépend donc plus du liquide de percolation que de la température à laquelle a été exposé le sol. 2 phénomènes contraires entrent en jeu :
l'entrée d'élément alcalin => hausse du PH
départ d'eau et lessivat => baisse du PH

- l'exposition à la chaleur s'accompagne d'une perte en cations bivalents du à la baisse de CEC suite à la destruction de la MO : malgré le caractère basique des cendres, l'acidité du sol reste trop forte pour empêcher que l'aluminium (Pka = 5) ne cède sa place aux autres nutriments dans le complexe absorbant. Les cendres ne compensent que les pertes en potassium.
- La comparaison entre les percolats et la teneur en nutriment du sol montre que les nutriments (des cendres) fixés essentiellement sous forme insoluble, sont difficilement mobilisables par les plantes.

Conclusion

Ces résultats confirment l'aspect fugace des modifications engendrées sur le terrain. Seul les feux intenses (300°C) ont des effets significatifs sur les propriétés du sol : perte de MO, baisse de la CEC, pertes de cations bivalents et de Sodium. Les autres concentrations en cations restent stables et peu mobilisables .Le feu contribue au maintien de l'acidité du sol et de la végétation accompagnatrice. Cependant leur répétition risque d'entraîner un appauvrissement général de l'écosystème.

LGB01-EFFETS SUR LE SOL : STRUCTURE ET MATIERE ORGANIQUE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Prélèvement d'échantillons à la surface du sol avant et après le brûlage dirigé, et comparaison de fosses pédologiques dans les parcelles brûlées et sur des zones proches servant de témoins.

A chaque point le sol était prélevé sur les couches 0-2 cm, 5-7 cm et 10-12 cm. Tous les échantillons ont été faits l'objet d'une évaluation de la quantité de matière organique, du pH, de la couleur ainsi que d'une étude granulométrique.

Un mois et demi après le brûlage, une observation générale des sols a été effectuée en notant le taux de recouvrement en cendre, le microrelief, et la répartition des cendres.

Observation macroscopiques : description des profils, comparaison des litières (épaisseur, part brûlée, cohésion d'ensemble, incorporation), et des sols (présence de cendres, humidité et structure).

Résultats bruts

A : Mesures avant brûlage ; B mesures après brûlage.

P1A, P1B : Feu à faible reprise dans fougères,

P4A, P4B1 et P4B2 : Feu plus intense dans fougères,

P2A, P2B1 et P2B2 : Feu plus intense dans sarothamnaie.

Matière organique en%

Date	Profondeur	Fougères						Sarothamnes		
		P1A	P1B	P4A	P4B1	P4B2	P2A	P2B1	P2B2	
Mars 1992	0 - 2 cm	23.28	23.99	23.99	21.49	30.08	15.76	18.61	25.07	
	5 - 7 cm	13.75	10.31	12.32	12.61	14.90	17.19	10.74	17.20	
	10 - 12 cm	10.89		25.43	24.35	26.86	15.18	10.74	11.94	
Avril 92	0 - 2 cm	21.13	27.57	16.62	14.33		15.76	27.57	34.38	
	5 - 7 cm	19.12	14.90	10.60	10.32		10.89		20.34	

Discussion

Microrelief du sol et répartition des cendres :

Les cendres sont mieux réparties dans la sarothamnaie où les branches carbonisées et cassées les préservent de l'érosion de manière plus efficace que dans la fougereie. Les zones sans végétaux sont dépourvues de cendres.

Epaisseur de la litière :

Un mois et demi après le passage du feu, la litière a diminué d'épaisseur sous les fougères alors qu'elle a augmenté sous les sarothamnes grâce à la chutes de fragments brûlés. Le sol entre 0 et 3 centimètres présente une modification de structure et d'humidité par rapport au témoin : il est plus sec et plus pulvérulent.

Compositon chimique :

Un assombrissement du sol en surface sur les zones brûlées confirme qu'il y a eu combustion et redistribution de la matière organique dans les horizons de surface.

Le pH ne change pas immédiatement après le brûlage, par contre on constate des variations notables un mois et demi après la perturbation : une tendance à la hausse sous la fougère et une tendance à la baisse sous les sarothamnes. Ceci est vraisemblablement corrélé à la quantité de litière détruite dans chacun des milieux.

Effets sur la matière organique :

La tendance générale est un enrichissement en surface (jusqu'à 7cm) de la teneur en matière organique du sol. C'est sous la sarothamnaie que la cette hausse est la plus importante, grâce au complément apporté par les rambles.

Conclusion

Cette expérimentation confirme l'existence de changements dans la répartition de la matière organique du milieu après brûlage, ainsi que l'importance des végétaux dans la genèse et la rétention des cendres à la surface du sol.

DIV02-EFFETS SUR LE SOL: PERTES EN ELEMENTS MINERAUX AU COURS DES FEUX.

Discussion

Ces pertes sont variables selon l'intensité des feux, la nature du combustible et les méthodes de mesures.

Les pertes d'azote au cours d'un brûlage dirigé sont de 12 kg.ha^{-1} à 110 kg.ha^{-1} soit 33% à 70% de l'azote initialement contenu dans le combustible. Raison et al. (1985) ont établi que près de 100% de l'azote contenu dans la matière organique qui brûle se volatilise contre 50 à 60% du Phosphore. Les pertes en pourcentage des quantités initiales sont hiérarchisées ainsi : N>K>P>Ca.

Les pertes de calcium se font par transport de particules ,ainsi qu'une partie des pertes de K et P, et peuvent être en grande partie redistribuées dans les environs du feu.

DIV02-EFFETS SUR LE SOL : APPOINT DE CENDRES AU SOL.

Discussion

Les cendres sont riches en matière organique (cendres noires 90%, cendres grises 12 à 55%) et concentrent les cations peu volatils P, K et Ca. Elles constituent une fertilisation perceptible pendant de nombreux mois.

L'azote est en valeur absolue moins abondant à la surface du sol après brûlage car une grande part s'est volatilisée. Cependant, toutes les études confirment l'apparition importante d'azote ammoniacal après le feu qui ne serait pas un apport des cendres, mais du à l'hydrolyse des protéines (Raison, 1979).

Les cendres sont sensibles à l'érosion. La topographie, le climat et la végétation sont les garants de leur rétention.

DIV02-EFFETS SUR LE SOL : ECHAUFFEMENT DU SOL.

Discussion

L'échauffement du sol est lié à la vitesse de passage du front de flamme : un brûlage à la recule entraînera un échauffement plus important qu'un feu rapide (de Bano et al., 1979).

Le transfert de chaleur vers le sol dépend directement de sa teneur en eau.

La corrélation entre les températures à la surface observées lors de brûlages dirigés et les températures dans le sol sont les suivantes :

Tmax surface	T°max dans le sol.
400-500°C	pas perceptible à 5 cm
900°C	100°C à 5 cm ou 70°C pendant une minute à 5 cm
Incendie	222°C à 7 cm

DIV02-EFFETS SUR LE SOL : ACTIVITE BIOLOGIQUE.

Discussion

On admet les températures seuils suivantes :

Stimulation maximale des micro-organismes	37°C
Début de stérilisation par évaporation	50°C
Début de stérilisation par altération protéique	60°C
Stérilisation complète	125°C ou 70°C pendant 10 minutes.

Il peut donc y avoir réduction de la population microbienne.

Le feu stimule les micro-organismes du sol par augmentation du pH avec l'incorporation des cendres et surtout par modification des conditions microclimatiques du sol (ensoleillement, albédo, températures moyennes en surface). L'effet dépressif du passage du feu, est donc largement compensé par l'effet stimulateur du microclimat (Christensen, 1987) ce qui se traduit par une amélioration de la minéralisation de l'azote et du phosphore dans les mois qui suivent le brûlage.

DIV02-EFFETS SUR LE SOL : DECOMPOSITION DE LA LITIERE.

Discussion

Les avis divergent selon les auteurs, pour certains le passage du feu entraîne un ralentissement de la décomposition des litières (Eucalyptus en Australie, brûlages de faible intensité, incendies de forêt canadienne), pour d'autres, il stimule leur décomposition (O connel, 1987), et pour les derniers, il est sans effet notable.

DIV02-EFFETS SUR LE SOL : EFFETS A LONG TERME SUR LA RICHESSE MINERALE DU MILIEU.

Discussion

Les pertes en éléments minéraux engendrées par un brûlage ou un incendie sont globalement faibles comparées aux quantités stockées dans les systèmes, mais tous ces éléments n'ont pas la même mobilité, ni la même disponibilité pour le vivant. Le feu affecte les éléments les plus mobiles.

On constate que de manière générale, les pertes engendrées par les brûlages sont moindres que celles engendrées par les incendies.

La répétition du passage du feu volontaire ou accidentelle, entraîne une répartition différente des éléments minéraux dans les différents compartiments du système plus qu'une diminution quantitative. La réponse à cette forte pression de sélection se fait de manière globale à l'échelle de l'écosystème.

Exemple : dans les sols brûlés d'une forêt de Pins, les taux de fixation non symbiotiques de l'azote atmosphérique sont supérieurs à ceux de la zone témoin non brûlée (Jorgensen et Well, 1971).

DIV02-EFFETS SUR LE SOL : CONCLUSION.

Le brûlage engendre un échauffement de la surface du sol qui génère une perte d'éléments minéraux par volatilisation ou transport de particule ainsi qu'une dépression temporaire de la faune microbienne. Le milieu qui en résulte est alors plus favorable à l'activité microbienne qui accélère l'incorporation de la matière organique et des éléments facilement minéralisables apportés par les cendres. Les effets à court terme du brûlage dirigé sur le sol sont donc plutôt favorables et les effets à long terme sont encore mal connus.

DIV03-EFFETS SUR LE SOL : CHIMIE ET BIOLOGIE

Discussion

Carbonisation

la carbonisation du sol associée à la hauteur de flamme peut-être utilisée pour classifier les feux de manière simple selon la méthode RYAN et NOSTE (1983).

Perte en éléments nutritifs

Un bilan mitigé vis à vis de l'azote. COVINGTON et SACKET (1990) révèlent que l'azote qui se volatilise lors des brûlages dans le Pin ponderosa représente une perte importante limitant la croissance des peuplements. Cependant le feu est indispensable pour la minéralisation de l'azote qui , sinon, se retrouverait bloqué dans la litière. Cette minéralisation permet alors le développement de la strate herbacée (COUINGNTON et SACKET 1990).

L'acidité

Les résultats sont contradictoires selon les auteurs.

La biocénose édaphique

En général, les auteurs notent peu d'effet direct du feu à court terme dans les forêt de conifères, si ce n'est une dépression temporaire des populations dans certains cas.

Conclusion

L'échauffement du sol et la disparition de la litière s'accompagne d'une perte d'azote par volatilisation, et d'une minéralisation de certains éléments.

DIV04-EFFETS SUR LE SOL : PERTURBATION DU MICROCLIMAT

Résultats bruts

La teneur en eau de l'horizon 0-10 cm après brûlage dirigé n'est pas significativement différente de celle observée après débroussaillage pendant les deux ans qui suivent le traitement. Par contre, aux mêmes profondeurs, les températures du sol brûlé sont plus hautes en été et plus basses en hiver que sur les placettes débroussaillées (2 à 5 cm d'écart à 2 cm de profondeur).

Le microclimat est très perturbé après le passage d'un incendie comme le montre l'exemple de « Trets » où l'humidité en été est toujours plus faible et la température plus forte (17°C à 2 cm de profondeur) que sur le témoin.

Conclusion

Cette expérience démontre des changements significatifs observés sur l'humidité et la température du sol engendrés par le brûlage. Ils sont liés à une augmentation de l'exposition du sol au rayonnement plutôt qu'à des changements profonds dans les caractéristiques de stockage et de transfert de la chaleur comme c'est le cas après incendie.

DIV04-EFFETS SUR LE SOL : EFFETS SUR LA LITIERE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Mesures sur « Ollièvre » A et B de l'épaisseur de la litière sur des rectangles de 10*0,1m pris aléatoirement dans les zones brûlées et débroussaillées tous les 4 mois. Les pertes de poids des feuilles étaient mesurées par la méthode du sac à litière.

Résultats bruts

SITE A (HERBACEES DOMINANTES) : 60% de la litière a été brûlée.

D'Avril à Août, la quantité de litière a diminué dans les deux parcelles, et significativement plus dans la parcelle brûlée.

D'Août à Décembre, la quantité de litière se met à augmenter dans les deux sites, et à partir de décembre, il n'y a plus d'effet feu notable.

Site B : 40% DE LA LITIERE A ETE BRULEE.

D'Avril à Août, la diminution de la litière est plus importante dans la zone brûlée que dans la zone débroussaillée. En décembre la quantité de litière est la même sur les deux sites. De Décembre à Avril, la vitesse de dégradation de la litière est plus rapide dans la zone brûlée générant les mêmes différences sur les quantités de litière que l'année d'avant.

INCENDIE DE TRET :

Pas de différences notables entre les litières de la zone incendiée et de la zone non brûlée.

Conclusion

Des résultats contradictoires selon les sites, le sujet nécessite plus amples investigations.

DIV04-EFFETS SUR LE SOL : CELLULOLYSE, ACTIVITE MICROBIENNE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Des morceaux de cellulose sont déposés à 5 cm dans le sol des placettes étudiées. Leur dégradation est observée périodiquement.

Résultats bruts

Dans tous les cas, la dégradation du cellulose est plus rapide lorsqu'il y a eu un brûlage dirigé que sur les placettes débroussaillées.

Discussion

La dégradation du cellulose est due essentiellement aux micro-organismes. La stimulation de leur activité peut avoir plusieurs causes :

- stimulation de la croissance des plantes et de leur rhizosphères par apport de cendres ;

- les changement microclimatiques sont favorables à l'activité de la microflore.

DIV04-EFFETS SUR LE SOL : MATIERE ORGANIQUE.

Pas de différence sur les teneurs en matière organique et nitrogène du sol (0-10 cm) entre les parcelles brûlées et les parcelles débroussaillées.

DIV04-EFFETS SUR LE SOL : MESOFAUNE

Résultats bruts

9 mois après l'incendie de « TRETS », la population d'arthropodes est 20 fois moindre que dans la forêt non-brûlée. 2 mois après le brûlage d'Artigues la population édaphique des zones brûlées est plus forte que celle des zones de débroussaillées pendant 8 à 10 mois. La mésafaune de litière est plus affectée que celle du sol. Ce décalage persiste longtemps puisque 17 mois après le brûlage, elle est encore perceptible.

DIV08-EFFETS SUR LE SOL : EPAISSEUR DE LA LITIERE EN FONCTION DES TRAITEMENTS ET DES ESPECES EN PRESENCE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Suivi d'un réseau de 60 coupures de combustible combinant plusieurs techniques de réduction du combustible (manuel, mécanique, dessouchage, phytocides et brûlage dirigé) sur des écosystèmes représentatifs de la région méditerranéenne française. Des transects permanents de 20*0,5 m sont inspectés tous les ans en notant l'importance de la litière selon son recouvrement dans des carrés de 0,5 * 0,5 m² selon les codes suivants :

1 recouvrement inférieur à 50%,

2 entre 50 et 75%,

3 recouvrement supérieur à 75% et mesure de l'épaisseur de la litière.

Les arbres étant à moins de 6 m du transect sont cartographiés et font l'objet d'un suivi dendrométrique et d'une classe de densité. Le Chêne Kermès et le Chêne Vert sont notés dans des catégories spéciales car il génèrent beaucoup de litière.

Cette étude regroupe les données récoltées sur 293 transects disposés sur 18 systèmes sylvopastoraux pendant la période 1992 –1996.

Résultats bruts

Espèce prépondérante	Effectif	Epaisseur moyenne de la litière (cm)	Ecart type
<i>Pinus Pinea</i>	26	0,3 a	0,2
<i>Pinus halepensis</i>	20	0,6 a	0,7
<i>Quercus suber</i>	120	1,0 ab	1,0
<i>Pinus pinaster</i>	16	1,2 ab	0,6
<i>Quercus ilex</i>	32	1,3 ab	2,2
Pas d'arbres	59	1,4 ab	1,0
<i>Quercus pubescens</i>	33	2,5 b	1,7

L'épaisseur moyenne de la litière sur les transects varie de 0 à 12, 8 cm selon les transects. Même si plus la densité d'arbres est forte, plus la litière est épaisse, le rôle joué par les ligneux bas, lorsqu'ils sont présent, reste significatif dans la constitution de la litière.

La fertilisation et le sursemis accompagné de pâturage limite la formation de litière épaisse.

Dans les Cévennes, un brûlage dirigé dans du genet purgatif a éliminé la totalité des 3,18 cm de litière qui s'étaient formés en 3 ans après le débroussaillage mécanique.

Dans les Maures, un brûlage dirigé sous un peuplement en mélange de *Quercus pubescens* et *Pinus pinaster* à fait passé les moyennes de 8,73 et 5,63 cm à 1,35 et 3,98 cm. Les notes sur les carrés brûlés étaient de 1 ou 2 (leur moyenne n'était donc pas mesurée), alors qu'elles restaient à 3 sur les autres.

Après un brûlage ou 100% de la surface a été parcourue en 1991 dans un peuplement de Chêne pubescent, il est possible d'observer la vitesse de reconstitution de la litière.

Année	1991	1993	1994	1995
Epaisseur de litière (cm)	0	0,46	0,86	1,09

Discussion

Dans les milieux non arborés, les brûlages intenses éliminent la totalité de la litière.

Dans les milieux arborés, les brûlages sont moins forts afin de préserver la strate arborée. Ils ne sont pas continus, et laissent un milieu constitué d'une mosaïque de zones brûlées et non-brûlées. Ce type de brûlage se révèle intéressant par son faible impact environnemental, car il autorise une reconstitution rapide de la microfaune et de la microflore à partir des taches non brûlées.

Un brûlage intense pratiqué dans une formation arborée risque de générer des blessures thermiques au tronc et s'accompagne d'une reconstitution rapide de la litière lorsque les feuilles roussies tombent.

En plus des commentaires sur ces résultats sont rappelées quelques données :

Les éléments de litière de moins de 6,4 mm d'épaisseur mettent une heure pour que leur humidité relative subisse une variation de deux tiers du changement de l'hygrométrie de l'air.

Les charges minimales en litière pour la propagation du feu sont :

2,3 t.ha⁻¹ pour *Pinus pinaster* (Marechal 1993)

1,8 t.ha⁻¹ pour *Pinus halepensis* (Alexandrian, Rigolot 1992)

1,7 t.ha⁻¹ pour *Quercus pubescens* (Marechal, 1993) et un peu plus pour le cèdre et l'arbousier.

Le classement des litières par combustibilité décroissante est

Quercus pubescens, *Pinus pinea*, *Pinus nigra laricio*, *Pinus nigra nigricans*, *Pinus halepensis*, *Cedrus atlantica*.

Conclusion

La création et la décomposition de la litière dépendent d'une combinaison complexe de facteurs :

Si la présence des arbres ne suffit pas à expliquer l'accumulation de combustible mort, quand ils sont présents, la densité d'arbre contribue significativement à l'épaississement de la litière. L'espèce et le stade phénologique des arbres modulent ce facteur. Des ligneux bas comme *Quercus coccifera* produisent une quantité importante de litière et même sans couvert arboré, ces formations génèrent suffisamment de combustible mort pour conduire le feu. Le pâturage incorpore la litière par piétinement et la fertilisation accélère son incorporation, mais le brûlage est la seule technique à la réduire de manière significative et immédiate ;

APM07-EFFETS SUR LA FAUNE : VERS DE TERRE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Extraction des vers de terre sur des quadrats de 0,25m², dans 5 sites, à l'aide de solutions formolées.

Résultats bruts

	Nombre	Masse
Dendrolea octaedra	13	383,5g
Dendrolea attensi	5	310,1g

Discussion

La population de vers de terre est trop faible dans ce milieu pour pouvoir constater un quelconque effet brûlage.

Conclusion

Expérience non concluante.

APP01-EFFETS SUR LA FAUNE : ENTOMOFAUNE ET MESOFAUNE EDAPHIQUE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Toutes ces études ont été menées sur le dispositif du MUY

- Etude de la faune circulante de surface : 32 pièges d'interception à ras du sol relevés mensuellement sont disposés en ligne sur toutes les parcelles.
- Etude des coléoptères coprophages : 3 pièges à appât (excréments de brebis sont disposés au milieu de chaque placette (brûlé, débroussaillé, témoin). Un dispositif a aussi été installé à la Ciotat.
- Etude de la mésofaune édaphique : Prélèvement saisonniers dans les zones brûlées et témoins.

Résultats bruts

- Etude de la faune circulante de surface

Les faciès du Muy sont identifiés de la manière suivante : 1 débroussaillé, 2 contact débroussaillé/brûlé mars, 3 à 5 brûlé mars, 6 layon entre brûlé mars et brûlé octobre, 7 brûlé octobre, 8 témoin fermé clair non-brûlé.

Faciès	1	2	3	4	5	6	7	8
Effectifs	902.8	832.5	658.0	385.5	610.5	919.0	602.2	606.8
Arachnides	12.7	3.6	4.7	3.6	4.5	8.5	5.3	8.7

A la Ciotat les milieux sont notés ainsi :

1 débroussaillé sous-pin d'alep, 2 ni débroussaillé, ni brûlé, 3 brûlé modérément en sous bois, 4 totalement incendié, 5 totalement ouvert, au contact pare-feu.

Milieu	1	2	3	4	5
Total espèces	8	6	6	7	6
Nb esp/piège	6.5	4	4.5	3.4	6
Nb indiv/piège	49.0	19.7	13.5	9.2	35.0
Diversité H'	2.29	1.85	1.94	1.5 2	2.04
Equitabilité	0.76	0.72	0.75	0.5 4	0.79

Au Muy : A débroussaillé, 1A brûlé Mars, 1B brûlée octobre, FC fermé clair, FD fermé dense.

Parcelle	A	1A	1B	FC	FD
Avril 89					
total espèces	11	8		3	3
indiv/piège	715	13		1	1
Avril 90					
total espèces	8	7	4		3
indiv/piège	418	23	33		3
Avril 91					
total espèces	10	9	10	8	5
indiv/piège	179	68	226	26	4

- Etude des coléoptères coprophages

- Etude de la mésofaune édaphique

Le grand nombre d'espèces inventoriées sur une longue durée ne permet pas de représenter les résultat dans cette fiche : fourmis, myrapodes, polyxénus, campodés, japyx, larves, insectes, cloportes, pseudoscorpions, araignées, oribates, prostigmates, alycina, mésostigmates.

Cas des collemboles

effectif/250 cm ³ sol	avant feu	10 j après feu	20j après feu	mars	juin	sept	dec
feu de printemps	48	16.5	1.5	76.53	19.56	0	10.66

feu d'automne	7	24	1.5	20.63	23.73	18.66	14.83
---------------	---	----	-----	-------	-------	-------	-------

Discussion

- Etude de la faune circulante de surface

Les conclusions sont les suivantes :

moins d'arachnides dans les zones brûlées que sur les témoins ;
plus de diplopodes dans les faciès les plus fermés et préservés du feu ;
les criquets ne sont pas favorisés par l'ouverture des milieux que ce soit par brûlage ou débroussaillage.

- Etude des coléoptères coprophages

Le nombre moyen d'individus par piège est significativement plus élevé dans la zone brûlée modérément que dans la zone incendiée.

Les parcelles soumises au feu (n°3 et 4) montrent une chute très significative du nombre d'individus actifs et d'espèces comparativement à la zone débroussaillée (n°1) et au milieu fermé (n°2). Par contre sur la zone de pare-feu (n°5), l'impact sur la population de coléoptères est aussi favorable qu'un débroussaillage. Ceci révèle que plus que le passage du feu, c'est l'état des rémanents et de l'embroussaillage qui influe sur leur répartition. En effet la colonisation des milieux ouverts se faisant à partir des parcelles pâturées avoisinantes, l'absence de broussailles et le pâturage sont favorables à l'extension des coléoptères coprophages sur les zones brûlées comme c'est le cas en 1B.

- Etude de la mésofaune édaphique

Les feux de printemps affectent des populations qui sont généralement au maximum de leurs effectifs sur le cycle annuel, et globalement, l'évolution normale saisonnière tend à une baisse générale des effectifs, tandis qu'en automne, les effectifs sont faibles et l'évolution normale saisonnière tend à l'augmentation des effectifs : c'est le cas des collemboles dont les effectifs sont plus élevés après 20 jours. Dans ce cas, la perturbation induite par le feu contrôle n'a pas d'incidence globale sur l'évolution des effectifs.

Conclusion

Le feu joue un rôle sur la faune circulante de surface comme « facilitateur » de circulation et « ouvreur » de milieu. Le feu, et surtout son intensité, semblent modifier significativement la structure des populations d'insectes coprophages, au moins pendant les premiers mois, plutôt positivement.

En l'absence d'érosion, l'effet des feux contrôlés de printemps ou d'automne apparaît anodin et non susceptible de déterminer une modification des peuplements édaphiques que se soit en qualité ou en quantité.

Le brûlage engendre une perturbation de même type que celle provoqué par un débroussaillage mécanique pour la faune de surface et implique une légère dépression de la faune du sol semblable à celle provoquée par la sécheresse des années 89-90.

MBC01-EFFETS SUR LA FAUNE : L'ENTOMOFAUNE EN TANT QUE NOURRITURE DES OISEAUX.

Méthode utilisée pour l'étude des effets :

Captures de la faune circulante de surface par des piège puits, de la faune volante par des assiettes colorées, de la faune résidant sur les arbustes par battage.

Résultats bruts

Un peu plus de captures dans la zone perturbée par le feu, mais avec une composition faunistique modifiée.

Les diptères perdent la large prédominance qu'ils avaient avant le brûlage, mais restent les plus nombreux.

Les thysanophères au printemps, psocoptères en été, et homoptères au printemps et en hiver gagnent en importance relative par rapport au témoin à la même date.

Les hémiptères eux, en perdent au printemps.

On peut souligner aussi la moindre diversité taxonomique des échantillons d'été venant de la zone brûlée par rapport au témoin.

Discussion

Le feu a peu d'effet sur la faune circulante de surface, mais favorise légèrement les homoptères au dépend des hyménoptères.

Les espèces grimpantes voient leur effectifs augmenter dans les îlots non-brûlés après le passage du feu et retourner progressivement à la normale au fur et à mesure que la végétation alentour se reconstitue, une partie des insectes allant coloniser les jeunes pousses.

C'est ainsi qu'on constate : toujours un grand nombre d'araignées et d'accariens sur les buissons brûlés comme sur les pousses vertes ; une forte présence d'homoptères sur les rejets, ces insectes se nourrissent de la sève des végétaux en été et sont vraisemblablement disséminés par les fourmis ; la diminution des hétéroptères pourtant de même régime sur les échantillons brûlés et les repousses.

Conclusion

Le brûlage engendre une diminution des populations d'insectes dans les arbustes juste après le feu, compensée par l'augmentation des espèces volantes ou de surface. Il n'y a pas de diminution globale de la biomasse de l'entomofaune et donc de la ressource trophique de l'avifaune.

MBC01-EFFETS SUR LA FAUNE : COMPORTEMENT ET POPULATION DE L'AVIFAUNE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Capture et recapture des oiseaux après marquage. Identification des oiseaux à la jumelle. Cartographie des territoires de reproduction sur les principes de l'IBCC améliorés par le bagage.

Observation du comportement dans l'habitat perturbé par « focal animal sampling » et évaluation de l'intensité du brûlage dans chaque Carré unité.

Résultats bruts

Evolution des densités

Les plus abondants étaient *Sylvia undata* et *S. melanocephala* (8,25 couples/ha).

Sylvia undata voit sa population diminuer après le feu pour devenir supérieure à son stade initial après 4 saisons (évolution bien corrélée au phytovolume).

S. melanocephala a un effectif stable en 1991 et 1992 puis chute la deuxième année.

Lanius excubitor qui a un territoire de la taille de la parcelle n'est pas affecté par le brûlage.

Lullula arborea colonise les nouveaux espaces ouverts.

Anthus campestris déjà apparu lors de l'ouverture des pare-feu augmente en nombre après le brûlage et disparaît au fur et à mesure que le milieu se ferme.

En général, la densité totale d'oiseaux est stable (15,2/10ha) et l'effet du feu se traduit par une faible baisse de la densité 2 à 3 saisons après suivie d'une densité record la 4^{ème} saison (18,8/10ha).

Territoires de reproduction et variations temporelles du peuplement d'oiseaux.

L. Arborea et *A. campestris* sont parmi les meilleurs colonisateurs d'espaces brûlés. *L. Excubitor* est présent surtout après le feu.

Le passage du feu engendre une réorganisation des territoires de chaque individu.

Le nombre de territoires de *S. undata* diminue après le feu et leur surface augmente significativement. Cette espèce évite la partie la plus brûlée le premier printemps.

Le nombre de territoires de *S. melanocephala* augmente après les feux. Ces territoires incluent toujours des îlots non brûlés de surface importante et évitent les zones les plus intensément brûlées.

Aucune espèce ne disparaît après le feu, une seule espèce nouvelle est observée après le feu : *Lullula arborea*

Les oiseaux de passage s'arrêtent aussi bien avant qu'après le brûlage.

Réaction immédiate au passage du feu :

Les oiseaux sont en général assez indifférent au passage du feu. Lorsqu'il sont vraiment dérangés par les flammes ou la fumée, il s'éloignent d'une dizaine de mètres et reviennent se percher dans la zone brûlée de leur territoire une fois le feu passé. Seul un rouge gorge a fait des cercles au dessus des fumées à plus de 30m de haut pendant une quinzaine de secondes.

Evolution du comportement : choix des perchoirs :

Les observations de *S. undata* et *S. melanocephala* dans la parcelle se distinguent par leur distribution agrégative tant avant qu'après la mise à feu. Ces espèces présentent une tendance très significative à éviter les perchoirs brûlés. La fréquence des observations diminue quand la taille de la tache brûlée augmente. Ces espèces utilisent les repousses comme perchoir 9 mois après le passage du feu.

La fréquence des observations de *S. undata* diminue significativement avec la hauteur maximale de végétation avant les feux, elle augmente après. *S. melanocephala* privilégie de manière significative les formations hautes aussi bien avant qu'après le feu.

Erythacus rubecula évite les perchoirs brûlés. Privilégie de manière significative les zones où la végétation est haute et où l'intensité du feu a été forte. Cette espèce n'a jamais utilisé les repousses pendant les 15 mois d'étude.

Fidélité au site de *sylvia undata*

La variabilité individuelle des surfaces territoriales est augmentée par l'hétérogénéité du milieu. La diminution du volume de végétal est significativement corrélée avec une augmentation de la surface des territoires et une diminution de leur nombre. Les chevauchements de territoires sont plus nombreux après brûlage et la surface prospectée en dehors du territoire défendu est accrue. La discordance observée entre la surface brûlée (76%) et la réduction des effectifs (45%) de *S. undata* prouve que la perturbation n'a pas été assez forte pour avoir raison de la ténacité au site de certains individus qui restent, quitte à perdre leur activité territoriale le premier printemps après le feu. On peut alors observer deux mâles sur un même territoire pendant une saison, phénomène déjà observé sous l'appellation d'« helpers ».

On ne constate aucune diminution nette de la survie interannuelle après le feu. Cependant, il semblerait que ce résultat masque un vieillissement de la population pendant 2 saisons, suivi d'un très fort recrutement 2 et 3 saisons après.

Ténacité des espèces

185 oiseaux de 22 espèces sont capturés et marquées avant le brûlage, 430 et 35 espèces ont été capturé après la perturbation. La recapture ou l'identification de 22 individus de 4 espèces déjà capturés démontre la ténacité individuelle malgré la perturbation. Certains individus ont même été observés trois ans après leur capture.

Discussion

La stabilité des effectifs démontre que la quantité de nourriture est suffisante après le brûlage (état initial reconstitué 17 mois après le brûlage). Ce qui est confirmé par une légère augmentation du nombre d'insectes piégés dans les zones brûlées un mois après le passage du feu, les espèces arboricoles étant provisoirement remplacées par les espèces volantes ou de surface. Il n'y a pas de facteur limitant au niveau trophique ou du nichage.

Le brûlage d'hiver n'a que de faibles conséquences sur la composition spécifique et sur l'abondance globale du maquis contrairement à un incendie d'été dont l'impact sur l'entomofaune leur est préjudiciable. Ce faible effet du brûlage peut être attribué selon les auteurs de manière prépondérante à la ténacité des oiseaux de la strate buissonnante, ou à la colonisation par des espèces de milieu ouvert, ou à la structure en mosaïque créée par le passage du feu.

La perte du comportement territorial chez *S. undata* est une conséquence directe du feu.

Conclusion

Le brûlage tel qu'il a été effectué facilite le maintien des oiseaux de la strate buissonnante contrairement à l'incendie qui les fait disparaître au profit des espèces de milieu ouvert. La saison du feu par l'influence quelle exerce sur la présence ou non des nids a des conséquences sur la démographie post perturbation.

Le brûlage n'est pas un perturbation pour la population grâce à la capacité d'adaptation des individus. La ténacité est un mécanisme amortisseur fondamental qui explique pourquoi l'étendue ou la sévérité d'une perturbation sont souvent des indicateurs inadéquats pour juger des conséquences sur l'avifaune.

MBC02-EFFETS SUR LA FAUNE : ENTOMOFAUNE CIRCULANTE DE SURFACE DONT LES FOURMIS.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

10 pièges enterrés sont répartis sur la parcelle brûlée. La durée de piégeage est de 48 heures. Cette opération est répétée trois fois par an (Printemps, été et automne). Quatre récolte ont été faites avant brûlage et 5 après. Après le brûlage, 2 piège ont été placés dans une zone témoin à proximité.

Résultats bruts

SP : Printemps, SU : été, WI : hiver, U : avant brûlage, B : après brûlage, C : témoin. Nombre de captures.

Espèces	SP91	SU91	WI91	SU92	SP93	SP93	SU93	SU93	WI94	WI94	SP94	SP94	SU94	SU94
	U	U	U	U	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
<i>Onera coarctata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pheidolle pallidula</i>	5	70	0	133	27	0	22	13	0	0	3	2	78	3
<i>Crematogaster sordidula</i>	0	0	0	0	0		0				0	2	0	
<i>Solenopsis sp.</i>	0	1	0	1	0		3				0	0	0	
<i>Tetramorium caespitum</i>	7	15	0	1	0		0				13	0	0	
<i>Plagiolepis pygmaea</i>	6	7	0	17	12	2	1	5			2	2	3	
<i>Lasius niger</i>	399	282	0	4	104	14	3		3		110	1	57	
<i>Camponotus vagus</i>	0	1	0	0	0		0				0		0	
<i>Camponotus cruentatus</i>	0	0	0	0	0		1				0		0	
<i>Camponotus pilicornis</i>	0	9	1	1	3		0	1			0		0	

<i>Camponotus piceus</i>	0	1	0	2	0	2			1	5	
<i>Cataglyphis cursor</i>	2	41	7	21	3	22	5		3	30	9
<i>Formica gerardi</i>	0	13	4	60	5	1			25	0	
Abondance TOTAL	419	440	12	240	154	16	56	24	3	0	0157
Richesse	5	10	3	9	6	2	9	4	1	0	7
									7	4	5
										2	

Abondance et diversité :

1750 captures avec 13 espèces.

Les variations saisonnières restent aussi importantes après brûlage qu'avant, avec un minimum en hiver.

On obtient plus d'individus dans les pièges de la zone brûlées que dans ceux de la zone témoin, et ce n'est pas lié à une augmentation de l'efficacité des pièges en milieu dégagé.

Répartition des espèces dans le temps:

Le feu engendre

une baisse d'effectif pour : *Pheidolle pallidula*, *Cataglyphis cursor* et *Plagiolepis pygmaea*;

une hausse d'effectif pour : *Lasius niger*, *Formica gerardi*, et *Tetramorium caespitum*.

Population estivale des fourmis :

Une analyse factorielle de correspondance ne révèle pas de changement significatif dans les populations de fourmis avant et après brûlage. On observe juste une présence un peu plus forte de quelques espèces de milieux fermés avant brûlage ;

Discussion

Ce brûlage n'a pas beaucoup altéré l'entomofaune circulante de surface. Aucune espèce n'a disparu et il n'y a pas apparition d'espèces colonisantes, seule apparaît une espèce héliophile : *Pheidolle pallidula*.

La mortalité directe est vraisemblablement faible car la plupart des espèces rencontrées disposent d'abris enterrés et/ou hibernent au moment du brûlage. Les espèces les plus vulnérables sont celles qui se réfugient sous les écorces ou dans les bois morts. L'absence d'espèces colonisatrices peut s'expliquer par la faible superficie du brûlage et le fait qu'il n'y a pas de milieu ouvert à proximité.

Conclusion

Les variations saisonnières normales des populations d'insectes sont beaucoup plus fortes que la perturbation engendrée par le brûlage. L'augmentation du nombre par espèce de fourmis piégées, animal qui est considéré comme un indicateur de biodiversité de l'entomofaune, peut être liée soit à une augmentation de l'activité après brûlage, soit à l'implantation de nouvelles colonies.

LGC01-EFFETS SUR LA FAUNE : POPULATIONS D'ORTHOPTERES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

L'évaluation des populations s'est faite de deux manières :

- comptages à vu et à l'écoute ;
 - échantillonnage au biocénomètre (cadre de 1m² recouvert de grillage plastique très fin type moustiquaire)
- Une seule campagne d'inventaire a été réalisé.

Résultats bruts

	P1 Brûlée	P2 Témoin
Nb individus/100m ²	500	120
Biomasse	10.5	3
Espèces		
<i>Calliptamus siciliae</i>	22%	ε
<i>Euchostipus declivus</i>	40%	19%
<i>Omocestus petraeus</i>	16%	0%
<i>Chortiphus biggutulus</i>	8%	44%
<i>Pezotettix giornai</i>	6%	6%
<i>Platycleis tessellata</i>	6%	6%
<i>Ephippiger terrestris</i>	2%	ε
Nb espèces par prélèvement	3	1.1
Indice d'abondance	5.4	1.6
Indice de diversité de simpson	4.6	4
Indice de régularité	0.6	0.5

Discussion

Les différents paramètres d'abondance et de diversité sont assez faibles et caractéristiques des milieux dégradés où la pression pastorale est forte.

La structure spatiale de la végétation de la parcelle témoin est plus homogène. On y trouve plus d'imagos, mais moins d'individus : la fermeture du milieu semble entraîner un ralentissement dans la dynamique de population des insectes. Les insectes inféodés aux formations végétales basses sont supplantées par des acridiens plus volateurs.

Conclusion

C'est dans la zone de brûlage dirigé que les indices d'abondance et de diversité sont les moins bas, là où la complexité structurale du milieu est accrue.

LGC03-EFFETS SUR LA FAUNE : POPULATIONS D'ORTHOPTERES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

L'évaluation des populations s'est faites de deux manières :

- comptages à vu et à l'écoute ;
- échantillonnage au biocénomètre (cadre de 1m² recouvert de grillage plastique très fin type moustiquaire)

Les inventaires se sont échelonnés d'Août à Septembre sur trois placettes :

P1 : Parcelle ayant fait l'objet d'un brûlage en 1995-96,

P2 : Parcelle qui sera brûlée en 1997,

P3 : Enclave qui servira de témoin après le brûlage de 1997.

Résultat des prélèvements d'Août septembre :
IA : Indice d'abondance moyen, Ne : Nombre d'espèce par prélèvement, Is : indice de diversité de Simpson, Es : indice d'équitabilité

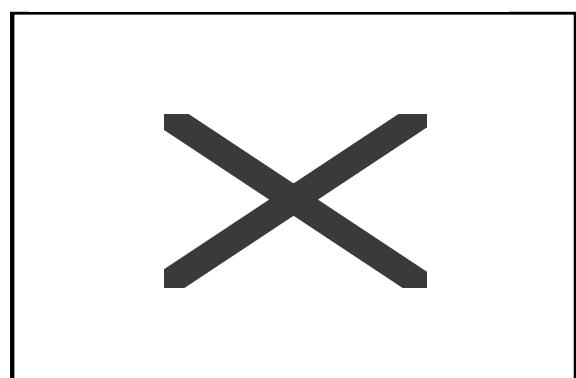
Résultats bruts

Indice d'abondance	P1		P2	
	Juillet	Août	Juillet	Août
Espèces				
<i>Chortippus giguttulus</i>	0.6	0.8	0.4	1.1
<i>Chortippus dorsatus</i>	5.8	8.4	3.8	5.9
<i>Eucorthippus declivus</i>	4.3	3	4.7	2
<i>Euthystira brachyptera</i>		0.1	Présent	
<i>Stenobothrus lineatus</i>		0.2	0.1	
<i>Pholidoptera phallax</i>				0.1
<i>Yersinella raymondi</i>			0.1	0.3
<i>Epiphiger terrestris</i>	0.1		Présent	

En "P1 sont vu mais non prélevées : *Arcyptera fusca* et *Stenobothrus rubicondulus*.

Discussion

Sur les trois placettes, *Chortippus dorsatus* est le taxon le plus représenté. Il totalise 61% des prélèvements contre 24,6% pour *Eucorthippus declivus*.



C'est sur la placette 1 qu'il a la plus grande densité d'orthoptères (biomasse de 28,2g contre 16 et 14,5g par relevé). L'auteur y voit un effet du brûlage dirigé qui accroît la production herbacée en provoquant un enrichissement de la terre en élément biogènes (sic). Cette manne bénéficie vraisemblablement aux acridiens les plus polyphages, peu exigeants quant à la nature des végétaux consommés. A l'opposé, la diversité spécifique ne semble pas favorisée par cette pratique qui homogénéise davantage la structure du milieu et qui supprime de ce fait un certain nombre de niches écologiques.

Conclusion

On constate une augmentation de la biomasse mais pas de la diversité d'orthoptères sur la zone qui a fait l'objet d'un brûlage traditionnel. Cette observation est à moduler à cause de la méconnaissance de l'impact du pâturage sur la zone. Il semble intéressant de garder un témoin en défend pour évaluer l'impact du pâturage.

LGC04-EFFETS SUR LA FAUNE : MODIFICATIONS DE L'ENTOMOFAUNE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Piègeage au Piège Entomologique Composite sur quatre stations l'été précédent et suivant le brûlage dirigé de l'hiver 96-97 :

P1 : Parcille ayant fait l'objet d'un brûlage en 1995-96, non brûlée en 96-97

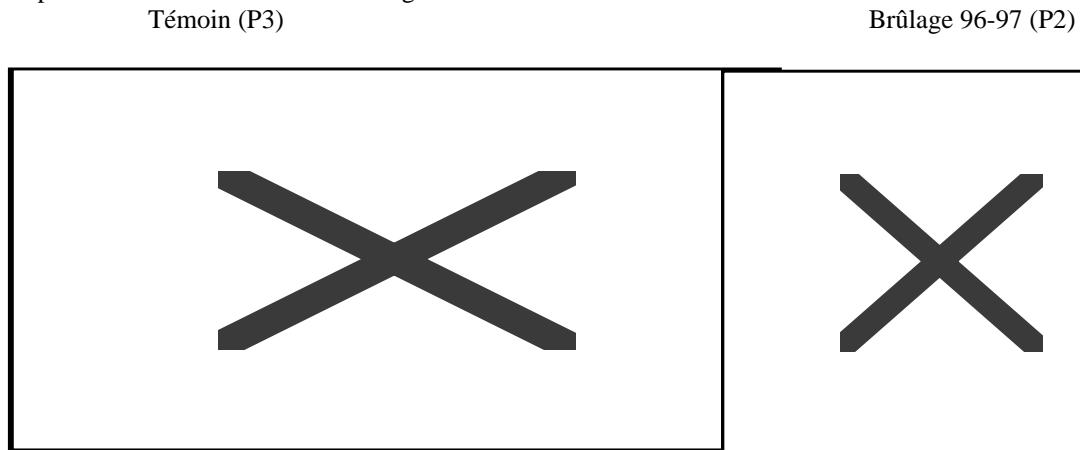
P1 bis : Parcille contiguë à P1, mise en défend en 96,

P2 : Parcille brûlée en 1997,

P3 : Enclave épargnée des flammes qui de témoin après le brûlage de 1997.

Résultats bruts

Répartition des familles selon leur régime :



Les familles abondantes dans ce milieu, comme les diptères phoridae et les thysanoptères restent abondantes quelles que soient les placettes concernées. Elles apportent peu d'information sur les effets du brûlage dirigé.

D'autres familles subissent des variations importantes. C'est par exemple le cas des abeilles solitaires (hyménoptères apoïdes) qui sont toujours abondantes après le feu. Pollinophages, elles profitent de l'ouverture du milieu et de l'augmentation de la floraison du nombre d'angiospermes.

Les peuplements d'insectes dépendants de la présence de jeunes tissus végétaux augmentent aussi. C'est le cas des opophages (suceurs de sève élaborée), marqué par la progression des pucerons et de leurs prédateurs (aphidiphages).

Les populations de détritophages, de saprophages et de saproxylophages régressent du fait de la destruction par le feu des débris végétaux morts.

Placette	Année	3	1	1bis	2
Effectif					
	1996	150	267		279
	1997	609	717	705	826
Richesse Familiale					
	1996	39	23		35
	1997	51	64	53	51
H'fam Diversité familiale					
	1996	4.48	3.00		3.84
	1997	4.55	5	4.55	4.22
H max					
	1996	5.29	4.52		5.13
	1997	5.67	6.00	5.73	5.67
R					
	1996	0.85	0.66		0.75
	1997	0.80	0.75	0.80	0.75

Les populations de Lyctidés ont baissé sur la zone brûlée, mais ont augmenté sur la zone préservée. Une explication pourrait être que après avoir résisté au brûlage sous forme de nymphe les insectes migrent vers les zones non brûlées qui leur sont plus favorables.

Discussion

Le faible indice de diversité du témoin correspond à une structure trophique déséquilibrée. Le brûlage dirigé a donc un effet bénéfique dès le premier printemps qui se traduit par un meilleur indice de diversité familiale et une amélioration de l'organisation des peuplements entomologiques.

Il y a donc un effet bénéfique du feu même sur les espèces qui peuvent trouver la nourriture de leurs larves dans un milieu fermé, mais dont la présence des fleurs et des insectes qui les accompagnent est favorable. C'est le cas des prédateurs paralyseurs comme les pompes (chasseurs d'araignées), les sphécides et certains prédateurs spécialisés (syrphides consommateurs de pucerons à l'état larvaire) ou généralistes (guêpes et fourmis), même si l'effet sur les fourmis n'est pas significatif.

Conclusion

Les hyménoptères sont des insectes qui réagissent rapidement aux changements fonctionnels du milieu. Ils constituent des indicateurs fins des écosystèmes terrestres. Ils révèlent les effets positifs du brûlage dirigé dans ce milieu sur la richesse et la biodiversité du peuplement entomologique épigé circulant, et une réorganisation profonde de la structure trophique du peuplement entomologique. Cet effet positif est très rapide et dure au minimum deux années. La durée de cette évolution va dépendre en grande partie de la maîtrise de l'intensité du pâturage ovin...

LGP01-EFFETS SUR LA FAUNE : PERDRIX GRISES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Etudes préliminaires :

Etude du comportement de la perdrix dans le milieu avant brûlage par radio émetteurs et cartographie de la végétation.

Le brûlage :

Réalisation sur 340 ha de brûlage par tache avec un témoin sur le même versant de 390 ha non brûlé. Dénombrement bisannuel à l'écoute, au printemps et en été pendant deux ou trois ans après le brûlage du nombre de mâles chanteurs dans les deux zones. Les comptages de 1992 et 1993 serviront de référence à l'échelle du versant.

Piègeage d'insectes pour l'évaluation de la disponibilité alimentaire offerte aux poussins.

Résultats bruts

L'été suivant la mise à feu la population de perdrix baisse sur la parcelle des brûlages.

Discussion

Cette réaction juste après le passage du feu est normale et a déjà été observée par d'autres auteurs, car le milieu est perturbé et les animaux se sentent plus sensibles à la prédatation. Ceci n'est pas un résultat à retenir.

Effets directes :

Le brûlage n'entraîne pas de mortalité directe.

Effets du brûlage sur la fonction trophique de l'habitat :

La disponibilité en insectes est supérieure sur les parcelles brûlées pendant les trois étés suivant l'écoubage (surtout diptères et hyménoptères), contrairement à ce qui est observé lors d'incendie à l'échelle d'un versant.

Le déneigement précoce des zones ouvertes par le feu est favorable à l'apparition de jeunes pousses pour l'alimentation des adultes.

Effet du brûlage sur la fonction structurelle de l'habitat :

L'étude préliminaire a montré que les milieux complexes en mosaïque sont les plus favorables à la perdrix qui a besoin de landes hautes et denses pendant la période de reproduction, mais aussi de milieux ouverts pendant l'élevage des poussins. Le brûlage dirigé par tache devrait donc contribuer à favoriser cette hétérogénéité contrairement aux incendies ou aux grands écoubages sur un versant entier qui dénaturent l'habitat des perdrix pour une période de 5 ou 6 ans.

Conclusion

L'auteur présente un résultat intéressant sur le rôle trophique positif des brûlages et justifie le choix de la technique du brûlage dirigé par tache qui semble être la plus adaptée pour concilier la volonté des bergers d'accroître et d'entretenir leur pâturages avec la crainte des chasseurs de voir leur gibier disparaître. Les effets du brûlage dirigé de 1994 sur les populations de perdrix ne sont pas encore disponibles au moment de la rédaction de l'article.

LGP03-EFFETS SUR LA FAUNE : DENSITE ET REPRODUCTION DE LA PERDRIX GRISE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

L'aire d'étude est un versant homogène constitué d'une zone de 340 ha dont 111 ha ont été brûlés par taches jouxtant une zone témoin de 390 ha. Une cartographie du site a été faite pour différencier les aires enherbées, les zones embroussaillées à moins de 40%, les zones embroussaillées à plus de 40% et les zones boisées.

Les comptages d'oiseaux se faisaient au printemps et en été de 1992 à 1997 conjointement sur la zone brûlée et le témoin. Les techniques utilisées furent la repasse, le chien d'arrêt et l'écoute des chants. Des compléments d'observations furent nécessaires pour le suivi des oisillons.

Résultats bruts

Le brûlage réduit de 34% la zone embroussaillée avec un recouvrement de plus de 40% au bénéfice de la zone embroussaillée à moins de 40%. Il n'induit pas de changement sur les surfaces de prairies et de pinède.

Année	Jeunes	Brûlé adultes	% de jeunes	Jeunes	Témoin adultes	% de jeunes
1991	38	11	78	65	13	83
1992	66	22	75	22	12	65
1993	52	13	80	60	20	75
1994	20	4	83	9	6	60
1995	9	5	64	11	9	55
1996	52	11	83	42	9	82
1997	54	14	79	71	20	78

Densités d'oiseaux :

De 1992 à 1997 les densités de printemps et d'été évoluent toujours de manière semblable sur les zones brûlées et le témoin (3 couples pour 100 ha en moyenne).

De 1995 à 1997, lorsque les brûlages sont finis, les densités de printemps sont plus fortes sur la zone brûlée dont l'hétérogénéité structurelle semble plus favorable aux oiseaux.

Survie des nichées :

Pas de différence significative entre la zone brûlée et le témoin sur la proportion de jeunes observée pendant les 7 années d'observation. On constate même une légère augmentation sur la zone brûlée. Le brûlage dirigé par tache n'a donc pas d'influence sur le succès de la reproduction.

Discussion

Le brûlage dirigé est sans effet notable sur les populations des perdrix grises et semble au contraire générer un milieu plus favorable au printemps. Ceci peut être attribué au faibles superficies des brûlages qui irrégularisent les landes ainsi qu'à l'aptitude de ces formations végétales à reconstituer assez rapidement un abri vis-à-vis des prédateurs. La densité d'adultes n'est pas affectée par la perturbation. Le pourcentage de jeunes semble s'améliorer.

Conclusion

Le brûlage dirigé peut être préconisé pour préserver l'habitat de la perdrix grise en maintenant seulement 40 à 50 pour-cent de la surface embroussaillée et éviter la fermeture du milieu. Le maintien d'un habitat favorable à une bonne reproduction nécessite de laisser des étendues de 10 à 15 ha non-brûlées entre des brûlages de superficie inférieure à 5 ha.

LGP05-EFFETS SUR LA FAUNE : AVIFAUNE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Cartographie du milieu selon des critères prenant en compte le rôle trophique et le rôle de protection et camouflage des végétaux vis à vis des prédateurs et des intempéries : classes de hauteur, recouvrement, nature des ligneux bas, taux de boisement, taux d'enrochement, passage du feu l'année N.

Radiopistage des oiseaux pour l'étude du comportement après capture et pose d'émetteurs. Suivi bihebdomadaire.

Calcul d'un indice de fréquentation et de localisation par rapport à la disponibilité du faciès et d'un autre correspondant au rapport de l'importance du faciès à l'intérieur du domaine vital sur la disponibilité du faciès en pourcentage.

Piégeage d'insectes à l'assiette colorée et au piège d'interception, trois fois par an à la période des éclosions.

Comptage des oiseaux au chien d'arrêt et à la repasse.

Résultats bruts

L'habitat préférentiel des perdrix est constitué de landes hautes moyennement ouvertes ou fermées (genêt et genévrier) avec une préférence pour les pelouses à fétuque rouge en automne. Les bois et les landes très fermées sont peu utilisées. La sélectivité de l'habitat est très forte en période de reproduction. Les landes hautes ouvertes et surtout fermées, constituent les formations végétales presque exclusivement recherchées de mai à septembre.

Discussion

Impact sur la fonction structurelle de l'habitat :

Recouvrement :

Un feu total élimine toute la végétation de genêt purgatif. 40% de la biomasse est reconstituée seulement 4 ans plus tard.

Après un brûlage dirigé, toutes les zones traitées restent cartographiées comme landes avec un recouvrement supérieur à 40%.

Hauteur

Après un brûlage sauvage, le genêt met 7 ans avant de reconstituer un couvert de 40cm de haut favorable au jeunes oiseaux.

Un brûlage par taches permet d'avoir des valeurs médianes comparables à ce que recherchent les oisillons dès le premier printemps qui suit.

Perméabilité optique

Le feu total, éliminant la totalité du couvert laisse un milieu ouvert extrêmement favorable à la prédation. De 60 % après le brûlage, elle passe à 20 % sept ans après la perturbation. Elle est alors surtout assurée par la strate herbacée.

Après un brûlage par taches, les ligneux bas assurent un abris au sol évidemment plus fort.

Diversité végétale :

Cette grandeur est calculée en combinant un indice de diversité horizontale et verticale.

Un brûlage sauvage fait chuter la diversité verticale car il n'y a plus qu'une seule strate alors qu'un feu par taches la préserve.

Impact sur la fonction trophique de l'habitat :

Les milieux ouverts sont plus riches en insectes et l'abondance d'espèces herbacées est un facteur de richesse.

Après brûlage, les insectes volants sont plus nombreux que les marcheurs ou les sauteurs qui constituent des proies de choix pour les jeunes perdrix. A la différence pondérale s'ajoute donc une moindre valeur spécifique. Cependant ces changements ne semblent pas influencer le succès de la reproduction.

Conséquences démographiques du brûlage

L'auteur ne dispose pas d'assez de recul au moment du rapport, mais il semble qu'aucun effet brûlage ne se manifeste entre la population des zones brûlées et celle du témoin.

Conclusion

La disponibilité de la ressource trophique après brûlage ne serait pas un facteur limitant pour la reproduction.

Cet étude met en avant pour la perdrix le besoin d'habitat fermé de type landes à côté de zones ouvertes. Le brûlage dirigé par taches est la technique la plus adaptée pour créer et entretenir ce type de formations, contrairement au brûlage en plein qui nécessite 5 ans avant qu'un milieu favorable aux perdrix ne se reforme. Les landes peuvent accueillir des nichées dès la première saison qui suit le brûlage dirigé par taches. Le brûlage dirigé n'est donc pas un élément de régression écologique. Les feux effectués par conditions humide préservent la litière et la strate herbacée, ils sont donc plus favorables que ceux effectués en conditions sèches d'un point de vu structurel et trophique.

LGP04-EFFETS SUR LA FAUNE ET LA VEGETATION : STRUCTURE ET COMPOSITION DU MILIEU DES PERDRIX GRISES

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Repérage des oiseaux au chien d'arrêt et par radio-emetteurs pour la cartographie de 64 zones de reproduction. Brûlage d'hiver sur ces zones.

Liste de la végétation dans un rayon de 25m autour des brûlages. Estimation du recouvrement et des hauteurs. Estimation des phytovolumes par interception sur des lignes permanentes de 50 m. Estimation de l'abri vis-à-vis des prédateurs par la méthode Jones (1968) et Bernard (1982).

Calcul par radio-tracking de la tailles des territoires explorés après le brûlage.

Ces observations ont été répétées sur 198 sites : 64 sites de reproductions témoins, 90 sites brûlés sous conditions sèches et 44 sous conditions humides.

Résultats bruts

Composition floristique :

Une analyse de correspondance révèle que la composition floristique est différente entre les lieux de pontes témoins et ceux après brûlage. L'auteur attribue ce résultat à un plus grand étalement altitudinal des zones témoins.

Le brûlage entraîne une diminution de la fréquence de contacts pour les espèces suivantes : *Tartostaphylos uva-ursii*, *Calluna vulgaris*, *Festuca paniculata*, *Trifolium* sp., *Vaccina myrtillus*, utiles pour les perdrix en automne.

Au contraire, les fréquences augmentent pour *Anthoxanthum odoratum*, *Agrostis capillaris*, *Festuca ovina* et *Gallium pumilum* qui sont utilisées par les perdrix comme nourriture hivernale.

Changements de structure après brûlage:

Diminution de la couverture et de la hauteur de végétation.

Expansion des plantes herbacées et des fougères (51 % après 1 à 4 ans contre 34 % de la surface sur les témoins) d'autant plus forte que le brûlage est effectué par conditions sèches.

La fermeture partielle du milieu par les ligneux est utile pour les oisillons de moins de trois semaines qui ne savent pas voler et qui restent à l'abri des prédateurs alors que les autres plus âgés fréquentent préférentiellement les milieux ouverts.

Dynamique de reconstitution du couvert.

Il faut approximativement 10 ans pour reconstituer la biomasse initiale dans ces formations. 8 ans après un brûlage dirigé dans des conditions sèches, 37% de la biomasse végétale de surface est reformée avec une hauteur de 0,43 m.

Après 5 à 6 ans, les zones brûlées peuvent accueillir les oisillons de moins de plus de trois semaines, et 8 années sont nécessaires pour voir apparaître les oisillons de moins de trois semaines.

Discussion

Le fait que les feux soient peu fréquents dans ces milieux qui n'ont plus de vocation pastorale peut expliquer que les effets du brûlage se fassent ressentir sur 28 des espèces rencontrées dans les aires de reproduction.

La raréfaction de certaines espèces végétales est compensée par l'expansion d'autres. Les nouvelles pousses de printemps sont supposées plus riches en protéines ce qui est favorable avant la ponte.

Pas d'informations disponible sur la ressource trophique en insecte dans cette étude.

En début de période de nidification, les perdrix grises ont cherché les landes à genêt purgatif avec un recouvrement moyen de 60% et une hauteur moyenne de 50 cm. Les oiseaux ont évité les sites où le recouvrement était inférieur à 20% ou supérieur à 80%.

Ceci permet de conclure à un effet négatif sur les populations de perdrix des brûlages effectués par conditions sèches générant de trop grande ouvertures (15ha). Au contraire les « feux humides » leur sont favorables en créant une mosaïque de petites ouvertures (5 ha) sachant que la taille moyenne de leur territoire est de 12 ha en moyenne (entre 4 et 16 ha).

Conclusion

En conclusion, le seul effet néfaste du brûlage sur l'habitat de ces oiseaux a été la réduction de la strate arbustive entre 0 et 50 cm qui sert d'abris vis à vis des prédateurs. Cependant, dans l'objectif de maintenir les populations de perdrix grises des Pyrénées, il est indispensable de bloquer l'évolution des milieux avant le stade de la pinède par le brûlage dirigé. Pour le maintien des zones de reproduction, l'auteur préconise alors des brûlages dirigés avec une fréquence de 15 à 20 ans, réalisés dans des conditions « humides », d'une superficie n'excédant pas 5 hectares et créant une mosaïque avec des intervalles non-brûlées de 10 à 15 ha.

DIV01-EFFETS SUR LA FAUNE : MAMMIFERE ET OISEAUX

Discussion

A travers les exemple relaté dans cet ouvrage, on peut distinguer deux effets du feux sur la faune :

- Une destruction directe des individus :

De très nombreux auteurs s'accordent à constater que la mortalité directe des vertébrés due au feux (contrôlés ou accidentels) reste très faible dans tous les cas (HOWARD et AL 1959; COOK, BISWELL et al , 1989; WADE 1990)

HOWARD et AL (1959), dans le chaparral californien, ont déterminé que la température létale pour les micromammifères retenus dans des pièges était comprise entre 59 et 63°C. LAWRENCE in WIRTZ, 1977 rapporte

les mêmes résultats avec une humidité relative de l'air de 22%, mais avec une humidité relative de 60%, cette température descend à 49°C.

La température de l'air au niveau du sol pendant un feu contrôlé dans le chaparral peut varier entre 315°C et 400°C (TESTER, LAWRENCE in WIRTZ, 1977), sous la surface du sol à faible profondeur elle est encore de 70°C. Malgré ces températures au dessus du seuil létal, les expérimentateurs observent que dans tous les cas, les animaux libres ont pu fuir où gagner un refuge.

Dans le Dakota, l'usage des feux prescrits s'est largement développé sur les prairies naturelles dans les zones humides. Les feux sont souvent conduits pendant la période de nidification de nombreux oiseaux nichant au sol (oiseaux d'eau et gelinotte à queue fine essentiellement). KRUSE et PIEHL ont suivi pendant deux ans le devenir des nichées sur la zone où étaient conduits les feux contrôlés. Sur 68 nids en cours, 69% ont survécu au feu. La reproduction des oiseaux de cette zone n'a donc pas été totalement compromise par le feu.

- Une transformation du milieu :

En France méditerranéenne et en Californie, PRODON (1987), WIRTZ (1977) et TIAWAG et al. (1982) rapportent, suite à un incendie ou à des feux contrôlés, un accroissement des peuplements d'oiseaux dans les zones brûlées par rapport aux zones non touchées par le feu.

Les feux prescrits dans le chaparral sont bénéfiques pour la faune sauvage s'ils sont utilisés pour créer des ouvertures de 20 à 35 ha, et néfastes lorsque les ouvertures excèdent 400 ha (BOCK et BOCK, 1988). Par exemple, les populations de cervidés augmentent, les individus sont plus lourds et leur taux de reproduction est meilleur dans les zones traitées par brûlage (BISWELL , 1969)

En général, la plupart des espèces de gibier (cervidés, lièvre, dindon sauvage, faisans, colin, et certains oiseaux) semblent favorisées par le feu et leurs populations augmentent après son passage (LYON et al, 1978).

Les animaux dépendant d'un stade avancé de la communauté végétale sont pour leur part souvent désavantagés par le feu.

Tous les auteurs cités s'accordent à dire que la réponse positive des populations de cervidés est attribuée à une augmentation de la diversité du milieu, associée à une augmentation de la qualité du fourrage disponible. Cependant, l'effet bénéfique des brûlages contrôlés reste de courte durée. L'amélioration de la qualité du fourrage en terme de richesse protéique ou de digestibilité ne se fait sentir que pendant la première année suivant le feu (DILLS, 1970 ; WOOD, 1988 ; SEVERSON, 1988 ; DEBYLE et al. , 1989°), l'accroissement de la production fourragère se faisant, pour sa part, sentir plus longtemps.

Conclusion

Peu d'effet néfaste du brûlage sur la faune vertébrée d'après cette bibliographie, avec même des allusions faites par certains auteurs relatives à une amélioration du régime alimentaire et une réduction des infestations parasitaires grâce au feu chez certaines espèces...

DIV04-EFFETS SUR LA FAUNE : ENTOMOFAUNE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Installation de 10 pièges d'interception dans chaque zone et trois pièges à appât pour les insectes volants. La récolte se faisait avec une fréquence de une à deux semaines.

Résultats bruts

Le brûlage engendre une diminution de la moitié de la population et quelques changements dans son organisation. La composition globale est conservée.

Les groupes héliophytes et phytophages sont favorisés car ils mangent les tissus vivants et pondent dans le bois brûlé.

Les prédateurs et détritivores sont désavantagés par la perturbation du milieu.

L'abondance de *Iulus* sp. Révèle une forte activité migratoire des pare-feu voisins vers les nouvelles zones ouvertes. Les papillons sont abondants dans les zones ouvertes et rares dans les zones brûlées. Ils se laissent vraisemblablement tomber au sol lors de la perturbation.

Les araignées ne sont pas affectées par le brûlage.

Conclusion

La faible température dans le sol n'a engendré aucun changement fondamental dans la faune de microarthropodes avant et après brûlage. Après incendie, on piége beaucoup plus d'animaux que sur le témoin, mais la faune a complètement changé, la plupart des insectes étant des détritivores et des prédateurs. Ce n'est que lorsque le milieu original se reconstitue que la faune antérieure revient.

DIV05-EFFETS SUR LA FAUNE : L'AVIFAUNE ET SON MILIEU

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Etude des différents stades de la dynamique de reforestation. Etude de la dynamique de la végétation après incendie par observation de milieu à histoire différente.

Echantillonnage de l'avifaune dans les profils de végétation identifiés à chaque stade soit 186 stations avec 50 espèces pour un gradient allant de la pelouse sèche à la forêt fermée.

Par analyse de correspondance il est alors possible de prédire la composition de l'avifaune d'après le profil végétal et viceversa. Ce modèle sert alors de référence pour les stations étudiées après incendie dont une soixantaine est rééchantillonnée chaque année.

Résultats bruts

L'influence de l'avifaune préexistante avant la perturbation reste perceptible dans tous les cas. L'attachement des oiseaux à leurs sites de reproduction tamponne les effets du feu.

L'outil mis en place permet de mesurer la vitesse de retour à une situation équivalente à une situation moyenne sans incendie.

Comportement après le passage du feu :

Les oiseaux nichant au sol ou dans les rochers (Traquets, monticoles, alouettes, cochevis, pipits, bruants) sont peu affectés, au contraire, ils colonisent temporairement le milieu ouvert.

Les oiseaux des strates buissonnantes (fauvettes, rossignols, tariers, accenteurs) disparaissent à peu près totalement des brûlis dans un premier temps et reviennent au fur et à mesure que le milieu se reconstitue.

Les oiseaux forestiers peuvent avoir des réactions variables : disparition prolongée, fréquentation continue à densité variable, disparition lors de la fermeture du maquis (Pinson).

Discussion

Les yeuseraines :

Après incendie dans une futaie, d'abord redémarre la strate herbacée puis le maquis. Il y a reconstitution des populations de mulots et souris puis pullulation 3 à 5 ans après la perturbation. Départ d'une partie des espèces forestières de l'avifaune. Quelques espèces viennent coloniser le milieu ouvert mais sont rapidement supplantées par les oiseaux de la strate arbustive (fauvettes, accenteurs, rossignols et merles). La croissance du chêne vert est lente et la reconstitution de l'avifaune d'origine nécessite de 50 à 100 ans.

Les suberaies

La reconstitution du feuillage se fait rapidement par le houppier. Après incendie, il y a apparition de légumineuses herbacées puis installation d'un maquis très dense. L'avifaune forestière d'origine peut donc se réinstaller très rapidement (2 à 3 ans après). Cependant les espèces de maquis restent excédentaires pendant une dizaine d'années. La réponse des micromammifères est à peu près la même que dans la yeuseraie. On estime que la reconstitution de la microfaune édaphique demande 20 ans.

Le maquis

Reconstitution rapide de la végétation après incendie. L'accentuation de l'hétérogénéité du milieu engendrée par le passage du feu permet de compter un nombre d'espèces nicheuses supérieur à la normale (Le nombre total d'espèces est multiplié par deux après un feu). Les espèces de milieux ouverts coexistent avec celles du maquis. Les retour à la normale prend 5 à 6 ans dans la cistiaie et 10 à 12 ans dans la bruyère.

Les pelouses méditerranéennes

Le passage du feu modifie peu la faune et la flore.

Conclusion

La rareté de l'avifaune augmente régulièrement lorsqu'on passe des formations ligneuses fermées à la pelouse d'où l'intérêt écologique de ces milieux ouverts. L'auteur préconise toute activité maintenant les milieux ouverts y compris le brûlage dirigé.

DIV06-EFFETS SUR LA FAUNE : COMPARAISON BRULAGE ET INCENDIE SUR L'AVIFAUNE.

Discussion

Les paramètres du feu ayant une influence sur l'avifaune sont :

L'Intensité :

Le brûlage s'accompagne d'une rémanence des oiseaux de la strate buissonnante alors que les incendies entraînent leur départ et favorisent la colonisation par des espèces de milieu ouvert.

La saison :

Elle influe par la présence ou non de nids au moment du feu, qui selon les cas peut engendrer un déséquilibre dans la pyramide des âges. Higgins et Engstrom ont démontré que le feu a un effet nul ou favorable sur le succès de la reproduction.

C'est un facteur important pour les oiseaux migrateurs qui doivent trouver un milieu favorable en fin de leur voyage.

La fréquence :

Oenanthe hispanica *

Plusieurs études ont démontré que la diversité maximale de l'écosystème est obtenue avec des fréquences intermédiaires de la perturbation.

N= Nicheurs qui restent après le feu ; N- : espèces qui disparaissent la première saison après incendie, mais pas *Lanius excubitor* ; N+ : nicheurs colonisant landes ou maquis brûlés ; ** vérifié en cas de feu partiel ; (*) espèce pouvant rester dans un maquis arboré incendié ; H- : hivernant qui disparaît après incendie complet, mais pas après brûlage ; *Emberiza horiniana* ; H+ : hivernant des milieux ouverts favorisés par le feu.

Espèce	N=	N-	N+	H-	H+
<i>Sylvia undata</i>		*			
<i>Sylvia melanocephala</i>		*			
<i>Sylvia cantillans</i>	(*)				
<i>Saxicola torquata</i>		*			
<i>Turdus merula</i>	(*)				
<i>Luscinia megarhynchos</i>	(*)				
<i>Anthus campestris</i>		**			
<i>Anthus trivialis</i>		**			
<i>Lullula arborea</i>		**			
<i>Galerida theklae</i>		*			
<i>Galerida christata</i>		*			
<i>Alauda arvensis</i>		**			
<i>Prunella modularis</i>		*			
<i>Troglodytes troglodytes</i>		*			
<i>Erithacus rubecula</i>		*			
<i>Anthus pratensis</i>		*			
<i>Prunella collaris</i>			*		
<i>Fringilla coelebs</i>		*			

L'échelle spatiale :

Il semblerait que le retour des oiseaux soit plus inféodé à la vitesse de reconstitution du milieu végétal qu'à la superficie de la perturbation.

L'hétérogénéité :

Un brûlage créant une mosaïque hétérogène de zones brûlées et non brûlées sera sans incidence sur les populations d'avifaune alors qu'un incendie engendrant un milieu homogène et perturbé n'autorisera à rester que les espèces faisant preuve d'une grande adaptabilité. Les autres reviendront quand le milieu sera cicatrisé.

Effet du brûlage dirigé sur les oiseaux :

C'est lors de la première saison de reproduction qui suit le brûlage que les changements induits par le passage du feu se font ressentir le plus fortement. Tous milieux confondus, le tableau ci joint montre que la modification de la composition en espèces suite à un incendie est plus importante que suite à un brûlage dirigé. Après incendie, on passe de 14 à 11 espèces dont 7 communes, alors qu'après brûlage, on passe de 14 à 16 espèces dont 14 communes, ce qui révèle un gain transitoire de 2 espèces.

Composition en espèces et densité :

Selon les milieux après brûlage, la densité et le nombre d'espèces peuvent augmenter, baisser ou rester stable. En milieu méditerranéen, la tendance est à une augmentation de la richesse spécifique.

Quantité et accessibilité de la nourriture :

En général, le brûlage n'engendre pas une chute de la disponibilité en nourriture pour les oiseaux. Parfois, on constate même une augmentation des populations d'invertébrés.

Couvert végétal :

L'élimination du couvert végétal engendré par le brûlage rend les oiseaux plus vulnérables aux prédateurs la première année qui suit le brûlage. Le brûlage génère aussi

un problème pour l'implantation des nids. Les oiseaux doivent trouver de nouvelles implantations pour suppléer à la détérioration des végétaux qu'ils avaient l'habitude d'utiliser.

Ténacité au site, reproduction et mortalité :

La ténacité des oiseaux au site après brûlage est observable à travers les forts taux de recapture obtenus. Elle serait responsable des retards dans la réponse des populations (nomadisme, densité, pyramide des âges) à la diminution de la qualité de leur habitat.

Peu d'études s'intéressent aux effets du brûlage sur la natalité :

Une étude conclue à la baisse du succès reproducteur des canards après un brûlage dans les prairies d'automne par rapport au brûlage de printemps, alors que deux autres études ne trouvent aucun effet brûlage chez le Bruant.

Aspects de gestion :

Certains auteurs ont émis des recommandations pour gérer l'habitat d'espèces de gibier (bécasse d'Amérique, gelinotte huppée, tétras à queue fine, perdrix grise) ou de rapaces (SO USA) par le feu dirigé.

Dans l'ensemble, ces recommandations vont dans le même sens et aspirent au maintien de l'hétérogénéité du milieu. Il n'y a pas référence sur les fréquences de feux nocives ou favorables à l'avifaune.

Les auteurs s'accordent pour dire qu'il faut éviter les feux en période de reproduction et recommandent parfois de brûler tôt au printemps avant l'arrivée des nicheurs et sans éliminer totalement le recouvrement herbacé.

Le brûlage dirigé peut aussi être utilisé en association avec le pâturage pour créer des espaces ouverts qui constituent l'habitat des espèces rares et menacées en France.

Conclusion

Peu de référence en Europe sur le brûlage dirigé, cependant, la bibliographie révèle des différences profondes entre l'impact d'un brûlage et d'un incendie sur l'avifaune : Le brûlage n'induit généralement que de petites discontinuités dans le paysage qui sont partielles et éphémères, alors que les incendies intenses et de grande taille ont des effets durables et étendus.

Les facteurs qui semblent influencer le plus l'avifaune sont la saison du brûlage et l'hétérogénéité créée. Mais le sujet est encore bien mal connu...

LGB05-EFFETS SUR LE MILIEU : IMPACT SUR LA DIVERSITE PAYSAGERE

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Observation de la dynamique d'après le terrain, des photos aériennes, des documents d'archives.

Discussion

Les formations végétales de lande évoluent peu en quelques années mais se ferment à l'échelle de plusieurs dizaines d'années. L'analyse multitemporelle des photos aériennes montre que la vitesse de transformation des landes dépend fortement de la présence ou non d'espèces colonisatrices à proximité des parcelles.

Le brûlage dirigé est un outil traditionnel indispensable pour éviter la fermeture du milieu qui s'accompagne d'une homogénéisation des paysages et d'une perte durable d'espaces pastoraux.

La pratique traditionnelle du feu contrôlé, bien encadré permet une gestion active de l'espace et favorise une évolution vers une diversité paysagère maximale : brûlage de surfaces restreintes, physionomie variée, évite la dégradation des forêts en soulane.

Conclusion

Le brûlage dirigé est un outil de gestion majeur pour le maintien d'un paysage en mosaïque.

LGP06-EFFETS SUR LE MILIEU : PERTES EN NUTRIMENTS PAR DISSOLUTION A L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

La stratégie globale s'articule autours de trois idées :

- définition d'un état chimique initial avant écoubage, avec calage hydrologique et hydrochimique par rapport au bassin versant des Cloutasses, bassin de référence non perturbé.
- écoubage du bassin versant susceptible de provoquer un stress chimique du bassin par apport brutal d'éléments minéraux sous forme de cendres et suppression de la pompe biologique racinaire.
- mesure de l'impact hydrochimique de l'écoubage par un suivi fin des concentrations de chaque élément et des flux massiques correspondants si possible.

Pour répondre à cette problématique, les dispositifs suivants ont été installés :

- prélèvement et analyse du genêt avant et après brûlage,
- prélèvement et analyse quotidienne de l'eau du ruisseau passant au pied du versant avant et après brûlage, dosage des éléments Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ et Si.
- évaluation de la biomasse de genêts brûlés par grands transects (200 - 400m) avec des points de contacts tous les 5 mètres,
- étude des entrées et sorties d'eau dans le bassin versant,
- simulation de pluie sur le genêt purgatif.

Résultats bruts

Résultat des dosages dans le genêt :

Evaluation des pertes pour le bassin versant :

	biovolume m^3	biomasse t	t.ha^{-1}
Genêt avant brûlage	20000 ± 2000	300 ± 70	30
Pertes en supposant que les tiges brûlent	45%	135 ± 31	
Pertes en supposant que les tiges ne brûlent pas		88 ± 20	
Pertes gazeuses : eau		42 ± 10	5,0
Pertes gazeuses : autre que eau		46 ± 11	5,6
Pertes minérales (constituent 1,5 % de la composition du genêt)			0,089

Pertes par élément si on prend pas en compte la part de tiges et de litière consumée.

Eléments	K	Ca	Mg	Si	Mn	S	P	Fe	Na
Pertes en kg.ha^{-1}	22.8	8.6	4.2	3.6	2.9	2.5	2.2	1.3	0.4

Résultat de la simulation de pluie

Comparaison de trois pluies artificielles successives avant et après écoubage.

Calcul de $RC = \frac{\text{Concentration de l'élément dans l'eau de ruisseau}}{\text{Concentration du même élément dans l'eau de pluie}}$ défini à un instant t donné.

		K^+	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Cl^-	HCO_3^-	Mg^{2+}	Si	Na^+	H^+	NH_4^+	P	Fe	Mn
Avant écobuage	RC à 15mn	1.88	1.47	0.63	0.95	0.63	0.65	1.02	1.00	5.76	1.00			
Après écobuage	RC à 9 mn	9.56	2.12	1.77	1.52	1.5	1.48	1.26	1.24	1.07	(15)			
	RC à 33 mn	4.36	1.4	1.07	1.24	0.75	0.93	1.06	1.06	1.31	1			
Composition en mg.kg ⁻¹ du genêt		6140	960	4760			1030		85			1920	293	577

Le chiffre entre parenthèses est peu fiable à cause des concentrations très faibles.

Pendant le régime transitoire (début de la pluie, t = 9mn), l'augmentation des concentrations en éléments des eaux de ruissellement est évidente pour tous les ions dosés.

Pendant le régime permanent, les éléments subissent une baisse de leur concentration car la libération chimique à partir des cendres commence à s'atténuer. La concentration se rapproche plus de celle qu'on obtenait avec la simulation de pluie avant le brûlage.

Résultats de l'étude du bassin versant des Bouzèdes :

On constate des pics dans les concentrations en éléments de l'eau prélevée à la sortie du bassin versant pendant la période qui suit l'écobuage. C'est pics apparaissent à des moments différents selon l'élément considéré. Ces pics ne sont pas à attribuer à des variations de teneur en élément de l'eau de pluie, ils peuvent donc être considérés comme une conséquence directe de l'écobuage.

Une couche de neige et de glace formée le lendemain de l'écobuage ont limité le transport des cendres par le vent. L'exportation des éléments minéraux s'est faite en deux temps :

- du 19 au 24 mars à la fonte des neiges pour Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} et Si.
- du 5 au 14 avril suite à de fortes précipitations pour K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} qui sont les principaux éléments présents dans le genêt.

Evaluation des masses minérales exportées par l'eau

A partir des résultats obtenus sur les concentrations en nutriments et les débits du ruisseau, il est possible d'estimer la quantité d'éléments emportés par ruissellement et infiltration provenant des cendres de l'écobuage. Toutes les estimations effectuées évaluent ce transport à 5 % (au maximum) de la part des éléments contenus dans les cendres.

Les pertes induites par l'écobuage représentent en pourcentage des réserves mobilisables par les végétaux

4,25 % pour K

1,5 % pour Ca

3,5 % pour Mg

Discussion

Les résultats obtenus par les pluies artificielles sont intéressants :

- confirmation de l'existence d'échange entre l'eau et la phase immobile (genêt, surface du sol,...)
- démonstration de l'exportation d'éléments minéraux suite à l'écobuage, et plus particulièrement de K^+ , SO_4^{2-} et Ca^{2+} .
- sous une pluie de forte intensité, l'effet écobuage est de courte durée : au bout de 33mn RC est proche de 1.

La réponse hydrochimique du brûlage s'est manifestée rapidement dès la fonte de la neige soit 4 jour après le brûlage. La réponse est de courte durée pour les éléments présents sous de faibles concentrations dans le genêt et plus durable pour les éléments présents à des concentrations plus fortes. On retrouve le classement rencontré lors des pluies artificielles : K^+ , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} et Si. Il n'y a pas d'exportation de l'azote des cendres sous forme de NH_4^+ ou de NO_3^- .

Si les exportations d'éléments ne représentent que 5% des cendres au niveau du bassin versant, elles peuvent être beaucoup plus fortes à l'échelle du versant.

L'auteur conclue à ces règles de gestion :

Faire des brûlages de petite surface,

Ne pas en faire une pratique régulière, mais juste un appui au pâturage,

Ne plus pratiquer ces brûlages sur les zones dont la topographie présente des risques de forte exportation minérale

Conclusion

Cette étude ne concerne que les exportations d'éléments minéraux en solution provenant du lessivage des cendres d'écobuage (5%). Mais il existe d'autres transferts qui ne sont pas traités dans ce document : les cendres exportées par le vent et les eaux de ruissellement et les transferts à l'échelle du versant.

Des acquis sont certains à travers cette étude :

- les exportations portent essentiellement sur K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} mais aussi sur SO_4^{2-} et Si,
- la météo et la topographie influencent le rythme des transferts,
- l'effet brûlage est de courte durée,
- les réserves du sol en certains minéraux peuvent être appauvries, notamment pour K et Mg.

DIV03-EFFETS SUR LE MILIEU : QUALITE DE L'EAU ET PERTURBATION

Discussion

La qualité de l'eau

GOTTFREID et DEBANO (1990) révèlent lors d'un brûlage dans *Pinus ponderosa* sur le versant d'un cours d'eau des changements significatifs sur les composants de l'eau, mais trop faibles pour avoir un effet négatif.

Un facteur naturel de perturbation

C'est le passage répété du feu qui est à l'origine des futaies très claires de *Pinus ponderosa* et est donc indispensable à la pérennité de ces formations.

DIV04-EFFETS SUR LE MILIEU : CONCLUSION ET LONG TERME

Discussion

Le brûlage dirigé n'affecte pas fondamentalement la structure des communautés, la composition spécifique des strates basses et le microclimat du sol contrairement aux incendies. Les broussailles repoussent plus vite après brûlage qu'après débroussaillage mais ni l'un ni l'autre n'affecte la composition floristique. Les fluctuations microclimatiques sont plus importantes après brûlage qu'après débroussaillage ce qui a des effets sur la microfaune et se traduit par une activation de la minéralisation du cellulose et un changement de la dégradation de la litière. Les changements microclimatiques apparaissent comme étant la principale cause de changement de faune et mésafaune observés après brûlage.

Des brûlages répétés auraient probablement des effets différents sur l'écosystème forestier par pertes cumulées d'éléments volatils, réduction de la quantité de matière organique à la surface du sol avec les conséquences que ça engendre sur les paramètres physiques du sol, la réduction de l'alimentation de la faune et mésafaune de la litière et du sol. De plus, dans ce milieu, les feux dirigés engendrent une diminution de l'herbe au profit des broussailles, posant alors le problème de l'enherbement futur.

APA06 : EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : DOMMAGES AUX TRONCS ET AUX HOUPIERS

Méthode utilisée pour l'étude des effets

3 parcelles de 10 * 50 m (1 : feu descendant, 2 : feu montant, 3 : témoin) sont divisées en deux sous parcelles :

- parcelle sur pare-feu avec faible phytomasse de *Quercus coccifera* et *Brachypodium ramosum*. Hauteur < 1m.
- parcelle non débroussaillée avec un sous bois de deux mètres de haut composé de chêne kermès et de romarin avec beaucoup d'aiguilles perchées.

Description de la strate arborée :

Cartographie et mesure de la hauteur et du diamètre de tous les arbres. Pour évaluer l'intensité des dommages sur la partie aérienne, la hauteur des premières aiguilles vertes, l'épaisseur de l'écorce dans les 4 directions, la hauteur et l'intensité de carbonisation du tronc, la résistance électrique du cambium et la part du houppier altérée ont été mesurés.

Description du front de flamme :

Mesure de la géométrie des flammes, du temps de résilience et de l'intensité du front de flamme, ainsi que du temps de passage sur les arbres et les microplacettes.

Résultats bruts

Parcelle	Sous parcelle	Conduite	<i>Mortalité en juin</i>		<i>Déssication houppier Juin</i>	
			<i>Houppier 100 % désséchés</i>	<i>Houppiers desséchés + REC élevée</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
1	b	Descendant	0	0	0+2	10 5,75

	b	Montant	4	57,1	4	57,1	77,86
	a	Les deux	0	0	0 + 1	4,55	0,68
2	b	Descendant	3	37,5	3	37,5	56,88
	b	Montant	6	20	6 + 5	36,7	53,07
	a	Descendant	0	0	0	0	0

REC : résistance cambiale à 1,3m.

Discussion

Le feu descendant ne cause que de faibles dommages apparents indépendamment de la charge en combustible. Le feu montant a aussi un effet restreint quand il est pratiqué sur la zone débroussaillé.

Dégâts sur le houppier :

Les arbres les plus touchés sont ceux qui étaient en amont des zones non débroussaillées où le brûlage fut réalisé en montant. Il se trouvaient ainsi dans les colonnes de convection les plus chaudes.

Dégâts sur le tronc :

La hauteur de carbonisation et l'intensité des brûlures sur le tronc sont corrélées à la hauteur des flammes lors de leur passage, mais il n'est pas possible d'en déduire les températures auquel le tronc a été exposé.

Mortalité :

Estimée de manière précoce d'après les arbres dont les houppiers sont totalement desséchés, elle est de 17%.

Elle augmente avec la carbonisation du tronc et baisse avec le diamètre. Les morts sont essentiellement ceux dont au moins 75% du houppier a été desséché lors du brûlage.

Conclusion

La mortalité est faible. Dans ce cas, elle est plus liée aux dégâts sur le houppier qu'aux dégâts sur le tronc.

APE01-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : MORTALITE ET DOMMAGES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Cartographie des arbres sur les parcelles expérimentales.

Notation des dégâts apparents pour chaque arbre.

Résultats bruts

Les arbres sont notés selon leur état à travers la grille suivante :

V pour vivant : houppier vert et pas fané.

VR pour vivant avec rejets : houppier vert mais avec des rejets sur le tiers inférieur du tronc.

M pour mort : houppier desséché avec ou sans rejet.

Dégâts observés sur les eucalyptus globulus :

Diamètre e (mm)	0-50			51-100			101-150			151-200			201-250			251-300			
Dégâts	V	VR	M	V	VR	M	V	VR	M	V	VR	M	V	VR	M	V	VR	M	n
I	12	44	44	89	11	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	-	-	-	61
II	-	38	62	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	-	-	-	56
III	-	17	83	80	20	-	100	0	0	100	0	0	100	0	0	-	-	-	51
Total %	0	37	63	88	12	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	168

Les classes I, II, III correspondent à des intensités du front de flamme différentes :

I : 0-15 kcal.m⁻¹.s⁻¹.

II : 16-25 kcal.m⁻¹.s⁻¹.

III : 26-40 kcal.m⁻¹.s⁻¹.

IV : 41-55 kcal.m⁻¹.s⁻¹.

Pour les *Pinus pinaster*, la mortalité des arbres de diamètre 0-50 est de 83% pour ceux qui ont été exposé à un feu d'intensité III et 22% pour ceux exposé à une intensité de classe II. Les autres n'ont pas été affectés.

Discussion

Le tableau ci-dessus a été reconstitué à partir de la cartographie de tous les arbres et de l'évolution du front de flamme.

Ces résultats illustrent l'influence de l'énergie du front de flamme sur la mortalité des peuplements. A partir de 10 cm de diamètre, les dégâts sur les peuplements d'eucalyptus sont nuls avec un brûlage de 40 kcal.m⁻¹. De plus seuls 20% des arbres de 50-100 mm sont blessés et aucun ne meure.

Les résultats sur le pin sont peu fiables vu la faible durée d'observation, mais vont dans le même sens.

Conclusion

Le brûlage dirigé peut être utilisé dans des peuplements jeunes de forte densité pour effectuer une éclaircie thermique, tout en réduisant le risque d'incendie.

APM11-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : ECHAUFFEMENT ET BLESSURES AU TRONC.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Deux sites expérimentaux ont été utilisés avec deux protocoles légèrement différents:

A Gallas :

24 parcelles de 6*4 m sont mises en place de manière à avoir un arbre en position centrale. Chaque parcelle est allumée avec des amorces. L'objectif est de recréer un feu de faible puissance correspondant aux conditions des brûlages par bandes successives.

A campo da Poza

12 parcelles de 9*6 ou 11*6 m ont été sélectionnées de manière à disposer d'un arbre en position centrale. Pour toutes ces placettes, une bande de combustible adjacent de 2 ou 3 mètres de long sur deux mètres de large était allumée simultanément à la torche pour que le feu ait une vitesse et une intensité plus forte qu'à Gallas. La charge en combustible fut augmentée artificiellement avec des aiguilles de pin, d'ajonc et de la paille de blé.

28 thermocouples étaient installés sur chaque arbre :

hauteurs 0, 25, 50, 100 et 150 cm, coté au vent et sous le vent, à la surface du tronc et dans le cambium, plus 4 dans le houppier à 3, 4, 5 et 6 mètres de haut.

Mesure de la hauteur de tronc carbonisé coté au vent et sous le vent. Film numérique, centrale d'acquisition météorologique.

Résultats bruts

Les charges en combustible étaient conformes à celles observées dans la région.

	n	Moyenne	E Type	Max	Min
Charge totale kg.m ⁻²	31	1,7	0,4	2,7	0,9
Réduction du combustible kg.m ⁻²	31	1,3	0,3	2,3	0,6
Densité de végétaux kg.m ⁻³	22	0,01	0,01	0,04	0,00
Densité de la litière kg.m ⁻³	31	0,27	0,11	0,46	0,09
Dégâts au tronc					
Hauteur carbonisée au vent, m		0,98		2	0,1
Hauteur carbonisée sous le vent, m		1,20		3,6	0,2
Dégâts au houppier					
Hauteur d'échauffement, m		5,5		8,8	2,3
Pourcentage de houppier desséché		27,5		83,8	0
Pourcentage des arbres roussis		61,3			

La consommation de litière est semblable à celle observée en laboratoire.

Pas de mortalité observée les deux années qui suivirent.

Discussion

La hauteur brûlée est plus forte sous le vent. Pour la plupart des arbres, la combustion de l'écorce est très légère.

Les températures proche de 300°C ont été atteintes en dessous de 1m sur le coté au vent et jusqu'à 1,5 m sous le vent ce qui coïncide exactement avec les hauteurs de rouississement du tronc.

Les moyennes des températures maximales décroissent avec la hauteur. Coté au vent, le maximum de température est observé entre 0 et 25 cm alors que coté sous le vent il se situe entre 25 et 50 cm. Au niveau du sol, les températures atteintes au vent sont plus fortes que sous le vent.

Ces observations confirment d'autres résultats situant les températures maximales lors d'un brûlage entre 10 et 30 cm au dessus du sol. Les variations sans conséquence observées au niveau du cambium confirment des résultats déjà obtenus par hernado (1997).

Températures observées en °C:

	Hauteur	Surface Cambium	Surface Ecorce
A u v e n t	0	20,9	560,4
	25	25,0	543,4
	50	26,1	439,4
	100	20,6	294,6
	150	22,0	227,8
S o u s	0	20,9	413,6
	25	25,0	662,9
	50	26,1	608,3
	100	20,6	447,0
	150	22,0	395,1

Les thermocouples placés dans le houppier montrent que les durées d'échauffement létale ne sont atteintes qu'occasionnellement sur les parties basses à 3 ou 4 m.

Conclusion

Le coté du tronc sous le vent est chauffé plus haut et plus intensément que le coté au vent. C'est le contraire au niveau du sol. Les températures relevées à la surface de l'écorce sont assez élevées, mais l'échauffement qui en résulte est de courte durée, et sans conséquences pour le cambium. Les plus fortes variations de température sont observées entre 25 et 50 cm.

L'écorce est donc une protection thermique très efficace, et si le risque de dommage existe, sa probabilité est faible, sauf accumulation de combustible autour de l'arbre. L'absence de mortalité deux ans après informe d'une résistance appréciable des arbres à la défoliation d'une partie du houppier dès lors qu'il n'y a pas de blessure au tronc. C'est résultats suggèrent que le brûlage peut être utilisé dans des peuplements jeunes de Pin maritime, le seul risque étant d'échauffer trop l'appareil racinaire au niveau du sol.

APM10-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : VARIATION DES CONSTITUANTS CHIMIQUES DES FEUILLES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

45 arbres ont subi un échauffement du tronc à l'aide d'un chalumeau chauffant des plaques métalliques disposées à 35 cm du sol au contact de l'écorce.

Le roussissement du houppier a été effectué de la même manière en maintenant la flamme à une distance convenable des feuilles.

Les arbres furent ensuite classés selon les dégâts qu'il avaient :

T0 : 0%, T1 : 60%, T2 : 75 % du périmètre du tronc endommagé.

C0 : 0%, C1 : 60%, C2 : 75 % du houppier endommagé.

Toutes les combinaisons furent représentées selon un plan d'échantillonnage factoriel randomisé.

Les prélèvements de feuilles analysées ont été faits avant l'échauffement, puis le 9 mars, le 27 mars, le 9 mai, le 9 juillet et le 6 novembre.

Sur tous les échantillons le Ph, le pouvoir tampon, l'astringence, les tannins, les polyphénols, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, K, les acides phénoliques libres et estérifiés et les pigments furent étudiés.

Discussion

Les facteurs étudiés réagissent soit à un type de dommage, soit à partir d'une certaine intensité de dommages.

PH

Quand les arbres ne sont pas endommagés dans le houppier, le PH des aiguilles augmente 2 mois après le feu. A partir de 8 mois, il n'y a plus de différence.

La réponse à un dommage au tronc est plus rapide (7 jours) et opposée. Le PH des arbres T2 est plus faible que celui de T0.

Pouvoir tampon

Les dégâts sur le houppier entraînent une baisse du pouvoir tampon dans les 20 jours pour les arbres C2 et C1, et ce pour une durée de 8 mois.

Polyphénols et tanins

Leurs teneurs augmentent chez les arbres présentant des dégâts sur le houppier deux mois après l'échauffement.

Ce résultat conforte une observation déjà faite dans le cadre d'un brûlage dirigé d'une puissance de 423 kw.m^{-1} .

Calcium

La teneur en calcium augmente que sur les arbres qui ont des dégâts exclusivement foliaires. Cette réaction commence 2 à 4 mois après la perturbation. Chez les arbres qui ont simultanément des blessures au tronc et au houppier, la teneur en Ca augmente immédiatement après le traitement de manière plus marquée que pour les arbres T2C0.

Cette augmentation avait déjà été observé après un brûlage dirigé, ou pour des arbres exposés à une forte concentration d'ozone.

Magnésium

La teneur en magnésium des feuilles est un bon indicateur des dégâts au tronc car elle décroît juste après le feu pour une durée d'au moins 8 mois.

Les acides phénoliques libres ou estérifiés

Ce sont aussi de bons indicateurs.

Les dommages foliaires seuls sont suivis d'une hausse de la teneur en acide "gallique" des feuilles C2, 20 jours après la perturbation. Cette variation existe encore deux mois après. Il n'y a pas de changement significatif de ces concentrations en relation avec les dégâts au tronc contrairement à un résultat obtenu avec des arbres plus agés, même si parfois on observe un pic de concentration à 20 jours pour les arbres T2 allant dans ce sens.

Les dommages exclusifs au houppier s'accompagnent aussi d'une hausse éphémère des concentrations d'acide estérifié "P-hydroxibenzoïque" que sur les arbres C2, 20 jours après le brûlage. Le même phénomène est observé pendant un mois avec l'acide "syringique" estérifié.

Les dommages au tronc sont suivis d'une baisse de la teneur en acide estérifié "P-coumarique", 2 mois après le traitement.

Les pigments

Les chlorophylles A et B augmentent 20 jours après le traitement dans les arbres T1C1. Ce gain est continu pour la chlorophylle A mais ne réapparaît qu'en novembre avec la chlorophylle B. Ces arbres se caractérisent aussi par une hausse en caroténoïdes.

Conclusion

➤ Les dommages exclusifs aux troncs génèrent des réponses précoces et ponctuelles :

Une semaine après le Ph et [Mg] baissent;

20 jours après les teneurs en acide gallique estérifié et en acide syringique augmentent alors que celles de l'acide ferulique baissent.

2 mois après, baisse des teneurs en acide P-coumarique, et seul [Mg] varie sur le long terme.

➤ Les dommages exclusifs aux houppiers sont suivis de réponses plus tardives :

20 jours après, le pouvoir tampon baisse et les teneurs en acide gallique, P-hydrobenzoïque et syringique augmentent.

2 à 4 mois plus tard, le Ph, les polyphénols, les tanins et le pouvoir tampon baissent.

➤ Dommages combinés :

Réaction immédiate : hausse des caroténoïdes et 20 jours après, hausse de la chlorophylle A et B; augmentation des teneurs en calcium, par rapport aux arbres qui n'ont que dégât au tronc.

L'évolution des teneurs de chlorophylles varient selon l'intensité relative de chacun des dommages.

APM09-EFFETS SUR LA FLORE : COMPARAISON DE L'EFFET D'UN BRULAGE ET D'UN INCENDIE SUR LES POPULATIONS FONGIQUES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Les dispositifs sont constitués de deux parcelles de 10*10 m où tous les carpophores à maturité sont récoltés toutes les semaines de septembre à décembre, avec des passages moins fréquents le reste de l'année.

La dénomination des parcelles est la suivante :

Alba : incendie en 1984 sur une parcelle dont l'état initial était connu, relevés de septembre 81 à décembre 88.

Cerponzon Q : parcelle ayant fait l'objet d'un brûlage dirigé.

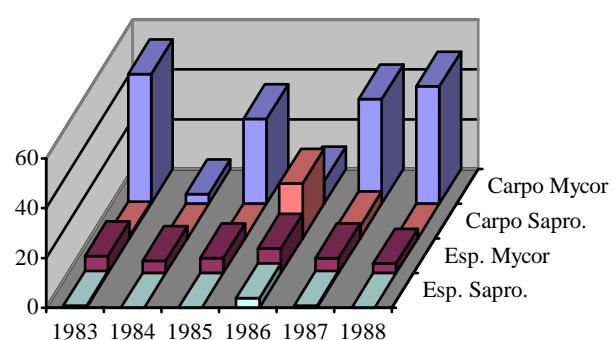
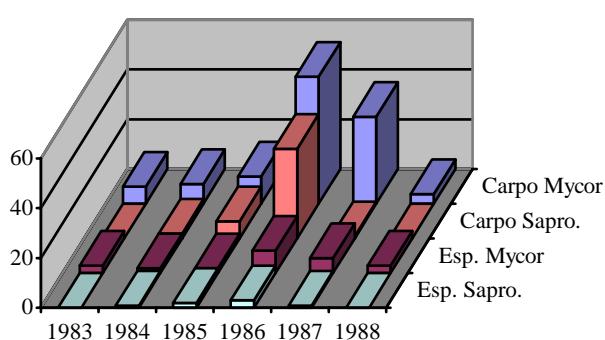
Cerponzon T : parcelle témoin.

Résultats bruts

Nombre d'espèces et de carpophores selon le traitement et l'année de récolte.

Témoin

Brûlage dirigé



Discussion

➤ Sur la parcelle Alba

30 espèces de macromicètes sont rencontrées lors des relevés dont 22 mycorhytiques et 7 saprophytiques.

Dans le cas de l'incendie seules sept espèces se retrouvent dans les relevés avant et après la perturbation. La récolte de carpophore connaît une forte baisse. L'indice de jacquard, atteignant seulement 21%, confirme la perturbation des populations de champignons générée par le feu sauvage.

Pour les saprophytes, le passage d'un feu intense comme un incendie d'été représente une perte importante de matière organique en surface. Il est donc suivi d'une diminution de la production des carpophores, qui n'apparaissent plus qu'à l'occasion de conditions climatiques particulièrement favorables.

La réponse des champignons mycorhithiques est différente. L'auteur interprète ce résultat en rappelant que leur fructification est corrélée à la survie précaire du système racinaire des pins qui connaissent une forte mortalité suite à l'incendie et à l'expansion des champignons pathogènes comme *Leptographium gallicae*. La mort des arbres survenant la deuxième année, on comprendra l'absence de carpophores pendant les années 86 et 87. La reprise des effectifs s'apparente à l'apparition de la régénération de pins.

Les apparitions et les disparitions d'espèces suivent des modalités très variées : apparition rapide de nouvelles espèces (*Cantharellus cibarius*, *Laccaria ohiensis*, *Tricholoma portentosum*) ; disparition rapide de certaines autres, fructification abondante l'année suivante avant disparition pour d'autres ou disparition puis réapparition progressive avec la cicatrisation.

La disparition après l'incendie d'espèces considérées comme résistantes au brûlage dirigé met en relief la différence d'impact qui existe entre les deux traitements.

➤ Parcille de cerponzon

21 espèces sont recensées, 17 sur la parcille témoin et 17 sur la parcille brûlée. L'indice de Jacquard est de 61% ce qui confirme la similitude des populations de la parcille témoin et de la parcille brûlée, et par conséquent, l'absence de dégât notable sur les appareils racinaires.

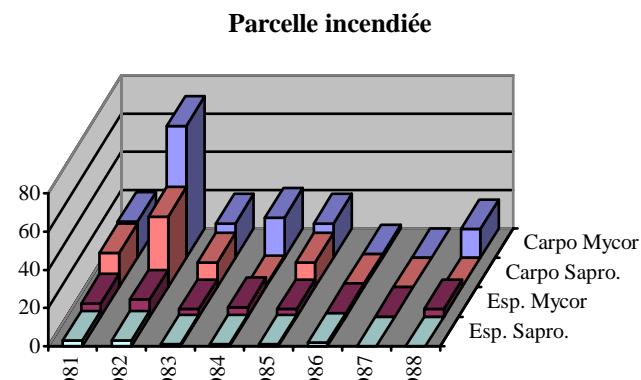
Il apparaît clairement que le nombre de carpophores des espèces mycorhithiques est plus élevé sur la parcille brûlée. C'est l'inverse pour les saprophytes.

Cette observation suggère la destruction de la matière organique superficielle et l'enrichissement du sol en éléments minéraux favorables à la symbiose plante champignon, ou l'élimination de compétiteurs dans cette niche écologique. A noter une espèce remarquable favorisée par les brûlages dirigés: *Laccaria laccata*, ainsi que quelques autres dans une moindre mesure comme *Xerocomus badius*, *Tricholoma saponaceum* et *Ammanita gemmata*.

Conclusion

L'incendie détruit massivement les macromycètes de *Pinus pinaster* alors que le brûlage affecte peu les populations et aurait même un effet stimulant sur la production des carpophores. Toute ces observations aboutissent à la création de ce tableau rappelant la sensibilité de chaque espèce selon l'intensité du feu :

Espèce	Incendie	Brûlage dirigé
<i>Amanita citrina</i>	Endommagée	Stimulée
<i>Amanita gemmata</i>	Endommagée	Stimulée
<i>Amanita rubescens</i>	Endommagée	Endommagée
<i>Laccaria laccata</i>	Endommagée	Stimulée
<i>Suillus bovinus</i>	Endommagée	Indifférente
<i>Tricholoma saponaceum</i>	Endommagée	Stimulée
<i>Xerocomus badius</i>	Endommagée	Stimulée



APM12-EFFETS SUR LA FLORE : REDUCTION DU COMBUSTIBLE DE LA STRATE BASSE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Prélèvement et pesée d'échantillons.

Résultats bruts

Réduction de combustible immédiate lors des brûlages expérimentaux.

	Humus Non brûlé	Humus	LFH	Restes ligneux	Total
	%	G.m ⁻²			
Porrejon					
1 ^{er} brûlage	46,3	675	1538	407	1974
2 nd brûlage	37,4	345	817	151	992
Galice					
1 ^{er} brûlage	93,7	121	710	247	1280
2 nd brûlage	88,4	208	707	142	972

Discussion

En Galice on constate une réduction immédiate de 60% de la litière et de 9% de l'humus. La litière s'est reconstituée en 4 ans. La quantité d'humus n'a été que légèrement modifiée suite au second brûlage sur 40% des sites.

A Porrejon, le brûlage réduit de manière immédiate une quantité de combustible significativement supérieure au débroussaillement, puisque sur les deux répétitions le taux de réduction du combustible est de 92%. La part d'humus réduit est semblable pour les deux traitements avec 58%.

Quatre ans plus tard, la charge en humus brut est encore plus faible sur les parcelles travaillées que sur le témoin. La charge en litière est plus faible que le témoin uniquement sur les parcelles brûlées.

Conclusion

Le brûlage est plus efficace que le débroussaillement pour la réduction de la litière, et d'efficacité égale pour la réduction de l'humus brut.

APA06 : EFFETS SUR LA FLORE : DYNAMIQUE ET COMPOSITION FLORISTIQUE DES STRATES BASSES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

3 parcelles de 10 * 50 m (1 : feu descendant, 2 : feu montant, 3 : témoin) sont divisées en deux sous parcelles :

- a) parcelle sur pare-feu avec faible phytomasse de *Quercus coccifera* et *Brachypodium ramosum*. Hauteur < 1m.
- b) parcelle non débroussaillée avec un sous bois de deux mètres de haut composé de chêne kermès et de romarin avec beaucoup d'aiguilles perchées.

Description de la strate basse :

- Technique des microplacettes hexagonales de 1m²,
- Lignes permanentes de 20m avec lecture des points de contact tous les 20 cm,
- Récolte de végétation pour l'étalonnage de système de mesure.

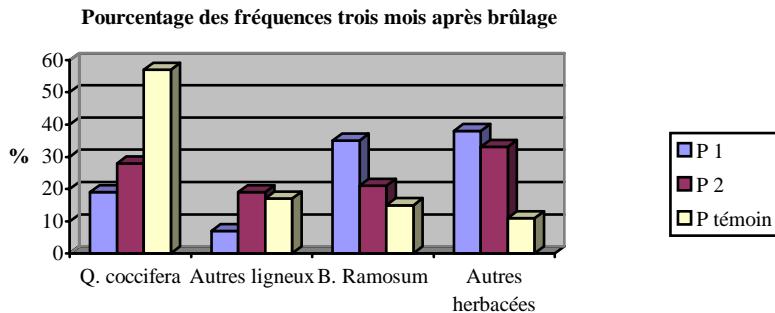
Mesure de la teneur en eau par strate de combustible.

Relevés des transects 15 et 25 jours après les brûlages.

Résultats bruts

Charge en combustible	Initiale g.m ⁻²	Parcelle 1		Parcelle 2	
		Non brûlée g.m ⁻²	Réduction %	Non brûlée g.m ⁻²	Réduction %
<i>Combustible vivant</i>					
<i>Quercus coccifera</i>	708	645.8	8.8	565.8	20.1
<i>Rosmarinus officinalis</i>	354	165.5	55.8	123.0	65.2
Autres espèces*	58	6.5	88.9	35.8	38.8
Total	1120	808.8	20.7	724.6	29.0
<i>Combustible mort</i>					
Litière	1024	276.0	73.0	138.8	86.5

* : *Asparagus acutifolius*, *Rhamnus alaternus*, *Lonicera implexa*, *Rubia peregrina*.



Discussion

La réduction du combustible est plus forte quand on est en présence d'herbacées ou de ligneux jeunes. Cette grandeur est indépendante du mode de conduite.

Les premiers rejets arrivent 15 à 30 jours après le brûlage.

La première espèce à rejeter est l'aphyllante de Montpellier qui redémarre après 15 jours, puis suivent *Rubia peregrina* et *Asparagus acutifolius* deux semaines plus tard. Le chêne kermès rejette en Mai et les dernières espèces à faire de timides rejets peu vigoureux sont *Lonicera implexa*, *Ononis minutissima*, *Teucrium chamaedrys* et *Genista hispanica*.

Après trois mois, on observe une forte présence de fétuque et de brachypode rameux. La phytomasse herbacée et la richesse floristique augmentent suite à une colonisation rapide des plantes annuelles préexistantes.

Trabaud (1983) illustre la compétition qui existe entre ligneux bas et herbacées pour l'occupation du sol en observant qu'il faut 10 ans pour que les recouvrements se stabilisent.

L'appréciation correcte des effets du feu sur les ligneux bas n'est donc pas possible quelques mois après brûlage.

La reconstitution de la litière se fait en trois mois grâce à la forte contribution des feuilles de chêne kermès qui tombent début Mai suite à l'échauffement du brûlage.

Conclusion

Le brûlage génère une forte réduction du combustible qui est temporairement favorables aux herbacées. La litière se reconstitue rapidement sous le chêne kermès après un premier brûlage.

LBA04-EFFETS SUR LA FLORE : REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Récolte de 10m² de combustible, séchage à l'étuve et pesée.

Résultats bruts

Ce brûlage entraîne une diminution de combustible de 61% et le front de flamme dégage une énergie de 136 kcal.m⁻¹.s⁻¹.

Discussion

Le brûlage est réalisable dans ces formations et entraîne une diminution de combustible satisfaisante d'un point de vue DFCI.

Conclusion

Le brûlage dirigé est une technique valable pour la réduction du risque incendie dans les landes à ajonc.

LBA05-EFFETS SUR LA FLORE : PREDICTION DE L'ECHAUFFEMENT ET DE LA REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Discussion

Réduction de la couverture ligneuse

En général, c'est le combustible fin (<0,6 cm) qui est le plus altéré par le brûlage dirigé. Dans ces formations la réduction de combustible oscille entre 5 et 28 t.ha⁻¹. Les brûlages d'hiver réalisés à la recule avec une litière relativement sèche donnent des taux de réduction du combustible élevés (85 à 95%). Cette grandeur est donc largement corrélée à la teneur en eau du combustible pour les feux à la recule. Les feux réalisés en fin d'hiver ont tous des taux de réduction du combustible proches de 80% qui semblent assez indépendants de l'hygrométrie de l'air,

du combustible ou du type de brûlage, contrairement aux brûlages de Mai Juin. Pour un meilleur contrôle de l'impact d'un brûlage dans ces milieux, les auteurs conseillent de faire un brûlage de printemps.

- Dans les landes à ajoncs, lorsqu'ils ne sont pas très verts, la consommation du combustible est inféodée à la teneur en eau des parties sèches. Elle est en général assez élevée (75 %) et dépend en grande partie de la charge et de la continuité du combustible.
- Dans les éricacées mixtes les brûlages d'hiver diminuent considérablement la charge en combustible de 82 à 98 % sans effet de la teneur en eau des parties sèches.
- Le résultat est le même dans le *Chamaespartium tridentatum*.

L'état physiologique et les conditions météorologiques qui conditionnent l'état hydrique du combustible sont donc les deux facteurs clefs de la prédiction de la réduction du combustible.

Les teneurs en eau

TE des parties sèches de *Chamaespartium tridentatum*

$$TE = 8,35 + 0,83 e^{(1,56 + 0,02 hr7)} - 0,59 dj \quad (r^2 = 0,72)$$

TE des parties sèches de *Ulex sp.*

$$TE = -5,47 + 0,71 e^{(2+11,43/T)} + 0,28 h7p + 0,19 hr \quad (r^2 = 0,74)$$

hs : humidité des parties sèches

hr7 : humidité relative 7 jours avant à 14 h en %.

dj : durée du jour en heure.

T : température du jour à 14 h

h7a : durée en heure de pluie sur les 7 derniers jours

hr : humidité relative de l'air à 14 h en %

Réduction de la litière

Pour ne pas détruire plus de 50% de la litière présente, il faut brûler quand son humidité est supérieure à 100%. Il est donc utile de pouvoir en estimer la teneur en eau avec la formule suivante :

$$TE \text{ litière} = 223,62 - 8,38 hs7 - 4,05 njP - 2,64 T3-1,71 \\ (r^2 = 0,72)$$

hs7 : moyenne du nombre d'heure de soleil sur les 7 jours précédents.

njp : nombre de jours à laquelle remonte la dernière pluie.

T3 : température moyenne des trois derniers jours.

W : vitesse du vent à 14 h.

Echauffement du sol

Les températures observées dans le sol furent assez faible (13°C à -2cm) et suivent le modèle suivant :

$$T_{\max} \text{ surface du sol} = 103,07 + 93,06(281,5 e^{-0,26 TE_{sol}}) + 29,77 wdp + 0,91 (99,43 - 0,46 TEI) - 1,73 Pt - 0,005 \sigma/\beta$$

TEsol : Teneur en eau du sol.

wdp : Vitesse du vent dans le sens de la propagation en m.s⁻¹.

TEI : Teneur en eau de la litière.

Pt : Pente en %

σ : Superficie spécifique du combustible fin.

β : Coefficient de compaction du combustible fin.

Cette équation explique 82% de la variabilité de T_{\max} qui varie entre 9 et 416°C sur les brûlages étudiés. Cette formule met en évidence l'absence d'effet notable du mode de conduite du feu.

Le temps de résilience d'une température de 300°C à 50 cm du sol correspond à la chaleur disponible pour consommer la strate de ligneux bas :

$$T_{300, 50 \text{ cm}} = -4,52 + 0,90 (20,9 e^{0,01 prd}) + 5,82 wd$$

prd : pourcentage de réduction de la charge en litière.

wd : vitesse du vent dans la direction de propagation.

On constate que cette grandeur est indépendante de la charge en combustible.

Conclusion

A partir d'un grand nombre de brûlages, l'auteur a pu déterminer et modéliser les facteurs permettant d'estimer avant l'allumage la réduction des ligneux bas et de la litière qui va être opérée. Ces outils permettent au gestionnaire de faire des plans d'action d'une grande finesse.

APM13-EFFETS SUR LA FLORE : REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Dicussion

En galice

La réduction immédiate sous les peuplements de pin est la suivante :

60% de la litière

65% de la végétation

28% des résidus ligneux

6% de l'humus

La litière se reconstitue en 4 ans en moyenne. Deux ans après un second brûlage dirigé effectué 4 ans après le premier, la reconstitution du combustible est semblable à celle observée à la suite du premier.

Le combustible fin se reconstitue très vite après brûlage. En deux ans il dépasse les charges initiales.

La charge en éléments grossiers se reconstitue moins rapidement car il faut 4 ans pour atteindre l'état initial.
La quantité d'humus ne s'est vu que légèrement modifiée sur 40% des sites.
En conclusion, le brûlage dirigé est très efficace pour réduire la charge en combustible fin dans le sous bois ligneux .
Dans le cas de sous bois avec des fougères clairsemés, la réduction en biomasse est faible.

A porrejon

L'effet de deux brûlages successifs à 4 ans d'intervalle est une réduction marquée de tous les types de combustibles. Cette baisse de charge est significative pendant les 4 années qui suivent le premier brûlage et les deux années qui suivent le second.

Taux de réduction immédiate du combustible.

Les variables qui expliquent le mieux la réduction du combustible sont l'épaisseur, la teneur en eau, ou la charge en combustible de chacun des combustibles :

Equation	r ² ajusté	e. s.
RLF = -162,95 + 166,68 ELF + 2657,42 (1/hLF)	0,81	97,9
PLF = 6,43 + 0,88 PELFH + 0,02 G3R	0,98	3,9
PLFH = -6,08 + 0,68 PELFH + 4,93 e ^{2,8 - 0,04 hLFH}	0,97	5,0
PH = -17,57 + 1337,07 (1/hLF)	0,74	14,1
Ln(RG1V) = -0,15 + 0,96 ln(G1V)	0,97	0,2
Ln(RG12V) = -0,005 + 0,89 ln(G12V)	0,94	0,3

Quand la teneur en eau de la litière est supérieure à 140%, les températures létales ne sont pas atteintes et la chaleur dans le sol est minime, ce qui limite l'impact du brûlage sur la rhizosphère et les champignons du sol.

Conclusion

A travers l'étude des nombreux brûlages en sous bois de pin, il a été possible de déterminer de manière précise les liens entre les différents paramètres du brûlage qui permettent d'anticiper sur la réduction du combustible qu'il va engendrer.

APE01-EFFETS SUR LA FLORE : REDUCTION DU COMBUSTIBLE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Récolte de 10m² de combustible, séchage à l'étuve et pesée.

Résultats bruts

Ce brûlage entraîne une diminution de combustible de 55% et le front de flamme dégage une énergie de 17,3 kcal.m^{-1.s-1}.

Discussion

Le brûlage est réalisable dans ces formations et entraîne une diminution de combustible satisfaisante d'un point de vue DFCI.

Conclusion

Le brûlage dirigé est une technique valable pour la réduction du risque incendie dans les landes à ajonc.

APM12-EFFETS SUR LE SOL : MINERALISATION DE L'AZOTE ET ACTIVITE MICROBIOLOGIQUE.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Prélèvement d'échantillon et dosage.

Discussion

Minéralisation de l'azote

En Galice :

- N-NH⁴⁺ : Pas de réponse immédiate à la perturbation. La seule perturbation observée concerne les parcelle ayant fait l'objet d'un brûlage de printemps dont la teneur en azote baisse à moyen terme. Les brûlages d'hiver ne semblent pas affecter les teneurs en azote NH⁴⁺.
- N-NO₃⁻ : Pas de perturbation significative de la nitrification dans les sols de pinèdes brûlées en Galice, mais une tendance à la hausse pour les brûlage de printemps et à la baisse pour ceux d'hiver.

A Porrejón :

RLF = réduction de charge de la litière en g.m⁻².

PLF = % de réduction de charge de la litière

PLFH = % de réduction de charge de l'humus et de la litière

PH = % de réduction de charge de l'humus

ELF = épaisseur de la couche LF en mm

hLF = TE de la litière

PELFH = % de réduction de l'épaisseur LFH

hLFH = % d'humidité de LFH

RG1V = réduction de charge de la végétation de diamètre < 6mm (G1), g.m⁻²

RG12V = réduction de charge de la végétation de diamètre

< 25mm (G12), g.m⁻²

G1V = charge G1 en végétation, g.m⁻²

G12V = charge G12 en végétation, g.m⁻²

- N-NH⁴⁺ : Peu d'effet de sur l'azote ammoniacal du 1^{er} brûlage. Le second brûlage est suivi d'une hausse appréciable de N-NH⁴⁺ juste après le passage du feu, probablement due à la combustion de la matière organique végétale. L'incubation confirme que la nitrification est forte.

- N-NO₃⁻ : Pas de changement significatif juste après le premier brûlage. Contrairement à ce qui est observé en Galice, il y a donc une réponse plus forte au phénomène de nitrification que d'ammonification, ce qui peut être attribué à des conditions climatiques et édaphiques différentes. Les brûlages d'entretien ont les mêmes conséquences.

Activité microbienne :

En Galice :

Les feux intenses (450 kw.m⁻¹) sont suivis d'une augmentation des agents fixateurs de nitrogène libre, des dénitritificateurs, des consommateurs de cellulose anaérobie et des pectinolitiques.

Les feux dont l'intensité est entre 60-100 kw.m⁻¹ ne sont suivis d'une augmentation des populations de fixateurs d'azote que s'il sont autours de 100 kw.m⁻¹. Sinon, ils n'engendrent pas de changement sur le reste de la microfaune.

A Porrejón :

Pendant les deux années qui suivent les brûlages et les débroussailllements, on observe :

Une hausse des populations de bactéries fixatrices d'azote libre dans les parcelles brûlées et une augmentation des bactéries nitrifiantes dans les parcelles nettoyées. Cette réponse est, en général, forte et immédiate, mais de courte durée.

Une diminution des populations d'algues et de champignons en réponse immédiate au brûlage.

Après deux ans, ces perturbations s'estompent, et on ne constate aucune réaction suite à un deuxième traitement.

Conclusion

Le brûlage engendre peu de perturbation pour la population microbienne en général ainsi que pour les teneurs en nutriments. Son aspect positif est qu'il augmente les populations de fixateurs d'azote, son inconvénient est qu'il affaiblit les populations d'algues et favorise les dénitritificateurs.

APM12-EFFETS SUR LE SOL : PERTES EN NUTRIMENTS ET ECHAUFFEMENT.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

Mesure des températures par thermocouples avec centrale d'acquisition.

Les méthodes de dosage ne sont pas précisées dans cet article.

Résultats bruts

Teneurs en eau du combustible et élévation des températures lors des brûlages expérimentaux.

	TE Sol %	TE litière %	TE Humus %	T _{max} Sol °C	T _{max} Sol +2cm °C	Durée T _{0cm>200°C} min
Porrejón						
1 ^{er} brûlage	19,5 (14,1-25,8)	21,1 (14,2-32,0)	77,0 (55,0-99,7)	146 (33-402)	30 (22-38)	2,28 (0,4-7,5)
2 nd brûlage	23,4 (18,9-30,1)	17,5 (12,5-20,7)	64,3 (37,1-113,0)	53 (20-138)	17 (14-21)	0,11 (0-100)
Galice						
1 ^{er} brûlage	33,2 (17,0-53,0)	25,6 (12,4-35,6)	143,9 (44,1-257,7)	73 (16-272)	21 (9-66)	0,18 (0-2,00)
2 nd brûlage	39,6 (22,0-67,8)	43,2 (26,9-59,1)	113,4 (62,3-191,2)	54 (23-180)	19 (10-27)	0,13 (0-0,72)

A deux centimètres dans le sol, aucun changement de température n'a été observé. Sur quelques brûlages, la température critique de 60°C a été atteinte à la surface du sol.

Discussion

En Galice on observe une réduction immédiate de 60% de l'humus et de la litière.

En moyenne on observe

une perte de 50% de N de la masse initiale de la couverture organique du sol.

une perte de 30% de la masse initiale des autres éléments.

Ces pertes ont été mise en équation sur les brûlages étudiés. Les résultats sont les suivants :

	r ² Ajusté
PRN = 1,29 + 0,96 PRLFH	0,99
PRP = 10,70 + 0,90 PRLFH - 0,21 hH	0,93
PRK = 12,78 + 1,51 PRLFH - 0,38 REL	0,90
PRCa = 46,65 + 1,45 PRLFH + 0,05 CRL	0,91
PRMg = -19,22 + 1,13 PRLFH - 0,06 VAT	0,90

PRX : pourcentage de réduction de masse de X total.
LFH : charge totale en litière et humus.
hH : TE de l'humus.
REL : % de réduction de l'épaisseur de la litière.
CRL : Charge en débris ligneux de 25 à 75 mm, ou ayant 100 h de retard, g.m⁻²
VAT : Vitesse d'augmentation de la température à l'interface LF-H, m.s⁻¹.

L'auteur en déduit que la teneur en Ca est fortement corrélée à la part de litière brûlée et qu'une vitesse de feu plus grande avec une combustion vive favorise la libération de Mg.

Effets sur l'horizon 0-5 cm du sol :

En Galice :

Peu de changements significatifs sur la composition du sol à court et moyen terme après un brûlage d'ouverture. [MO], [N], C/N et PH sont peu affectés. Les tendances observées sont les suivantes :

-2 ans après le brûlage, très faible baisse de la teneur en Matière Organique et du rapport C/N et hausse du PH.

-Légère augmentation immédiate et significative de teneur en K, Mg et P pour une durée d'un an après les brûlages. Plus de différence notable 4 ans après.

Ces faibles variations peuvent s'expliquer par les conditions de brûlage qui ont peu altéré la couche d'humus et générée qu'un faible échauffement à la surface du sol altérant peu la MO. Les quelques variations signalées ci-dessus correspondent aux parcelles où le feu fut intense et la consommation d'humus plus forte.

Ces constats sont réitérés lors des seconds brûlages qui furent d'intensité moindre. Un an après, le PH, [MO], [N] et C/N ne varient pas dans l'horizon 0-2cm, alors que les teneurs de K_{stable}, Ca, Mg et P augmentent (P est très mobile dans ces sols).

A Porrejón :

[MO], [N], C/N et le PH sont stables.

[Ca] et [P] augmentent après le premier brûlage, mais pas après le deuxième.

[Mg] baisse sur la zone débroussaillé mécaniquement, le même phénomène peut exister dans les zones brûlées et être masqué par l'apport des cendres.

A long terme, [K], [Ca] et [P] augmentent suite à l'apport des cendres.

Bien que les brûlages de Porrejón furent plus sévères que ceux de Galice, l'impact sur le sol fut faible et ne semble pas avoir affecté de manière considérable les variables édaphiques étudiées.

Conclusion

Les variation de teneur en éléments sont fortement corrélées au taux de réduction du combustible.

Selon les brûlages, l'ampleur et la durée des variations de concentration en nutriments varie de manière modérée.

Ceci contraste avec l'effet des incendies qui

- ❖ détruisent tout le combustible présent à la surface du sol,
- ❖ consomment une partie de la matière organique qui contribue à la capacité d'échange cationique du sol,
- ❖ altèrent la structure des argiles, la texture du sol et favorisent la lixiviation et l'érosion.

APM14-EFFETS SUR LE PEUPLEMENT FORESTIER : EVOLUTION DES PARAMETRES ECOPHYSIOLOGIQUE SELON L'INTENSITE DES DOMMAGES.

Méthode utilisée pour l'étude des effets

16 arbres ont été choisis sur chaque dispositif manière à combiner sur chaque site 3 niveaux de blessure au tronc et 3 niveaux de roussissement du houppier :

T0 : Tronc sans blessure,

T1 : annelé sur plus de 50% du périmètre,

T2 : annelé sur plus de 70% du périmètre.

C0 : houppier indemne,

C1 : plus de 50% du houppier roussi,

C2 : plus de 70% du houppier roussi.

Six thermocouples reliés à une centrale d'acquisition sont placés à la surface du cambium et à la surface de l'écorce.

L'échauffement des arbres est effectué sur la face Est du tronc à une hauteur de 30cm à l'aide d'une ceinture chauffante sur le site de Lourizan et d'un chalumeau à El Sino.

Une centrale météorologique relève L'hygrométrie de l'air, la température de l'air, la vitesse et la direction du vent, la pluviométrie et le rayonnement solaire sur la période d'étude.

Les variables écophysiologiques et biophysiques suivantes sont mesurées :

Le potentiel hydrique des feuilles, le flux de sève, l'accroissement radial, l'accroissement longitudinal, la masse et la longueur des feuilles, l'humidité du sol, la résistance électrique du cambium, les biocourants, la transmission des ondes carrés.

Résultats bruts

Potentiel hydrique des feuilles

Cette grandeur réagi peu en fonction de l'intensité des dégâts infligés aux arbres. La seule observation reportée est qu'avant l'échauffement, le potentiel de base était légèrement plus bas sur le témoin et qu'après le brûlage, il devient légèrement plus élevé, notamment pour les arbres qui n'ont que des dégâts au tronc.

Flux de sève

Le flux de sève n'est pas affecté de manière significative par le brûlage. Les différences observées entre les individus avant le brûlage persistent après.

Résistance cambiale du tronc

A Lourizan

Pendant l'échauffement la résistance augmente et revient à son état initial après quelques heures que se soit à 30 ou 130 cm de du sol. Le jour suivant le traitement on observe une légère hausse de la REC par rapport au témoin à 30 cm sur les arbres T1C1, ce qui pourrait correspondre à de l'eau évaporée des tissu non remplacée.

A El Sino

Pas de changement de la REC pendant l'échauffement sauf pour T2C0 ou elle augmente légèrement. Le jour suivant, la REC augmente à 30 cm du sol. Puis entre le 14 et 53 jour qui suit le traitement, elle baisse fortement sur les arbres les plus affectés T2C2.

Résistance Electrique du Cambium (REC) selon le coté du tronc

A Lourizan

A 30 cm, pendant l'échauffement, la résistance cambiale n'augmente pas seulement du coté de la blessure, mais aussi du coté opposé à la même hauteur. Ce phénomène est difficilement explicable par les transferts de chaleurs, des sondes thermiques n'ayant pas été disposées sur ce coté de l'arbre.

Les jours suivants, la résistance redevient normale, ce qui semble indiquer que les blessures infligées par le feu n'ont pas interrompu l'approvisionnement en électrolytes, les tissus donnant des valeurs caractéristiques des organismes vivants; Il semblerait donc qu'ils bénéficient d'apport de sève par des circuits non strictement verticaux.

A 1,30 m, pendant le brûlage la REC est stable et évolue de la même manière que le témoin sauf pour les arbres T1C1.

A El Sino

A 30 cm du sol, l'échauffement n'engendre que de très faibles perturbations à la hausse ou à la baisse, et est quasiment sans effet sur la face opposée. Le jour suivant, on observe aussi une hausse sensible de la REC des arbres T2C2 en O et en E. Les autres groupes ne diffèrent pas du témoin.

Variation de la REC sur la zone blessée

A Lourizan

Sur T1C1 et T1C0, la hausse de la REC est spectaculaire pendant le traitement puis subit une forte baisse le jour suivant en réaction immédiate au stress thermique. Rapidement, la REC se met à augmenter à nouveau signifiant ainsi la mort des tissus cambiaux du tronc. Sur la face Ouest, seule la hausse immédiate pendant l'échauffement est observée, les tissus retournant à des valeurs normales au cours des jours suivants.

A El Sino

Les variations de REC ne sont pas aussi importantes qu'à Lourizan, et on n'observe que la baisse le jour suivant l'échauffement sur les arbres ayant des dégâts au tronc. La REC augmente ensuite régulièrement révélant la mort des tissus comme à Lourizan.

Cette différence de réponse repose vraisemblablement sur la différence d'intensité de la perturbation. A la hauteur de la blessure sur la face ouest on observe aucune variation de la REC pendant le brûlage.

Conclusion

La REC est un des seuls paramètres écophysiologiques à répondre à la perturbation, de manière importante. Les expérimentations présentées dans cette étude révèlent que la REC est perturbé au delà de la blessure selon le type d'altération qu'à subit l'arbre.

ANNEXES

Fichier ...

DIV06 ? DIV05 ? MBC01 ?

Abréviations :

Alt : Altitude

Exp :Exposition

C : Circonférence

H : Hauteur

T : Température sèche de l'air

TE : Teneur en eau

HR : Humidité relative de l'air