

Photo: C. Fenty

Suivi de la végétation sur le coteau des Gamates: une ligne de lecture.

LES PELOUSES SOMMITALES DU LUBERON, SENTINELLES DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ÉVOLUTION DES ÉCOSYSTEMES PÂTURES SUR TRENTE ANS, 1982-2011

Laurent GARDE* , Georges GUENDE# , Bénédicte BEYLIER^Ω , Clémence FONTY[Ⓣ] , Régis GAUDIN[Ⓣ]

RÉSUMÉ :

Les crêtes du Luberon sont occupées par des pelouses méditerranéo-montagnardes à forte biodiversité. Ces écosystèmes soumis à des conditions climatiques difficiles sont façonnés depuis des siècles par l'action de troupeaux ovins conduits en gardiennage. Depuis quelques décennies, ces pelouses sont menacées par la déprise pastorale, l'érosion causée par la fréquentation motorisée, les dégâts croissants de sangliers, enfin les accidents climatiques répétés de cette dernière décennie. Le PNRL, avec le CERPAM, l'ONF et l'appui de la recherche (INRA d'Avignon, Université d'Aix-Marseille) a animé depuis plus de trente ans des actions de conservation de ces habitats en confortant l'élevage pastoral (réouverture des milieux, équipements pastoraux, mesures agri-environnementales). Un bilan est dressé de l'évolution des pelouses sommitales du Luberon en mobilisant divers suivis mis en place depuis 1982 pour les plus anciens, permettant de comparer pelouses pâturées et non pâturées. Cette synthèse concerne principalement le Grand Luberon, dans une moindre mesure le Petit Luberon.

Durant cette période, les chargements ont fortement baissé sur le Grand Luberon alors que le niveau de ressource pastorale est resté stable. Cette baisse s'explique dans le cadre d'un moindre besoin de la part des éleveurs du piémont utilisateurs des crêtes, d'une moindre incitation agri-environnementale dans le cadre des MAET Natura 2000, enfin de pratiques de garde qui ont évolué vers un pâturage moins « serré ». Les suivis pastoraux confirment un maintien de la ressource pastorale, mais avec l'apparition de trouées colonisées par des graminées opportunistes, résultant sans doute de la canicule de 2003 et des sécheresses des années suivantes. Les suivis de biodiversité effectués dans les deux massifs montrent une évolution contrastée d'un certain nombre d'espèces floristiques phares. Mais les baisses dominent, notamment pour *Genista pulchella* subsp. *villarsii*, *Anthyllis montana*, *Plantago argentea*, *Sempervivum calcareum*, *Valeriana tuberosa*, *Ephedra nebrodensis*; les résultats sont comparables avec et sans pâturage, ce qui suggère fortement une cause climatique: répétition des canicules et sécheresses entre 2003 et 2006, et/ou début du réchauffement climatique documenté dans notre région depuis la fin des années 1970.

Mots-clés :

Luberon, pelouses sèches, élevage pastoral, biodiversité, aléas climatiques.

ABSTRACT: *Grassy areas on the crests of the Luberon, sentinels of the global warming* *Evolution of the grazed ecosystems during thirty years, from 1982 to 2011*

Luberon's crests are occupied by mediterranean-mountain grassy areas with strong biodiversity. These ecosystems affected by difficult climatic conditions have been shaped for centuries by the action of guarded ovine herds. Since a few decades, these areas are threatened by the decrease of pasture, the erosion caused by motorized circulation, increasing damages of wild boars, and the repeated climatic incidents of the last decade. For more than thirty years, the PNRL, with the CERPAM and the ONF, and with the support of research centers (INRA of Avignon, University of Aix-Marseille), has developed actions to preserve these natural ecosystems by consolidating the pastoral breeding (reopening of the environment, pastoral equipments, agri-environmental measures). A balance sheet of the evolution of sommitals grassland of Luberon is drawn up by mobilizing some follow-ups set up since 1982, allowing to compare grazed and non-grazed grasslands. This synthesis concerns mainly the Grand Luberon, and to a lesser extent the Petit Luberon.

During this period, loads strongly decreased on Grand Luberon, while the level of pastoral resource remained stable. This decline can be explained by a lesser need of the breeders from piedmont, using crests, by a lesser agri-environmental incitement within Natura 2000, and by practices of guarding which evolved towards a « less tight » pasture. The follow-ups confirm a preservation of the pastoral resource, but with the appearance of places colonized by opportunist grasses, resulting from the heat wave of 2003 and from the droughts of the next years. The follow-ups of biodiversity made in both massifs show a contrasted evolution for a certain number of key floral species. But many species decline, in particular *Genista pulchella* ssp. *villarsii*, *Anthyllis montana*, *Plantago argentea*, *Sempervivum calcareum*, *Valeriana tuberosa*, *Ephedra nebrodensis*. The results are comparable with and without pasture, and this strongly suggests a climatic cause: repetition of the heat waves and the droughts between 2003 and 2006, and/or at the beginning of the global warming informed in our region since the end of 1970s.

Keywords :

Luberon, dry grasslands, pastoral breeding, biodiversity, climate change

* Écologue au CERPAM (Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes-Méditerranée), Route de la Durance - 04 100 Manosque.

Botaniste au Parc naturel régional du Luberon.

^Ω Pastoraliste au CERPAM.

[Ⓣ] Chargée d'étude au Conservatoire d'espaces naturels d'Aquitaine (CEN Aquitaine).

[Ⓣ] Agent patrimonial à l'Office national des Forêts (Vaucluse).

PREMIÈRE PARTIE :

Un cadre unique pour appréhender la dynamique des pelouses méditerranéo-montagnardes sur des temps longs

1.1 Un site à la biodiversité exceptionnelle

Le site des pelouses de crêtes du Grand Luberon, autour de 1000 m d'altitude, fait partie des écosystèmes méditerranéo-montagnards, emblématiques pour leur diversité biologique. Le plateau sommital du Petit Luberon, à 700 m d'altitude, prolonge cet ensemble bio-géographique profondément original. Chacun de ces deux sites est reconnu de longue date pour sa biodiversité floristique (Molinier, 1938; Molinier, 1952, 1953, 1962, 1969; Peyronne, 1959; Pons, 1951, 1952, 1953). Ils représentent conjointement un ensemble de plusieurs centaines d'hectares de pelouses classées à divers titres : ZNIEFF de type 1 (Ministère de l'environnement, 1988, 2004), Zones de Valeur biologique majeure exceptionnelles (VBME) du Parc naturel régional du Luberon (Guende *et al.*, 1999; Guende, 2007; Guende & Gallardo, 2009), Réserve biologique domaniale (ONF, 2012), Natura 2000 (PNRL, 2002).

Une grande diversité floristique et faunistique caractérise ce paysage très spécifique avec la présence d'espèces endémiques ou sub-endémiques, à la fois des secteurs sud-préalpins et méditerranéo-montagnards. Ces crêtes offrent un éventail de biotopes assez larges dont certains restent très rares au niveau national du fait de leur marginalité écologique à aire disjointe (Guende *et al.*, 1997). Par leurs conditions écologiques spécifiques, par la structure et le niveau d'équilibre de l'écosystème, les pelouses de crêtes sont une zone de relais pour des peuplements végétaux et animaux steppicoles d'intérêt régional et national (Guende *et al.*, 1999) Tel est le cas de l'association du Genêt de Villars (*Genista pulchella subsp. villarsii*): le *Genistetum villarsii* qui ne se rencontre que des Corbières aux Alpes du Sud et est accompagné d'espèces dont certaines lui sont strictement inféodées, et d'autres moins fidèles mais rares également. Le Grand Luberon, outre la forte présence du

Genêt de Villars, espèce sud-préalpine, est aussi caractérisé par trois espèces vulnérables : le Chou des rochers (*Brassica repanda subsp. saxatilis*), rarissime endémique française des chaînons méridionaux, et deux espèces protégées de gagées : la Gagée des rochers (*Gagea bohemica subsp. saxatilis*), et la Gagée des prés (*Gagea pratensis*) à fort niveau de présence (Girerd, 1978, 1984, 1991; Girerd & Roux, 2011). Les influences strictement méditerranéennes sont le fait du Petit Luberon, qui malgré une altitude inférieure laisse néanmoins apparaître à l'état fragmentaire sur ses crêtes des pénétrations méditerranéo-montagnardes. S'y manifeste en particulier la présence de deux éphédras : *Ephedra nebrodensis* et *E. distachya* (Girerd, 1978, 1985, 1991; Girerd & Roux, 2011; Nouviant, 1997, 1998), plantes reliques rares à caractères primitifs (véritables fossiles vivants par leur angiospermie partielle). En particulier *E. nebrodensis* trouve sur les parties les plus ventées des crêtes de ce massif ses plus belles populations de la Provence et sans doute françaises (Girerd, 1978, 1985; Nouviant, 1998). Citons également la présence en abondance d'une endémique française menacée au niveau mondial (*Crepis suffreniana*), et des quasi seules stations françaises de la Gagée du Luberon (*Gagea luberonensis*) autre micro-endémique protégée dont le *locus classicus*¹ se trouve situé sur les sommets du Petit Luberon (Tison, 1996). Enfin n'oublions pas de citer deux Orchidacées protégées, l'Ophrys de Bertolon (*Ophrys bertolonii* = *O. aurelia*) sténoméditerranéenne en limite d'aire absolue sur les crêtes du Petit Luberon (Martin, 2000), et l'Ophrys de Sarato (*Ophrys saratoi* = *O. drumana*).

1.2 Un espace pastoral stratégique pour des éleveurs de proximité

Ces écosystèmes constituent des « unités pastorales » pour un certain nombre d'éleveurs installés dans le massif au printemps et à l'automne (Beylier & Garde, 2000). Plusieurs troupeaux ovins allaitants, individuels ou collectifs, utilisent ces sites. Leur effectif atteint plusieurs centaines à un millier de têtes par troupeau. Ils sont conduits traditionnellement en gardiennage. Les formes d'utilisation sont relativement constantes à

1. Site de prélèvement de l'individu qui a servi à la description d'un taxon.

l'échelle au moins de ces cinquante dernières années. Il s'agit en effet de sites qui font la transition pour les éleveurs entre les surfaces de printemps (prés, cultures fourragères et parcours des vallées proches où se situent les sièges d'exploitations), d'une part, et les surfaces estivales (alpages pour les grands transhumants, surfaces irriguées ou estives boisées de proximité pour les sédentaires) d'autre part (Lasseur *et al.*, 2010). L'utilisation de fin de printemps est donc très spécifique, réalisée avec des brebis-mères à l'entretien à cette période. Ce pâturage tardif a donc une influence directe sur les pelouses en fonction de la phénologie des espèces pâturées, dans la mesure où elle leur permet d'accomplir leur cycle de reproduction. Les pratiques de garde serrée habituellement utilisées conduisent à un prélèvement complet de la strate herbacée en limitant le piétinement, ce qui favorise les espèces craignant la concurrence ou ayant besoin de fractions de sol nu pour s'implanter. Les pelouses sommitales sont donc façonnées dans la durée longue par une certaine forme de pratique qui se révèle bien adaptée à leur richesse écologique. L'hypothèse de travail formée par les pastoralistes est que ces deux facteurs (pâturage tardif au printemps et prélèvement complet) sont décisifs pour la biodiversité de ces crêtes. Ils font donc l'objet des mesures agri-environnementales contractualisées.

1.3 Un écosystème en voie de réduction sur les soixante dernières années

Un certain nombre de menaces pesant sur ces écosystèmes ont été identifiées. Il y a quelques décennies, le risque de déprise pastorale s'est trouvé en effet aggravé avec les politiques de reboisements en Pin noir et cèdre entrepris par l'ONF dans les années 1950 à 1970 sur ces pelouses sommitales. S'y ajoutent les processus d'embroussaillage spontané. Au total, la régression des surfaces de pelouses sur les crêtes du Grand Luberon a été chiffrée à 50% entre 1950 et 1990, recul imputable en majorité à la reconquête ligneuse spontanée qui se fait par grignotage progressif depuis les lisières des taillis, pour 60% des pertes totales de surfaces de pelouse (Garde, 1992 ; Trivelly *et al.*, 2000).

Un autre type de menaces est constitué par la fréquentation humaine sur un espace qui peut désormais être qualifié de grand péri-urbain à l'échelle des agglomérations d'Aix-Marseille et Avignon ; la fréquentation motorisée, bien que limitée par arrêté préfectoral aux riverains, reste un facteur permanent d'érosion des pelouses : « *Plus de 500 macarons² sont en circulation et il n'est pas rare qu'une demande permette à plus de 5 véhicules de circuler, il y a donc manifestement des abus sur ce plan-là* » (Trivelly, 2004). Il s'y rajoute les quads et motorials dont les pelouses des crêtes du Grand Luberon en particulier constituent un terrain de jeu recherché.

La pollution photochimique issue des émissions anthropiques du complexe industriel de l'Étang de Berre et des connurbations installées au sud du Luberon, et formellement démontrée (Mathiot, 1998 ; Mathiot & Léopold, 2000 ; Cros & Durand, 2002) sur le sommet du Grand Luberon (Mourre Nègre), constitue également un facteur d'érosion avéré des communautés vivantes exceptionnelles de ces crêtes. Ces dernières constituent en effet une première dorsale et barrière géographique orientée Est-Ouest, véritable zone de forçage et de concentration selon les conditions météorologiques, à l'origine d'épisodes de fortes pollutions atmosphériques.

Enfin les dégâts de sangliers, grands consommateurs de vers de terres et de bulbes, et dont les effectifs sont en forte croissance depuis plusieurs décennies, constituent également un facteur de retournement important de ces pelouses. L'impact est particulièrement connu et récurrent sur les crêtes du Petit Luberon et commence à affecter depuis peu celles du Grand Luberon. Une régulation suffisante des effectifs de sangliers, en concertation avec les responsables de la chasse, dans le cadre d'un plan de chasse raisonné, apparaît nécessaire pour le bon état de ces pelouses exceptionnelles de crêtes du Luberon.

Comme l'a fait remarquer Trivelly (2004), face à cette diversité de menaces, la multitude des usages et des acteurs complexifie dès lors « *la manière d'envisager la conservation biologique de tels espaces* ».

2. Le terme « macaron » désigne les autocollants initialement délivrés aux titulaires d'une autorisation préfectorale de circulation qui devait être apposée sur les véhicules concernés (NDLR).

1.4 Une politique active de gestion éco-pastorale depuis trente ans

Le Parc naturel régional du Luberon, en partenariat avec le CERPAM et l'ONF, a engagé l'aménagement pastoral de ces sites depuis le début des années 1980. En effet, le maintien de l'activité pastorale apparaît comme le principal gage de la pérennité des écosystèmes de pelouses sèches façonnées, à une telle altitude, par le pâturage. Dès 1985, 75 hectares de travaux d'éclaircies et de débroussaillages étaient engagés sur les crêtes du Grand Luberon dans le cadre d'un premier plan urgent de restauration. Ensuite ont été progressivement réalisées dans le temps l'installation de 11 citernes pastorales, la construction de deux cabanes pastorales et la restauration de deux bergeries. À ces travaux se sont rajoutées plus récemment des opérations de restauration de pelouse par coupe rase de boisements de Pin noir en crête, témoignant du changement de paradigme accompli par tous les acteurs concernés en l'espace d'un quart de siècle.

Parallèlement, face au besoin d'une meilleure organisation du pâturage sur les crêtes du Luberon, et d'une reconnaissance collective des éleveurs, un travail important de regroupement de ceux-ci a été effectué par la création d'un Groupement pastoral (GP) sur le Grand Luberon, et d'une Association de bergers sur le Petit Luberon. En 1995, le Parc, fort du soutien du CERPAM et de près de quinze années d'apprentissage et de pratique de la médiation environnementale et pastorale, fut parmi les premiers Espaces naturels protégés à élaborer une Opération locale agri-environnementale, l'OLAE « Biotopes rares et sensibles » qui consacrait le pastoralisme comme outil de gestion des milieux naturels ouverts (Beylier *et al.*, 2002; Guende *et al.*, 1997; Lecrivain *et al.*, 2000, 2001). Des contrats agri-environnementaux ont alors été engagés avec 7 éleveurs et ont concerné au total 747 hectares pour l'ensemble des crêtes du Luberon. Dans le cadre de cette mesure, un travail important de sensibilisation des propriétaires privés et de mobilisation du foncier a été effectué sur le Grand Luberon; pour

leur part, les crêtes du Petit Luberon appartiennent toutes au domaine public (Forêts communales et domaniales). Ces mesures ont été renouvelées lors des générations suivantes de contrats CTE et CAD³. L'ensemble de ces acquis a constitué un véritable socle qui a facilité le renouvellement d'une nouvelle mesure de gestion pastorale avec les éleveurs: MAET Biodiversité (2007-2013). En complément, des contrats de travaux ont été pris en charge dans le cadre du site Natura 2000.

Dans le même temps, un certain nombre de suivis scientifiques et techniques ont été engagés avec une perspective de durée longue partagée par les différents acteurs (Garde, 1990; Guende *et al.*, 1997; Taroni *et al.*, 1998; Lecrivain *et al.*, 2000; Véla, 2002). Certains de ces suivis ont été engagés dès 1982 et poursuivis, avec des interruptions, jusqu'en 2011. Des dispositifs d'exclos mis en défens permettent d'isoler le facteur « pâturage » dans l'évolution de l'écosystème. Ces recherches ont un double objectif de connaissance et d'aide à la décision: mieux comprendre les évolutions spécifiques et quantitatives des pelouses sommitales soumises au pâturage, afin de mieux conseiller et accompagner les éleveurs dans leur système responsable de pratiques écopastorales. Leurs résultats permettent une compréhension originale des interactions entre pâturage et facteur climatique dans l'évolution longue de ces écosystèmes de pelouses. Le présent article en propose une première synthèse.

1.5 Un changement climatique effectif sur les trente à quarante dernières années à l'échelle régionale

Le travail de Douguedroit & Bridier (2007) met en évidence, dans diverses stations climatiques provençales des Bouches-du-Rhône, du Var et du Vaucluse (Orange), une rupture nette à la hausse dans la courbe des températures moyennes annuelles qui se manifeste, selon les cas, entre le début des années 1970 et le début des années 1980. Cette hausse concerne toutes les stations et rend donc bien compte d'un phénomène-

3. Contrats territoriaux d'exploitation et Contrat d'agriculture durable, procédures qui ont succédé aux Opérations locales agri-environnementales et avant les Mesures agri-environnementales territorialisées (MAET).

ne objectivé à l'échelle régionale. Elle atteint, selon les stations climatiques, 1 à 1,5 °C sur la température moyenne annuelle en 2000 par rapport à 1950. L'effet en est d'autant plus marqué sur les écosystèmes de pelouses sèches que l'augmentation est plus forte de juin à août, c'est-à-dire sur la période de fin de cycle de végétation et de stress hydrique.

Cette étude n'a pas été reprise depuis 2000, mais les tendances à l'échelle du grand Sud de la France montrent que ce réchauffement tend à se prolonger sur la dernière décennie. Ainsi le travail de Lelièvre *et al.* (2011) montre, à l'échelle de la moitié Sud de la France, un réchauffement climatique qui démarre en 1979-1980 et se prolonge jusqu'à la fin des années suivies dans l'étude (2009). Parmi les 14 stations météo suivies, celles d'Avignon, Montpellier et Montélimar sont les plus proches du Luberon. Cette hausse de température atteint 0,5 °C par décennie, soit 1,5 °C sur les trois décennies suivies, et affecte toutes les stations météo de façon assez uniforme. Cette hausse est la plus forte entre mai et août (+ 0,8°C par décennie, soit + 2,3 °C en trente ans), et affecte donc le plus la période végétative de la pelouse. Enfin, aucune tendance nette ne se dégage concernant l'évolution de la pluviométrie, au-delà de la confirmation de sa forte variabilité interannuelle.

Si les effets de ce réchauffement commencent à être étudiés sur un certain nombre de cultures ou de milieux forestiers, son impact sur un milieu naturel de pelouses sèches n'est pas pour l'instant documenté. La période où le réchauffement climatique devient repérable couvre assez précisément l'engagement et le suivi d'une gestion écopastorale sur les pelouses sommitales du Luberon qui ont démarré il y a trente ans en 1982. C'est une opportunité rare de poser l'hypothèse du repérage d'un impact de ce phénomène climatique sur les pelouses sèches sommitales du Luberon.

Au-delà de la tendance des températures moyennes sur plusieurs décennies, les années 2000 ont été marquées par des accidents climatiques sévères. Citons notamment la canicule de 2003, mais les éleveurs ont été aussi marqués par des sécheresses saisonnières au printemps et à l'automne, affectant les saisons de pâtu-

rage du troupeau. Dans le « paquet » climatique, il est bien sûr impossible à l'heure actuelle de faire la part de tel ou tel accident climatique ou de la tendance longue, pour tenter d'expliquer les variations des composantes de l'écosystème étudiées, d'autant plus qu'il s'agit de milieux à forte inertie et faible dynamique.

Au-delà de l'objectivation régionale du réchauffement climatique, un travail reste à réaliser sur les stations climatiques locales du Luberon, au plus près des pelouses de crêtes. Cela permettra d'affiner plus précisément les données climatiques et d'améliorer leur mise en concordance avec les données de suivi des pelouses et de la gestion pastorale. Ce travail n'a pas encore été entrepris faute de moyens. Il est envisagé pour les années à venir.

DEUXIÈME PARTIE : **Un cadre méthodologique multiple pour un objectif commun**

Divers protocoles méthodologiques ont été mis en place depuis 30 ans. Leur objectif commun est de suivre la gestion pastorale et ses interactions avec l'évolution des écosystèmes ouverts. Il est impossible de présenter de façon détaillée chacun de ces dispositifs dans le cadre de cet article, nous les présenterons donc de façon rapide en renvoyant le lecteur aux différents documents référencés. Ces suivis concernent majoritairement le Grand Luberon, dans une moindre mesure le Petit Luberon.

Cet article vise ainsi à présenter un travail de synthèse qui regroupe des résultats obtenus avec des méthodes différentes sur des pas de temps variables. Les suivis ont connu des interruptions pendant des périodes parfois longues. Chacun d'entre eux donne des tendances, et nombre de ces tendances sont convergentes. Nous posons donc l'hypothèse qu'il s'est produit en trente ans des changements repérables en remobilisant des suivis anciens et en les reproduisant à l'identique sur ces trois dernières années. Bien évidemment, un tel retour sur site inclut nécessairement une certaine marge d'erreur. Cependant, nous n'avons pas cherché à réaliser un travail de test statistique de la plage de validité des évolutions repérées. Le présent travail doit donc être considéré comme un repérage

de tendances dont l'ampleur et la convergence permettent de poser des hypothèses fortes sur les milieux naturels concernés et les causes de leurs évolutions. Malgré ses limites inévitables, il offre l'atout considérable et rarement réalisable de remobiliser des « points zéro » remontant jusqu'à trente années.

2.1 Suivi de la ressource et de la gestion pastorale

(Garde, 1982, 1990, 1992; Beylier & Garde, 2000)

- Les calendriers de pâturage ont été enregistrés pour 20 années entre 1982 et 2010. Nous connaissons ainsi les dates de mouvements d'animaux ainsi que les effectifs, permettant de connaître les prélèvements réalisés chaque année suivie.

- Des tournées de fin de pâturage ont été réalisées dans différents cadres certaines années entre 1985 et 2010. Il s'agit d'une évaluation à l'aide d'une grille d'appréciation visuelle de l'intensité du prélèvement animal par rapport à la ressource disponible. Au total, 10 années sont renseignées.

- Des coupes de phytomasse ont été réalisées certaines années entre 1982 et 2011. Au total, dix années sont renseignées. Nous disposons ainsi d'un indicateur de l'abondance de la ressource dont l'intérêt réside d'une part dans la variabilité interannuelle (aléas climatiques), d'autre part dans la tendance longue.

- Des exclos ont été réalisés afin de comparer l'évolution des pelouses pâturées et non pâturées à partir de 1982 dans le Grand Luberon (3 dispositifs utilisables sur une période de 30 ans).

- Des transects ont été suivis sur 6 parcelles pâturées et 3 parcelles non pâturées dans le Grand Luberon (11 années suivies entre 1982 et 2011), permettant de repérer l'évolution des principales espèces du cortège herbacé et ligneux bas. Il s'agit de lignes de lecture sur lesquelles 100 points sont suivis, en notant le nombre de contacts avec chaque espèce présente. Ce suivi est qualifié de méthode « pastorale » dans la suite du texte. Ces suivis à objectif pastoral servent également au suivi de la biodiversité pour un taxon qui se révèle suffisamment abondant pour être appréhendé sur les transects : *Genista pulchella subsp. villarsii*.

2.2 Enquêtes dans les exploitations utilisatrices des pelouses sommitales

(Lasseur 2001 ; Mouret, 2003 ; Garcia *et al.*, 2000 ; Fonty, 2010a, 2010b, 2011)

Des enquêtes ont été réalisées à deux reprises en 1998 et 2010 auprès des éleveurs gardant leur troupeau sur les unités pastorales concernées, avec l'appui méthodologique de l'INRA. Ces enquêtes permettent de connaître les « façons de faire » revendiquées par ces éleveurs-bergers, et leur évolution dans le temps.

2.3 Suivi de la biodiversité

(Chery *et al.*, 1999 à 2010 ; Fonty, 2010b ; Garde, 1985 ; Guende *et al.*, 1997, 1999 ; Véla, 2002 ; Véla *et al.*, 2001)

- Un quadrillage systématique des pelouses de crête du Grand Luberon sous forme de 80 transects espacés de 100 m a été réalisé à trois reprises en 1985, 1997 et 2010. Le relevé d'une liste d'espèces floristiques remarquables pré-établie a été réalisé de façon systématique sur chaque faciès suivi le long du transect avec une échelle de notation spécifique en abondance-recouvrement. Au total, dix-neuf espèces ont pu être suivies lors des trois campagnes de relevés et l'évolution de treize d'entre elles mesurée (en excluant les plus rares dont les variations d'abondance ne sont pas exploitables). Ce suivi est qualifié de méthode « biodiversité » dans la suite du texte.

- Un suivi de neuf espèces floristiques remarquables a été réalisé sur des stations identifiées sur le Petit Luberon depuis 1995, sur un double dispositif pelouses pâturées / pelouses non pâturées dans huit exclos. Les données sont disponibles pour huit années entre 1999 et 2010.

- Enfin, dans le cadre de la thèse d'Errol Véla, une centaine de relevés phytosociologiques ont été réalisés entre 1997 et 1999 sur un certain nombre de points identifiés par un plot fixe et géoréférencés pour certains d'entre eux en 2010. Ce dispositif très lourd mis en place dans le cadre des contrats OLAE (1995-2000) afin de connaître l'impact des différentes modalités de gestion de cette mesure sur la flore, n'a pu être mobilisé dans ces résultats, mais il serait particulièrement intéressant de le reproduire dans l'avenir.

2.4 Les questions posées

Le partenariat engagé pour la gestion de ces sites remarquables entre acteurs et techniciens de l'élevage et de la biodiversité a permis de faire émerger un certain nombre de questions auxquelles les dispositifs de suivis permettent d'apporter des réponses objectives :

- Les pratiques pastorales sont-elles stables? Les savoirs et représentations des éleveurs-bergers sont-ils constants ou évolutifs?

- La pression de pâturage qui résulte de ces pratiques est-elle stable ou montre-t-elle une évolution?

- L'évolution des pelouses de crête pâturées fait-elle apparaître une stabilité ou une modification de certaines de ses composantes?

- Les espèces emblématiques de la biodiversité floristique se maintiennent-elles?

- Quels sont les rôles respectifs du pâturage, du facteur climatique et d'autres facteurs repérables dans l'évolution de ces écosystèmes pâturés et des espèces remarquables qui y sont recensées?

- Les contrats agri-environnementaux doivent-ils être adaptés pour mieux remplir leurs objectifs?

D'autres questions restent posées, nécessitant des protocoles de suivi spécifiques qui restent à mettre en œuvre :

- Au-delà de l'impact du troupeau, acteur le plus « visible » sur les crêtes, peut-on objectiver l'impact du sanglier comme facteur d'érosion et d'évolution de la biodiversité?

- Le pâturage des ongulés sauvages est-il un facteur complémentaire notable à prendre en compte?

- Comment objectiver les facteurs d'évolution du climat pouvant influencer sur l'évolution des pelouses?

- Quel est le rôle de la pollution photochimique provenant des agglomérations proches sur l'évolution de l'écosystème des pelouses sommitales du Luberon, première barrière vers le Nord de ce complexe industriel et urbain?

- Quel rôle joue ces espaces en termes de fonctionnalité sociale, notamment pour des fonctions de loisirs? Et en quoi cette multifonctionnalité impacte-t-elle la capacité de préservation d'un écosystème remarquable?

- Comment accompagner (type d'intervention, fréquence...) l'évolution du couvert arboré et arbustif pour le maintien et la restauration des pelouses sommitales?

TROISIÈME PARTIE :

Évolution des pratiques pastorales sur les crêtes du Luberon en trente ans

3.1 Une ressource stable, mais une baisse de la pression pastorale entre les années 1980 et les années 2000 dans le Grand Luberon (fig. 1)

Une forte baisse du chargement total est observée dans la durée longue : il s'élevait autour de 100 000 journées-brebis-pâturage (jbp) annuelles dans les années 1980-1990 (60 000 à 130 000), puis il a chu-

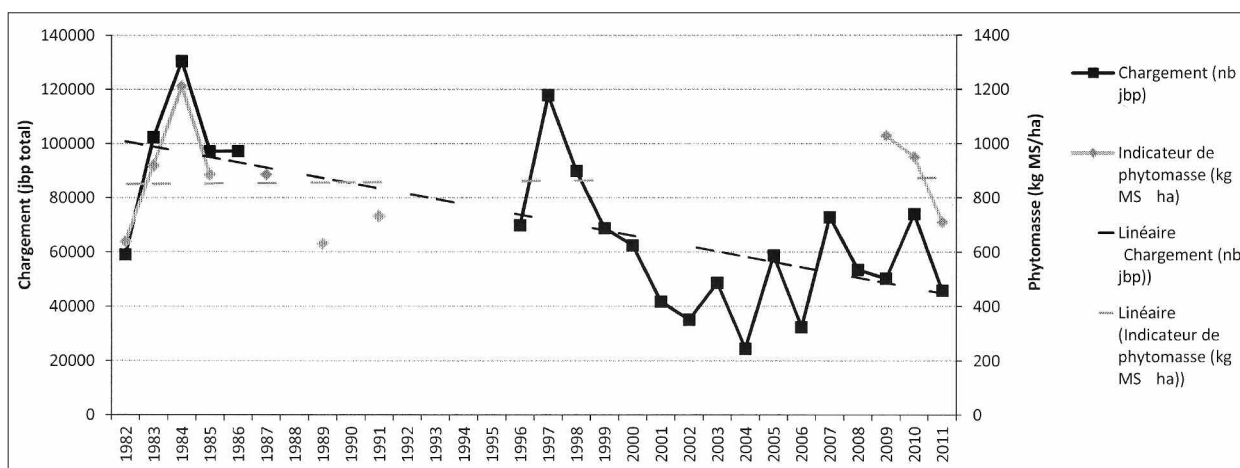


Fig. 1 : évolution du chargement et de la ressource sur les pelouses sommitales du Grand Luberon.

té à un niveau d'environ 50 000 dans les années 2000-2010 (25 000 à 75 000).

Cette baisse n'est en première analyse pas liée à une ressource qui diminuerait : l'indicateur de phytomasse herbacée printanière (moyenne de 4 stations exprimée en kg MS/ha) est aussi élevé dans les années 2009-2011 (896 kg MS/ha) que dans les années 1982-1985 (914 kg MS/ha).

C'est donc que le niveau de chargement relève de prises de décision externes au site, relevant de la conduite de l'exploitation : changements d'éleveurs, modifications des calendriers de reproduction, changements d'effectifs dans les lots d'animaux, organisations différentes des calendriers de pâturage sur le parcellaire. La figure 1 montre bien ce découplage entre prélèvements et ressource.

Cette baisse des prélèvements réalisés sur une ressource globalement stable est confirmée par les tournées de fin de pâturage et les « notes de niveau de pâturage » cartographiées sur une échelle de 0 à 5 (Garde, 1990)⁴ : si l'on compare les années 2000 aux années 1980, les notes 4 et 5 sont plus rares, les notes 2 et 3 plus fréquentes. Cette baisse des prélèvements n'est pas homogène. Le « noyau » central de pelouses de crêtes est dans l'ensemble peu touché, même si la pression de pâturage y est un peu plus hétérogène. Mais la baisse des prélèvements concerne surtout deux types de situations. D'une part, les « secteurs frontières » entre les territoires de deux éleveurs différents : à ressource non limitante, il s'agit d'éviter des empiètements chez le voisin. D'autre part, la pression baisse sur les lisières entre pelouses sommitales et boisements des versants ; ce facteur est fondamental pour l'évolution à terme des pelouses, dans la mesure où l'embroussaillage et la reforestation spontanée gagnent par auréole depuis les lisières, comme le montre la comparaison des photos aériennes 1950-1991.

3.2 Un changement de génération d'éleveurs en 30 ans, de nouvelles perceptions du métier

Les enquêtes réalisées auprès des éleveurs en deux vagues en 1998 et 2010 (Fonty *et al.*, 2010a, 2011) montrent la coexistence de différentes représentations du métier d'éleveur et des façons de faire qui caractérisent à leurs yeux le « bon éleveur ». Très schématiquement, on distingue :

- des éleveurs-bergers « traditionnels », dont les valeurs du métier se situent plus au niveau du savoir-faire dans la conduite du troupeau de type « gardiennage serré » que dans la recherche d'une bonne valorisation du produit

- des éleveurs-bergers « de nouvelle génération », qui revendiquent tout à la fois une forte extensivité et une faible productivité, des valeurs de « liberté » de leurs bêtes dans l'espace, et une commercialisation directe de leur produit pour récupérer la marge

- enfin des éleveurs « productifs » qui se centrent sur le nombre et la finition de leurs agneaux en s'appuyant sur les surfaces de prairies nécessaires ; ils délèguent les « moments pastoraux » dédiés à certains lots d'animaux et certaines périodes de l'année à un berger salarié.

L'évolution sur ces trente dernières années montre logiquement la retraite progressive des éleveurs-bergers traditionnels ainsi que des bergers salariés d'ancienne génération et leur relève par des praticiens, bergers ou éleveurs-bergers, dont les façons de faire pastorales ont largement évolué. Schématiquement toujours, la conduite des troupeaux en gardiennage « serré » est moins systématique, elle est réservée aux secteurs attractifs d'alimentation. Elle s'associe avec des modes de gardiennage plus « souples », plus étalés, laissant plus d'initiative à l'animal dans sa circulation et sa sélection alimentaire sur les secteurs moins stratégiques. Il n'y a pas là (ou pas seulement) perte de savoir-faire, mais bien modification des représentations centrales de ce qui fait le « bon berger ».

4. La méthode d'évaluation de la pression de pâturage a été objectivée en comparant des observations visuelles sur le tapis herbacé (aspect d'ensemble, par groupe d'espèces, par espèces indicatrices en fonction de leur appétence) avec des coupes de phytomasse avant / après pâturage. L'ensemble des observations ont été regroupées en cinq classes de niveau croissant de prélèvement. Elles ont permis l'établissement d'une grille visuelle (Garde *et al.*, 1996) ne nécessitant plus la réalisation de coupes. Cette grille est utilisée pour fixer et contrôler les engagements des éleveurs dans les mesures agri-environnementales.

Ces pratiques plus souples entraînent des chargements moins forts et donc, à surface constante, une baisse des effectifs mobilisés. Mais le changement de pratique est-il la cause ou la conséquence de la baisse de prélèvement? On peut *a minima* noter une certaine coïncidence entre un moindre besoin de ressource sur les crêtes du Luberon et une nouvelle pratique pastorale déployée sur le même espace, mais mobilisant moins cette ressource.

Un facteur administratif a certainement joué un rôle dans ces modifications de pratiques pastorales. En effet, quatre générations de contrat agri-environnementaux se sont succédées entre le début des années 1990 et la fin des années 2000, avec des montants financiers en forte baisse et une restriction des surfaces désormais mobilisables dans le cadre de Natura 2000 : les surfaces engagées au titre de la MAET N2000 (2007-2013) ont baissé de 67% et le nombre d'éleveurs mobilisés de 76% par rapport à l'OLAE « Biotopes rares et sensibles » (1995-2000) (Lécrivain *et al.*, 2011). Cette moindre incitation coïncide logiquement avec une moindre mobilisation des ressources pastorales par les éleveurs.

Ces nouvelles pratiques de conduite des troupeaux sont plutôt considérées négativement au regard des fondamentaux des pastoralistes ; ceux-ci privilégient des pâturages complets obtenus dans des temps courts avec un chargement élevé afin de limiter le tri et favoriser un bon renouvellement de la strate herbacée et un contrôle des dynamiques ligneuses. Par contre, ces pratiques moins serrées vont souvent dans le sens des regards naturalistes sur l'élevage. Bien souvent, les praticiens de l'environnement sont demandeurs d'un pâturage plutôt diffus, étalé dans l'espace et le temps, façonnant plus une mosaïque herbacée qu'une pelouse raclée ; un pâturage domestique qui ressemblerait, en quelque sorte, à celui des herbivores sauvages.

Les résultats de trente ans discontinus de suivi pastoral et écologique sur les pelouses sommitales du Luberon devraient donc apporter d'utiles enseignements pour la gestion écopastorale des écosystèmes remarquables. L'analyse en sera cependant complexe, puisqu'il s'agira de comparer, d'une part des pelouses

pâturées faisant l'objet d'une certaine baisse de pression au fil des ans, d'autre part des pelouses non pâturées, les unes et les autres étant soumises à un climat en cours de modification.

QUATRIÈME PARTIE :

Les pelouses sèches du Luberon entre évolution des pratiques pastorales et changement climatique.

4.1 L'évolution d'une espèce emblématique, le Genêt de Villars (*G. pulchella* subsp *villarsii*)

Le Genêt de Villars est l'espèce emblématique des pelouses sommitales du Luberon, non pas par une extrême rareté, mais par sa très forte spécialisation à un écosystème de pelouses écorchées de crêtes fortement ventées. Avec son association végétale, le *Genistetum villarsii*, et les espèces indicatrices qui la composent, il se trouve en effet présent sur les crêtes des montagnes calcaires préalpines sous influence climatique méditerranéo-montagnarde entre 1 000 et 1 700 m. Le Luberon constitue la station la plus méridionale et de plus faible altitude de l'association. Bien représentée sur le Grand Luberon (900-1 100 m), elle est réduite à l'état d'isolats fragmentaires sur le Petit Luberon (600-700 m).

Du point de vue méthodologique, le Genêt de Villars présente l'intérêt d'être suffisamment emblématique pour être intégré aux suivis de biodiversité, tout en étant suffisamment abondant pour que les suivis pastoraux puissent détecter son évolution. C'est donc la seule espèce pour laquelle nous disposons de données d'évolution provenant d'une pluralité de méthodes. Les résultats convergents paraissent donc robustes.

La figure 2 exprime l'évolution de l'espèce sur le Grand Luberon. En traits pleins et tiretés, est représentée l'évolution des pelouses pâturées suivies par deux méthodes (« biodiversité » et « pastorale »). En trait pointillé, figure l'évolution des pelouses non pâturées dans les enclos suivis par la méthode « pastorale ». Les suivis de biodiversité (indicateur d'abondance-dominance) réalisés en 1985, 1997 et 2010 sont basés

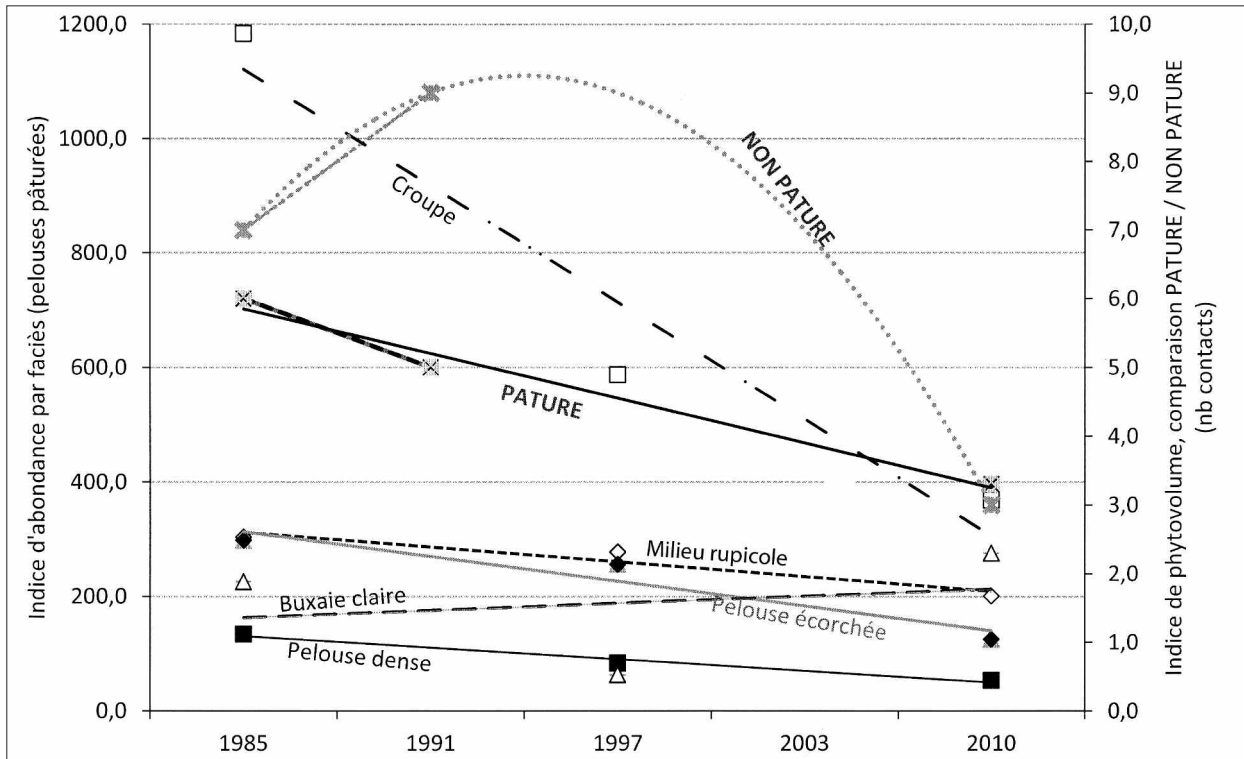


Fig. 2: évolution du Genêt de Villars (site du Grand Luberon).

sur 215 relevés effectués sur 80 transects. Ils montrent une baisse continue du Genêt de Villars dans tous les faciès de pelouse pâturée où il est présent, la perte la plus forte se situant dans son faciès de plus grande abondance initiale. La question se pose donc de la cause d'une telle baisse, et notamment de la responsabilité du pâturage. Les suivis pastoraux (indicateur de phytovolume relevés sur 100 points par station) confirment une baisse du Genêt de Villars, sur la moyenne de trois stations pâturées, du même ordre de grandeur que les suivis de biodiversité. Ces suivis réalisés sur les pelouses hors pâturage (deux stations suivies) montrent cependant une évolution en deux temps. Les premières années est observée une hausse du volume occupé par l'arbuste dans l'espace; une telle évolution est logique puisqu'elle décrit le développement de pieds non pâturés. Mais les années suivantes, l'on note une très forte baisse du phytovolume, qui ne peut s'expliquer que par une mortalité d'un certain nombre de pieds. Au final, la baisse du Genêt de Villars hors pâtu-

rage est aussi forte qu'au pâturage. Le pâturage n'est donc pas le facteur de sa régression. L'hypothèse, à l'inverse, que l'absence de pâturage entrave le semis spontané de nouveaux pieds de remplacement de genêt, en raison d'un fort couvert d'herbe sèche laissant peu d'espace nu, reste par contre posée.

La recherche d'une cause impactant autant les parcelles pâturées que non pâturées suggère fortement le facteur climatique.

En termes tendanciels, les trente années 1980-2010 sont celles de la période-clé où le réchauffement climatique devient repérable. À l'échelle régionale (Douguedroit & Bridier, 2007; Lelièvre *et al.*, 2011). Son amplitude (+ 1,5°C en trente ans) et son effet plus marqué du printemps à l'été (+ 2,3°C entre mai-juin et août sur 30 ans), confirmés par ces deux études, permettent de poser l'hypothèse d'impacts repérables sur la strate herbacée.

En termes événementiels, les canicules et sécheresses répétées des années 2003-2006 ont pu représenter une série d'accidents climatiques dont la répétition a pu produire un effet cumulatif. L'hypothèse selon laquelle ces écosystèmes de crêtes en limite d'aire, donc très exposés, auraient eu de grosses difficultés à s'adapter est également posée. En effet, pour les pelouses caussenardes, Fayolle (2008) a montré que la structure des couverts végétaux méditerranéens apparaît fortement pilotée par l'occurrence des accidents climatiques, aléatoires mais répétitifs.

Deux autres données corroborent cette hypothèse climatique. D'une part, le seul faciès où le Genêt de Villars se développe sur le Grand Luberon est la buxaie claire pâturée, où l'abri du buis a pu compenser le stress climatique – temporairement, puisqu'une trop grande fermeture du milieu condamnerait l'espèce (fig. 2). Le deuxième résultat est l'évolution du Genêt de Villars relevée entre 1999 et 2010 sur les pelouses sommitales du Petit Luberon (fig. 3) : il régresse en nombre de pieds comme en surface occupée, aussi bien au pâturage (P) que hors pâturage (NP). L'ensemble de ces résultats suggère une baisse générale du Genêt de Villars, décelable dès 1997, puis manifeste et forte à partir d'une rupture se situant quelque part entre 2001 et 2006, ce qui accredit bien le rôle de la série des années climatiquement difficiles 2003-2006, lesquelles se situent dans une tendance longue au réchauffement.

Enfin, en l'absence de pâturage, le Genêt de Villars, espèce de sols rocheux et pelouses écorchées, se trouve fortement concurrencé par des espèces plus agres-

sives dans l'occupation de l'espace, comme le Thym (*Thymus vulgaris*) et le Brome dressé (*Bromus erectus*), qui se sont fortement développées dans son propre habitat, après 30 ans d'abandon pastoral, alors même qu'il s'agit d'un espace restreint de 25 m².

Cette évolution concourt à une banalisation d'un écosystème fortement spécialisé.

4.2 L'évolution du cortège floristique associé au Genêt de Villars

On note dans le Grand Luberon une évolution négative comparable à celle du genêt pour deux espèces compagnes, *Anthyllis montana* (fig. 4) et *Plantago argentea* (fig. 5) : chute plus forte dans les faciès de préférence écologique et de plus grande abondance, mais meilleure résistance relative à l'abri de buissons clairsemés de buis. L'ampleur de la chute consolide le résultat pour les deux espèces. Une évolution négative est manifeste également pour des espèces comme *Sempervivum calcareum* et *Valeriana tuberosa*.

Présente seulement sur le Petit Luberon, où il forme de très belles populations, *Ephedra nebrodensis* régresse aussi très fortement dans les années récentes, avec une baisse de 65% au pâturage et de 56% en enclos non pâturé (fig. 6). Au-delà de l'impact climatique négatif, les dégâts de sanglier observés peuvent expliquer cette baisse plus forte hors défens.

À l'inverse, une espèce comme *Ranunculus gramineus* progresse dans le Grand Luberon sur 25 ans de suivi (fig. 7) et reste stable, malgré des évolutions contrastées, dans le Petit Luberon en 11 ans (fig. 8). L'évolution d'*Orchis mascula*, présente uniquement sur

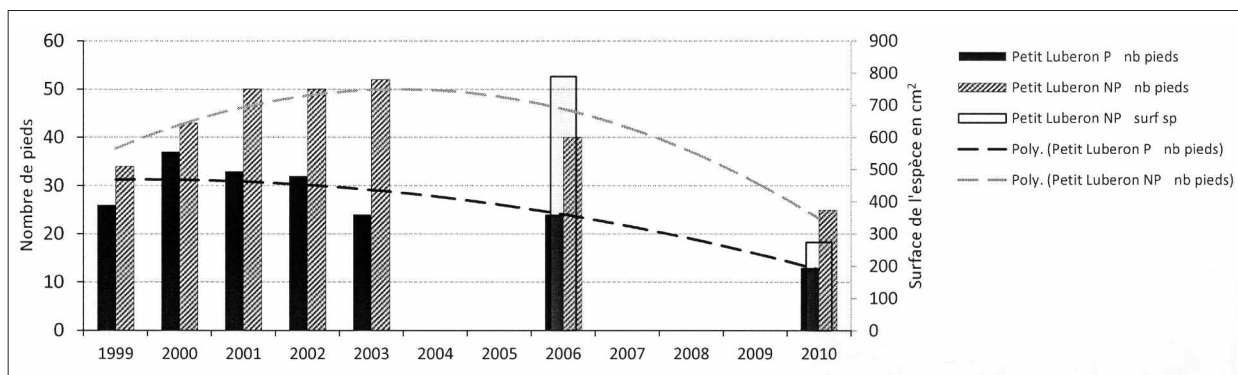


Fig. 3: évolution du Genêt de Villars (site du Petit Luberon).

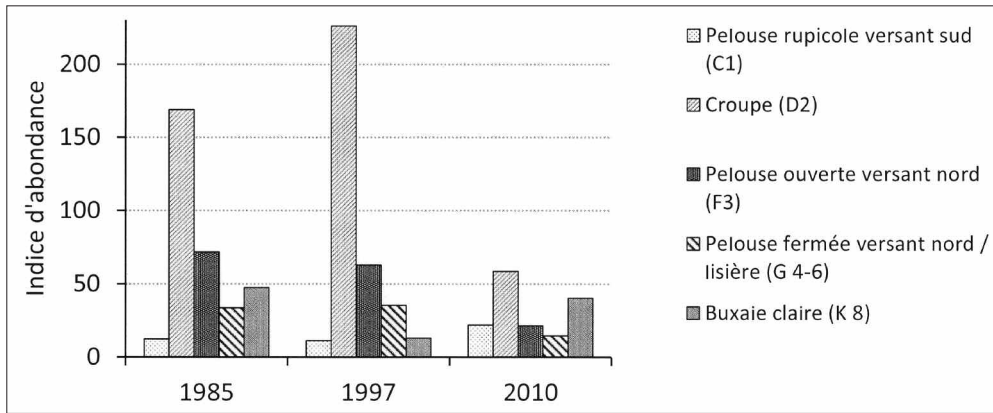


Fig. 4: évolution *Anthyllis montana* - Site du Grand Luberon.

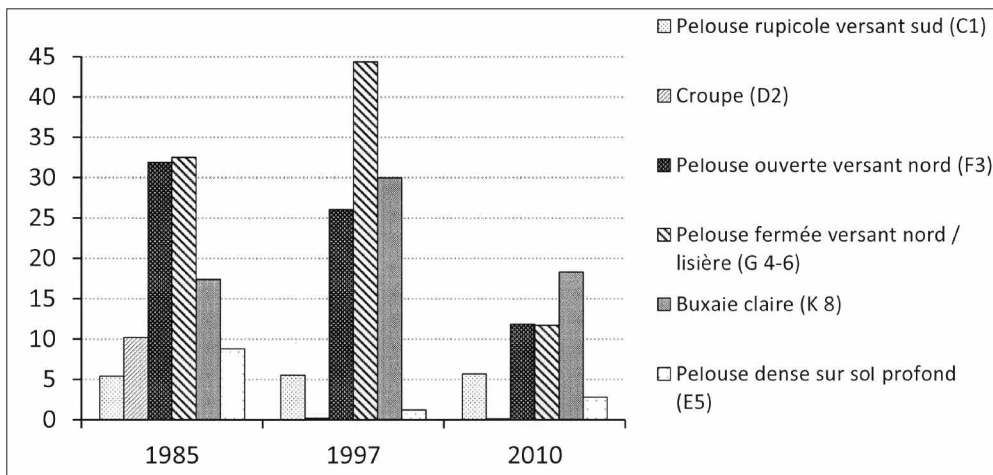


Fig. 5: évolution *Plantago argentea* Grand Luberon.

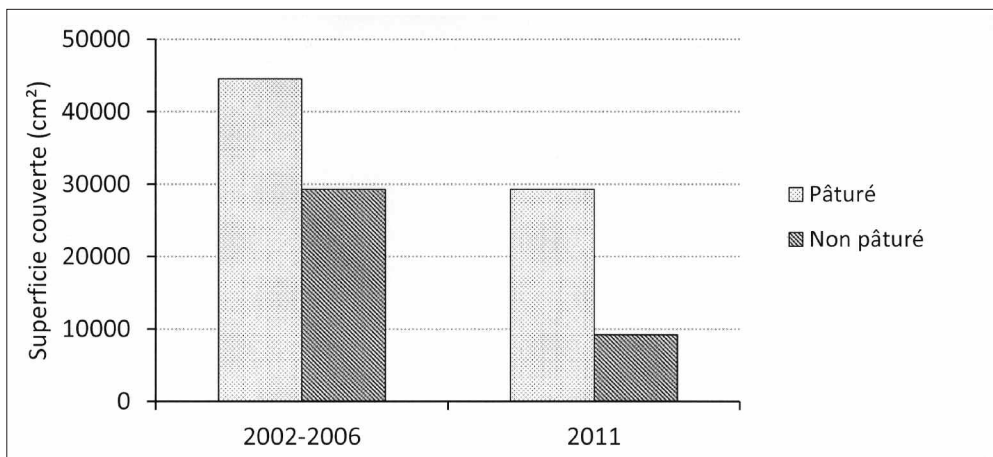


Fig. 6: évolution de *Ephedra nebrodensis* Petit Luberon.

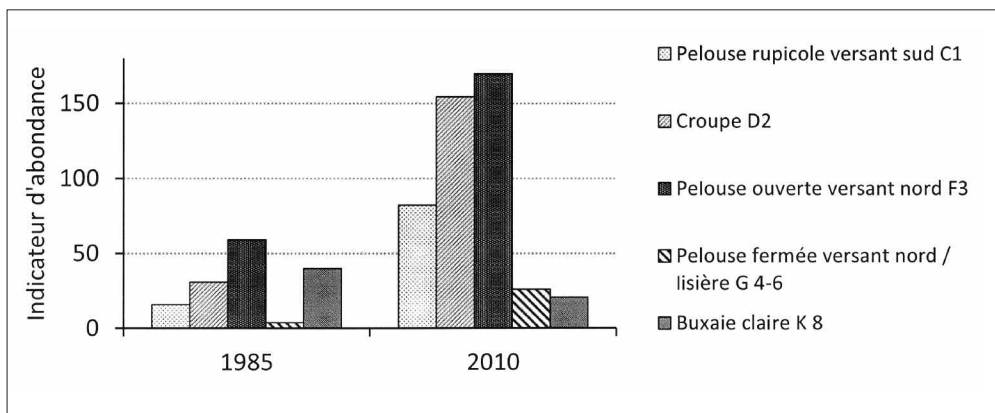


Fig. 7: évolution *Ranunculus gramineus* (Grand Luberon).

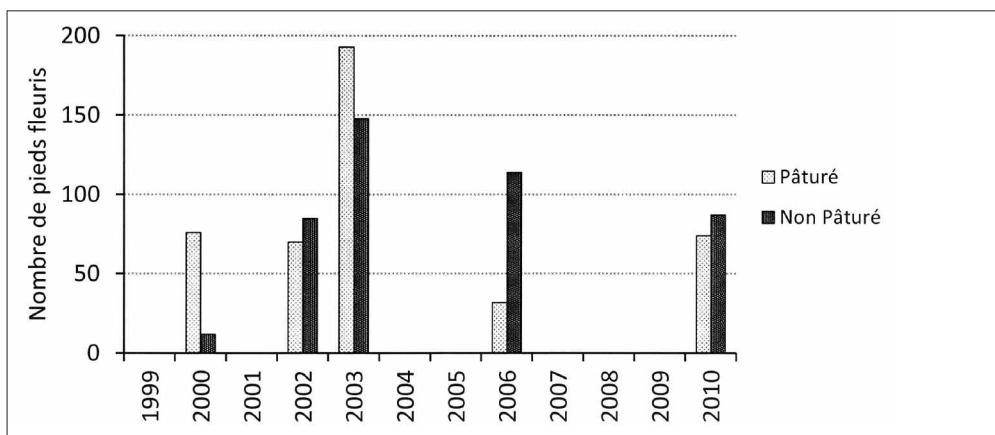


Fig. 8: évolution *Ranunculus gramineus* (Petit Luberon).

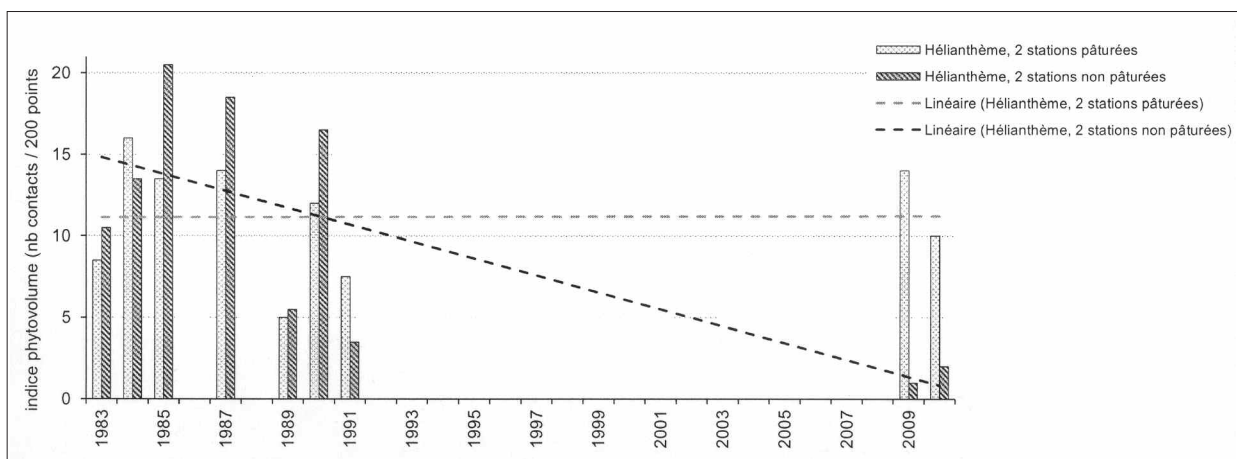


Fig. 9: évolution *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* (Grand Luberon).

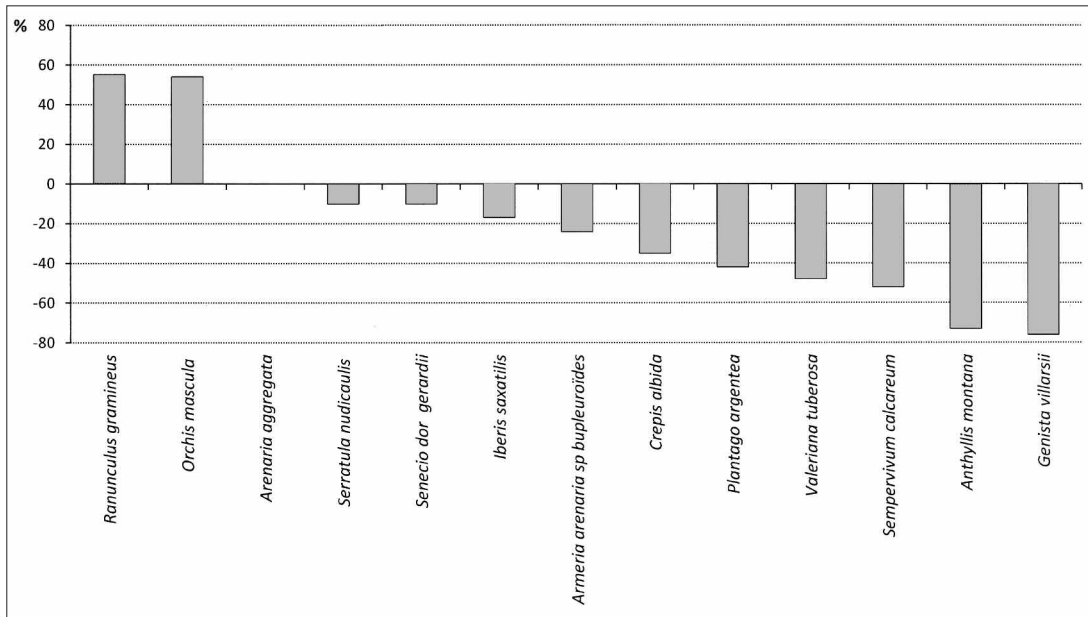


Fig. 10: évolution des espèces remarquables (variation indice d'abondance entre 1985-2010) Grand Luberon.

le Grand Luberon, est également positive. L'explication tient sans doute dans leur type biologique: géophyte franc chez *Orchis mascula*, et s'en rapprochant chez *Ranunculus gramineus* (tige souterraine courte, épaisse, raide et fibreuse, présentant des fonctions de réserves énergétiques proches de celles d'un bulbe).

Une autre espèce méditerranéo-montagnarde comme *Arenaria aggregata*, fidèle compagne du Genêt de Villars, présente également une bonne résistance à la sécheresse, au pâturage comme hors pâturage. En effet, cette hémicryptophyte basse présente d'une part une souche ligneuse, dont le caractère poilu (pubérent) est une protection contre la dessiccation, et d'autre part des petites feuilles, très coriaces, fortement indurées et imbriquées les unes dans les autres sur quatre rangs, la préservant d'un phénomène d'évapo-transpiration trop prononcé.

Notons par ailleurs le comportement d'une plante héliophile par excellence comme *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum*, ayant besoin d'un fort ensoleillement et strictement liée à des pelouses rases et ouvertes pâturées, dont les populations s'effondrent de façon drastique en l'absence de pâturage (fig. 9) en raison du développement d'une espèce plus agressive com-

me le Brome dressé, dont les feuilles vertes (fig. 13) et la matière sèche occupent un espace croissant.

Au total, et en restant prudent sur les limites méthodologiques, on note une balance négative entre espèces remarquables qui régressent et qui progressent sur le Grand Luberon entre 1985 et 2010 (fig. 10). Cette évolution inquiétante pourrait être le signe d'une impossible adaptation d'un écosystème en limite d'aire (le plus méridional et le plus bas en altitude) aux changements climatiques en cours. Le caractère méditerranéen du groupement s'accroît, au détriment de son caractère montagnard et de la très grande diversité due à ce croisement d'influences.

Ce résultat est confirmé par les suivis réalisés sur les crêtes du Petit Luberon sur un nombre d'espèces moindres, mais menés simultanément sur des parcelles pâturées (fig. 11) et non pâturées (fig. 12). L'évolution mesurée en nombre de pieds est globalement négative, au pâturage comme hors pâturage. La tendance est cependant plus contrastée et moins marquée, sur un temps de suivi plus court, Elle est surtout nette pour *Serratula nudicaulis* et *Genista pulchella* subsp. *villarsii*.

4.3- L'évolution des espèces du fond pastoral de la pelouse dans le Grand Luberon

L'écosystème de pelouse sèche n'est pas constitué seulement d'espèces remarquables. Son fonctionnement est aussi lié aux espèces les plus abondantes, celles qui font la ressource pastorale. Des évolutions notables peuvent y être repérées. L'analyse se fera en distinguant les pelouses sur sol superficiel (celles qui tendent vers le *Xéro-Bromion*) et les pelouses sur sol profond (qui relèvent du *Méso-Bromion*).

Sur sol superficiel, qui représente l'essentiel des surfaces, l'évolution la plus frappante est le développement du Brome dressé (*Bromus erectus*), très fort dans les enclos non pâturés et moins rapide dans les parcelles pâturées (fig. 13). Cette extension est certainement due à l'arrêt du pâturage dans le premier cas, et très probablement à une baisse du chargement dans le

deuxième cas. C'est en effet une espèce relativement agressive susceptible d'être contenue par un pâturage serré. Ce développement d'une graminée pérenne en touffes, d'appétence correcte, est *a priori* plutôt une bonne nouvelle pour la valeur pastorale. Elle risque cependant d'être un facteur de concurrence pour les espèces moins agressives dans la compétition pour l'espace. Sur ces pelouses écorchées pâturées, on ne note cependant pas de régression des autres espèces pastorales appréciées par les brebis. La question de la raréfaction des légumineuses est posée, mais leur variabilité interannuelle est très forte.

On peut s'interroger si le développement d'une espèce qui devient avec le temps fortement recouvrante comme le Brome dressé n'est pas en soi l'un des facteurs explicatifs de la régression de certaines espèces remarquables. Dans cette hypothèse, un mode de conduite du troupeau moins serré avec un pâturage moins complet serait un facteur négatif pour la pré-

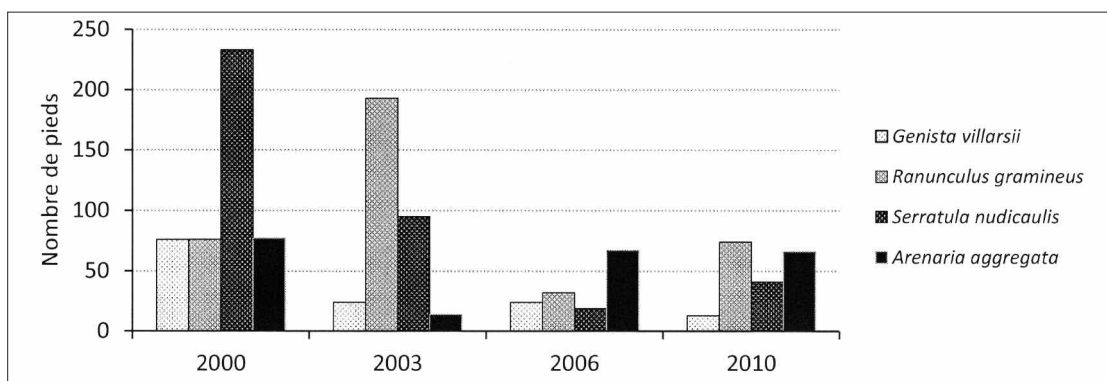


Fig. 11 : évolution de quelques espèces remarquables 2000-2010 Petit Luberon - Pelouses pâturées.

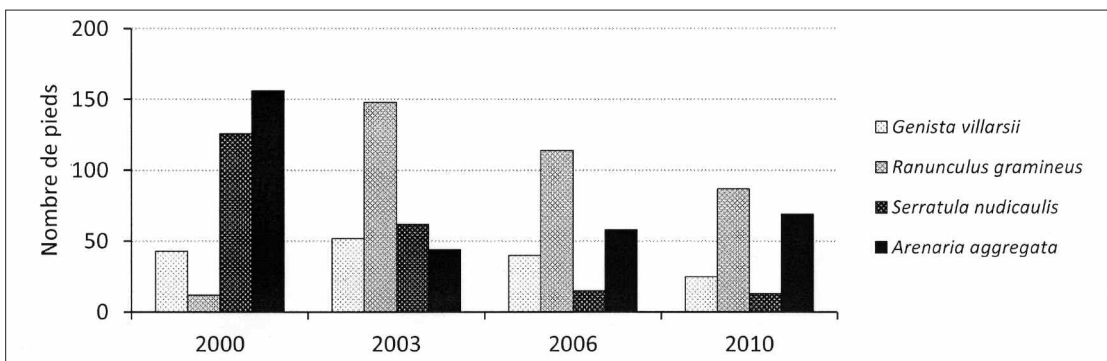


Fig. 12 : évolution de quelques espèces remarquables 2000-2010 Petit Luberon - Pelouses non pâturées.

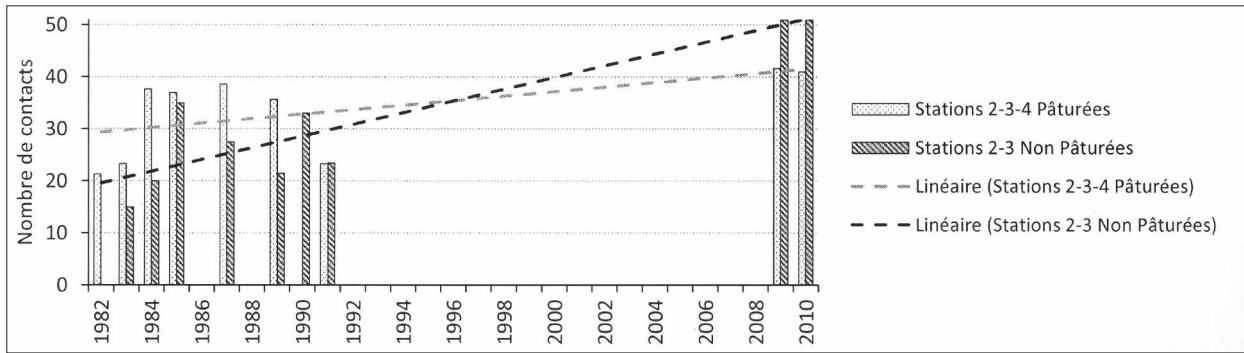


Fig. 13: évolution de *Bromus erectus* sur pelouses sur sol superficiel (Grand Luberon 1982-2010).

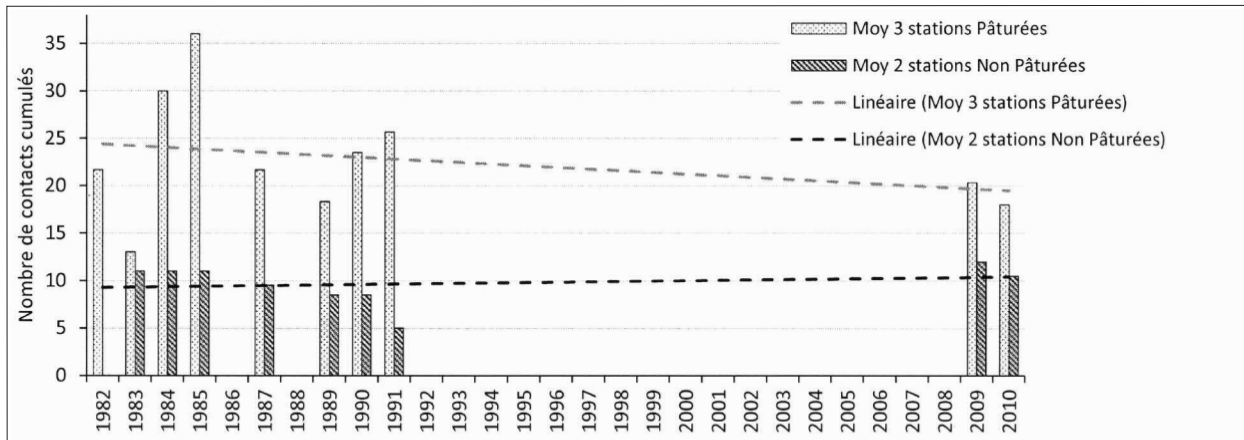


Fig. 14: évolution des « petites graminées et carex » (*Festuca ovina*, *Koeleria vallesiana*, *Avenula bromoides*, *Carex humilis*) sur pelouses sur sol superficiel (Grand Luberon, 1982-2010).

servation de l'écosystème. En effet, la litière, qui est susceptible d'être en quantité plus importante lorsque le pâturage diminue, apparaît comme un facteur favorable pour les populations d'espèces déjà dominantes comme *Bromus erectus*. Des études réalisées au sein de pelouses subalpines montrent en effet que la litière favorise la croissance des plantes juvéniles et des adultes de cette espèce (Viard-Cretat *et al.*, 2006).

Et le dispositif parcelles pâturées / exclos nous permettrait en toute rigueur de comparer non pas deux milieux à gestion constante, mais d'un côté des pelouses non pâturées, de l'autre des pelouses avec une faible baisse de pression de pâturage, néanmoins suffisante pour favoriser le lent développement du brome sur des pelouses demeurant largement écorchées. Le plus probable est cependant que le contexte d'impact climatique reste largement prépondérant, au regard de

cette faible variation de pression pastorale.

Sur sol profond, nous ne disposons pas de données comparatives hors pâturage. Le Brome dressé s'y développe aussi très fortement, au détriment des « petites graminées pérennes » et du carex (*Festuca ovina*, *Koeleria vallesiana*, *Avenula bromoides*, *Carex humilis*) dans une pelouse dense (fig. 14). Cependant on y mesure aussi un phénomène nouveau que l'on constate à l'œil nu à de nombreux endroits sur les crêtes: le développement de graminées opportunistes comme le Pâturin bulbeux (*Poa bulbosa*) – autrefois uniquement présent par nappes localisées sur sol superficiel – et surtout le Brome mou (*Bromus hordeaceus*) (fig. 15). Cette évolution est un indice de banalisation et d'altération des pelouses sur sol moyen à profond, difficile à expliquer dans un contexte de baisse des prélèvements. Une hypothèse est la formation de trouées de

sol nu lors de la série d'années climatiquement difficile initiée à partir de la canicule de 2003, ensuite colonisées par des graminées opportunistes, cette succession elle-même dans le contexte d'une hausse moyenne des températures. Un phénomène comparable a déjà été mis en évidence sur les pelouses caussenardes suite à la canicule de 2003 (Poilblanc, 2005). Cette hypothèse demande à être confirmée, et le caractère temporaire ou durable d'une telle évolution vérifié.

4.4- L'évolution des lisières

La dynamique d'embroussaillage hors pâturage est très visible dans une station non pâturée aux franges de la pelouse : dans un premier temps, se développent des espèces ligneuses basses comme la Lavande vraie

(*Lavandula angustifolia*) et le Genêt d'Espagne (*Genista hispanica*), qui régressent ensuite très fortement au bénéfice du Genévrier commun (*Juniperus communis*) (fig. 16), alors qu'apparaissent les premières plantules d'un feuillu comme l'Érable opale (*Acer opalus*). Face à cette forte reconquête ligneuse, le Brome dressé résiste, mais pas les petites graminées des pelouses sèches (*Festuca ovina* + *Koeleria vallesiana* + *Avenula bromoides*) ni le Carex humble (*Carex humilis*) (fig. 17).

Dans les pelouses pâturées situées en lisière des zones embroussaillées ou boisées, nous pouvons également mesurer un effet lisière sur l'évolution des espèces floristiques remarquables retenues au titre de la biodiversité, qui se manifeste avant même le démarrage de la reconquête ligneuse. Ces pelouses, plus sciaphiles, ont un meilleur recouvrement herbacé mais sont pourtant moins attractives pour le troupeau qui ne peut s'y

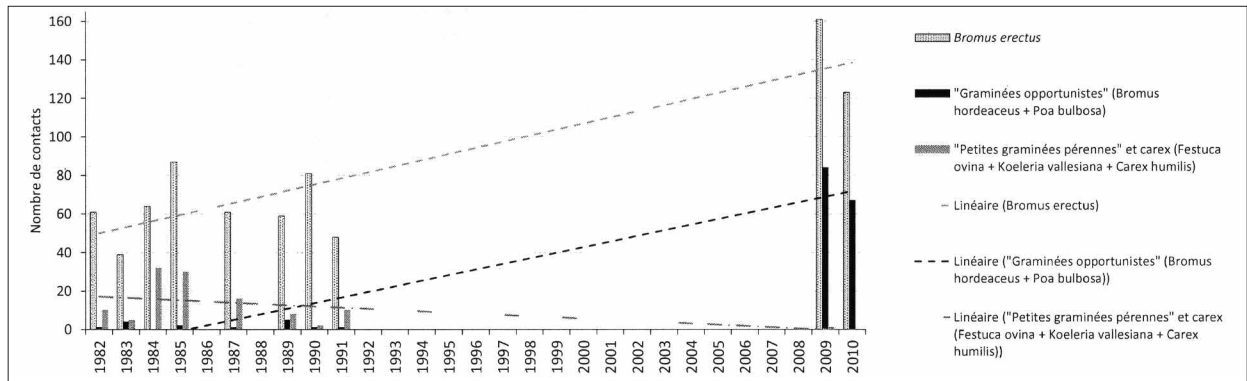


Fig. 15 : évolution de *Bromus erectus* des « graminées opportunistes » et de « petites graminées pérennes » sur sol profond (Grand Luberon, 1982-2010).

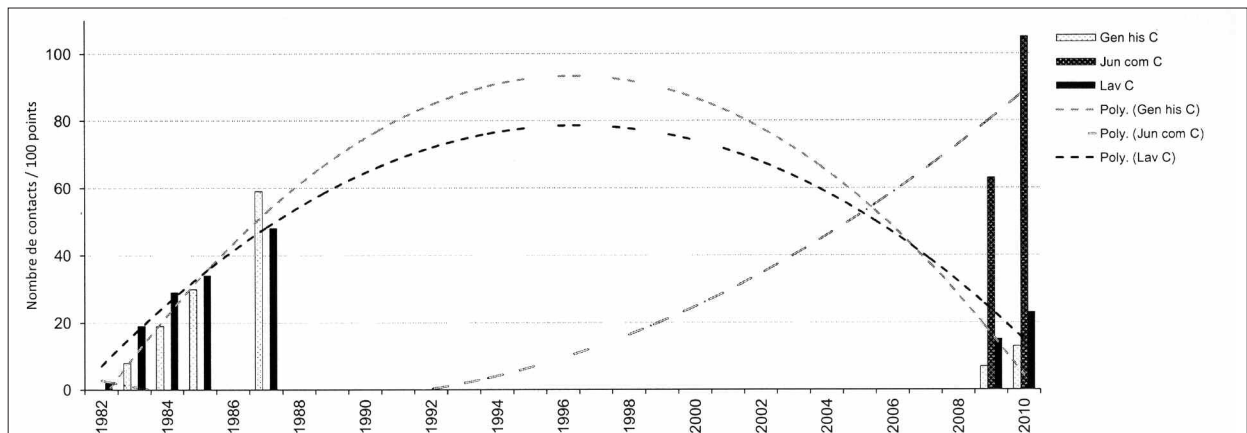


Fig. 16 : embroussaillage en station de lisière et de vallon (hors pâturage, Grand-Luberon, 1982-2010).

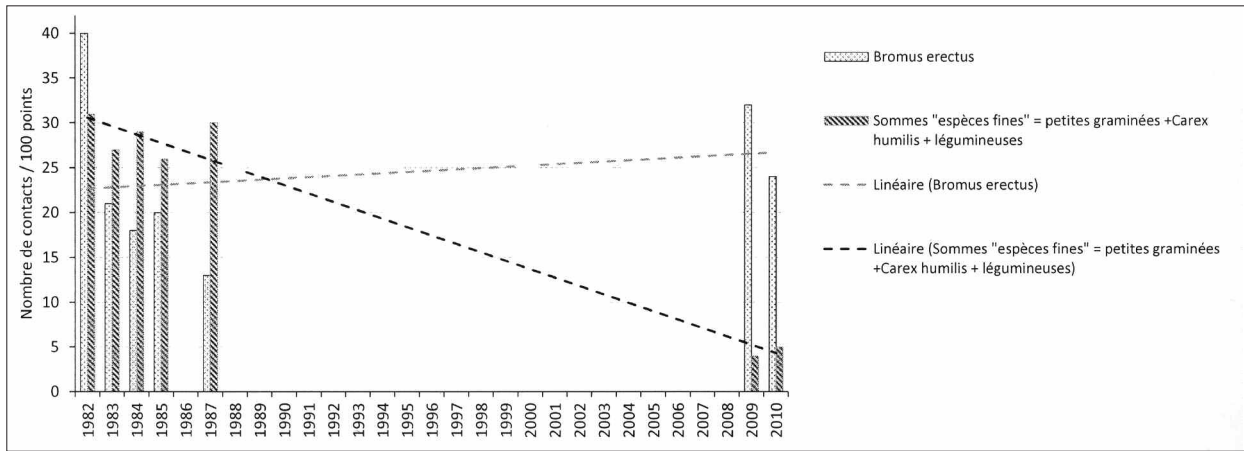


Fig. 17 : évolution des graminées en situation d'embroussaillage (hors pâturage, Grand Luberon, 1982-2010).

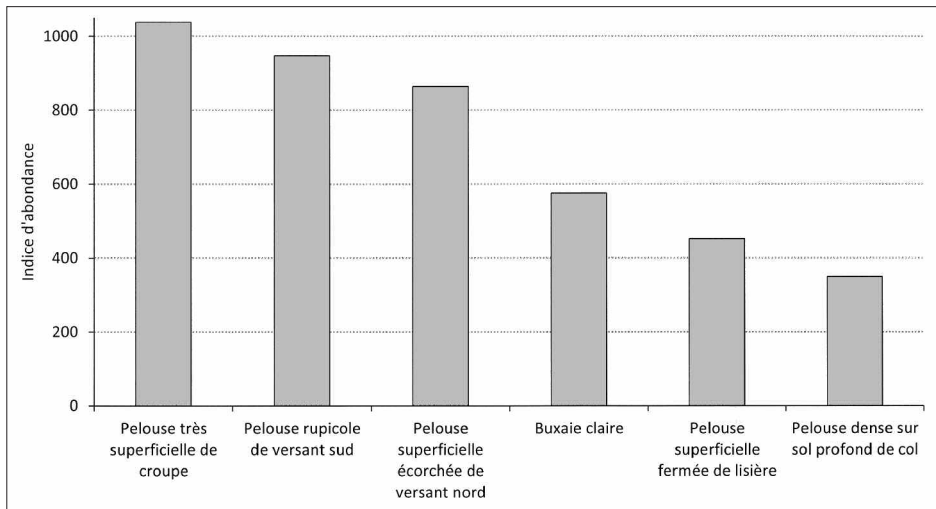


Fig. 18 : abondance cumulée de la somme des espèces remarquables par faciès de pelouse (Grand Luberon, 2010).

déployer. Si l'on considère la somme des indices d'abondance de la liste des espèces floristiques remarquables recensées, ce faciès manifeste un appauvrissement très net par rapport à tous les autres faciès de pelouse sur sol superficiel (fig. 18). Ce résultat montre que la biodiversité « remarquable » des pelouses sèches est concentrée sur un « noyau » plus réduit que les surfaces encore ouvertes. Cet effet est accentué par la forme en longue bande étroite de cet ensemble de pelouses de crêtes, et donc par la longueur des lisières par rapport à la surface totale, ainsi que par la remontée sous forme de ponts entre les deux versants de bosquets de broussaille localisés.

Ces écotones hébergent cependant aussi une espèce remarquable protégée au niveau national, la Gagée des prés (*Gagea pratensis*), espèce de pelouses montagnardes ensoleillées ou mi-ombragées pour laquelle les crêtes du Grand Luberon constituent la quasi-limite sud de son aire de répartition (Girerd, 1991). Cette espèce n'a pas pu être prise en compte lors de nos suivis de biodiversité successifs en raison de sa floraison très précoce début avril. Elle occupe 120 stations sur les crêtes du Grand Luberon, dont 75% sur pelouses en orée de bois ou de buxaies, et 25% sur des pelouses sur sol profond (CBNMed./CBNA, 2011).



Photo 1: *exclos*, *Genistetum villarsii* du Collet Redon (2009).

Ce résultat illustre la nécessité de prendre en compte la « biodiversité remarquable » d'une part à l'échelle des pelouses sèches, écosystème spécialisé dont la préservation nécessite un habitat continu suffisamment étendu (effet de seuil), d'autre part à l'échelle des mosaïques ou écotones qui structurent le paysage et sont susceptibles également d'abriter telle ou telle espèce rare. Toute la difficulté pour le gestionnaire est de préserver l'ampleur et la continuité de l'écosystème spécialisé sans méconnaître l'intérêt des milieux de transition, dont l'expansion constituerait pourtant une menace pour le premier.

CONCLUSION

L'ensemble de tous ces suivis et résultats obtenus depuis 30 ans sur les crêtes du Luberon démontrent bien un certain nombre d'évolutions sensibles de son contexte végétal, devenues surtout visibles depuis le début des années 2000. L'espèce que l'on peut considérer comme porte-drapeau de la qualité environnementale de ces habitats : le Genêt de Villars (*Genista pulchella* subsp. *villarsii*) a subi au cours de cette période une diminution de son abondance.

Les pelouses sommitales du Luberon n'ont pas connu d'abandon pastoral, identifié comme la première cause de régression de ce type d'écosystème. Les baisses de chargement intervenues à différentes périodes interrogent cependant sur la capacité de l'élevage à tenir ces milieux ouverts, dont les surfaces ont fortement régressé depuis 60 ans dans le Luberon (Garde, 1992 ; Trivelly *et al.*, 2000). Au-delà des

atteintes directes au sol fragile de ces pelouses (dégâts croissants de sangliers, circulation de véhicules motorisés tout-terrain), l'hypothèse selon laquelle les bouleversements climatiques en cours deviennent un facteur majeur de menace pour la pérennité de l'écosystème est clairement posée par nos résultats. L'augmentation des températures objectivée à l'échelle régionale sur les 30 dernières années, comme les accidents climatiques parfois sévères ayant marqué les années 2000, participent du réchauffement climatique tendanciel. Ce changement des conditions climatiques tend à bouleverser les régulations fonctionnelles en place, et la pollution photochimique qui a été mise en évidence sur le Grand Luberon peut en renforcer les effets.

De telles évolutions sont fortement corroborées par la disparition de trois espèces franchement orophytes comme le Raisin d'ours (*Arctostaphylos uva-ursi*), le Botryche lunaire (*Botrychium lunaria*) et la Globulaire à feuilles en cœur (*Globularia cordifolia*), anciennement connues jusque dans les années 1990 à l'état d'isolats sur les crêtes du Grand Luberon. Plus surprenante est la régression d'une plante comme le Choux des rochers (*Brassica repanda* subsp. *saxatilis*), endémique du sud de la France, en limite d'aire septentrionale dans le Luberon, et parfaitement adaptée à subir des stress hydriques, cependant elle n'est plus connue que sur l'une de ses quatre stations historiques du Grand Luberon. Ce phénomène paradoxal et inexplicable constitue sans doute « un bruit de fond » à interpréter comme la régression démographique d'une espèce micro-endémique dans son aire de distribution générale.

Souvent, le pâturage est perçu comme un facteur négatif lorsque la dégradation d'un couvert herbacé est observée sur des pelouses pâturées. Il s'agit en effet du facteur le plus présent et le plus visible. Cette étude offre l'intérêt de montrer que le pâturage n'est qu'un facteur d'influence sur l'évolution d'un cortège floristique parmi de nombreux autres facteurs, souvent difficiles à prendre en compte. La disponibilité d'enclos non pâturés pendant près de 30 ans est ici un outil extrêmement précieux permettant de mettre en évidence l'existence de facteurs autres que le pâturage, impactant négativement autant la pelouse pâturée que

celle mise en défens. La période de 30 ans considérée se trouve correspondre à peu de chose près au démarrage du réchauffement climatique, la rupture se situant entre les années 1970 et 1980. C'est donc une documentation extrêmement précieuse que nous avons pu rassembler, malgré certaines limites méthodologiques. Les pelouses sommitales du Luberon, dernier relief préalpin vers le Sud, apparaissent désormais comme une sentinelle avancée du changement climatique affectant des écosystèmes en passe de perdre leur rôle de transition écologique entre les mondes méditerranéen et montagnard.

L'ensemble des dispositifs de suivis, avec des interruptions, depuis quinze à trente ans, restent en place. Le site des pelouses sommitales du Luberon constitue ainsi un observatoire privilégié. Ces suivis destinés à obtenir des réponses objectivées à l'évolution de ces milieux, méritent d'être poursuivis, perfectionnés ou remobilisés. À cet effet le programme européen Natura 2000 qui exige théoriquement la mise en place et la définition d'indicateurs de seuils, pour le suivi de l'état de conservation des habitats labélisés d'intérêt communautaire, doit constituer un cadre à privilégier.

Enfin cette étude montre tout l'intérêt à pérenniser la contractualisation agri-environnementale de sites de pelouses sèches emblématiques. La baisse d'ambition de la dernière génération des mesures agri-environnementales territorialisées (MAET) est à cet égard préoccupante (Lécrivain *et al.*, 2011). Le retour d'expérience acquis au fil du temps doit également permettre d'améliorer les futurs dispositifs.

Il est certain que l'absence de troupeaux conduirait à terme à la disparition de ces écosystèmes par colonisation progressive depuis les lisières. La présence des animaux est nécessaire. Mais il y a pâturage et pâturage (Lécrivain, 2007). En première analyse, les préconisations de gestion pastorale qui ont fondé l'action éco-pastorale depuis trois décennies restent pertinentes : pâturage plutôt tardif au printemps et prélèvement complet de la ressource sur un temps resserré n'excédant pas 4 à 6 semaines, retour possible à l'automne (Garde *et al.*, 1996). C'est pourquoi la pression pastorale en baisse sur les crêtes du Luberon risque de se révéler insuffisante à terme, notamment dans sa

capacité à tenir les lisières, interfaces stratégiques de l'avenir des pelouses. Cette baisse résulte de l'organisation des éleveurs au sein des exploitations ainsi que de leurs conceptions des « façons de faire » qui ont évolué dans la conduite des troupeaux. Elle provient aussi d'engagements contractuels perçus par eux comme rigides et peu adaptables aux aléas climatiques annuels et saisonniers. Un double problème accentué par l'avancement phénologique de la végétation qui se manifeste déjà comme conséquence du changement climatique après trois décennies. Ainsi l'année 2011, exceptionnellement précoce, aurait pu être pâturée trois semaines plus tôt, les éleveurs n'ayant trouvé qu'un « paillason » à leur arrivée au 1^{er} juin, même si quelques pluies tardives ont ensuite un peu compensé la perte initiale de ressource. Le renouvellement des MAET devra prendre en compte un besoin de souplesse supplémentaire, avec par exemple la double notion de « surfaces tampons » (notamment dans les espaces boisés limitrophes) et « périodes tampons » permettant aux éleveurs de s'ajuster à la réalité annuelle. Mais l'éleveur ne peut être comptable ni des atteintes au sol par les sangliers, ni de l'érosion provoquée par les véhicules motorisés, ni de la pollution photochimique, ni des effets du réchauffement climatique... En ce sens, s'il est légitime de contractualiser avec lui des objectifs de résultats pastoraux, il pourrait être périlleux de lui fixer des objectifs de résultat en termes de biodiversité.

Remerciements

Tous nos remerciements vont aux équipes du Parc naturel régional du Luberon, du CERPAM, de l'ONF, de l'Université d'Aix-Marseille et des services de l'État qui ont consolidé l'élevage pastoral dans le Luberon au fil de toutes ces années par leur travail technique et scientifique. En plus des références ci-dessous, les personnes suivantes ont plus particulièrement participé aux suivis de la biodiversité dont cet article rend compte : Dominique Chéry, Daniel Pavon, Jacques Dupuis, Sandrine Scotto-Di-Uccio.

BIBLIOGRAPHIE

BEYLIER B. & GARDE L., 2000. *Quand les éleveurs gèrent la biodiversité. L'opération locale agri-environnementale du Parc naturel régional du Luberon : « Biotopes rares et sensibles »*. 5 ans de suivis des pratiques pastorales. Document CERPAM, Manosque, 89 p. + annexes.

BEYLIER B., GARDE L., GUENDE G., LASSEUR J. & LECRIVAIN E., 2002. La mesure agri-environnementale « Biotopes rares et sensibles » dans le Parc naturel régional du Luberon : un bilan pour le territoire et l'élevage, *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 6, pp. 89-102.

CBNMéd. & CBNA, 2011. *SILENE Système d'information et de localisation des espèces natives et envahissantes*, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles / Conservatoire botanique national alpin, Hyères / Gap, 2006-2012, <http://flore.silene.eu/>

CHERY D., GAUDIN R. & GUENDE G., 1999, 2000, 2002, 2003, 2004, 2006, 2010-2011. *Suivis des plantes rares soumises aux contraintes du pastoralisme*, Document ONF-PNRL, Rapports annuels.

CROS B. & DURAND P., 2002. Contribution du programme Escompte à l'étude de la qualité de l'air dans le Luberon, *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 6, pp. 117-126.

DOUGUEDROIT A. & BRIDIER S., 2007. Le réchauffement climatique dans le Sud-Est de la France à la fin du XX^e siècle. In Actes du Colloque *Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles?* 28-30 mars 2007, Université de Bourgogne, Dijon.

FAYOLLE A., 2008. *Structure des communautés herbacées sur les Grands Causses : stratégies fonctionnelles des espèces et interactions interspécifiques*. Thèse de Doctorat de Montpellier II / SupAgro., 203 p.

FONTY C., 2010a. *Le Parc naturel régional du Luberon et la préservation des milieux ouverts : Bilan des actions, Analyse sociologique et perspectives des suivis floristiques*, Mémoire de Master, Muséum national d'histoire naturelle / AgroParisTech, Paris, 2010, 51 p.

FONTY C., 2010b. *Le suivi des milieux ouverts gérés par le pastoralisme dans le Parc naturel régional du Luberon. Synthèse des suivis floristiques et faunistiques effectués sur le territoire et propositions*. Document interne Parc naturel régional du Luberon, 75 p.

FONTY C., 2011. L'évolution de la contractualisation agri-environnementale et ses conséquences sur les perceptions et pratiques du métier d'éleveur ovin en Luberon (Provence-Alpes-Côte d'Azur, France), *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon et de la Réserve de biosphère Luberon-Lure*, N° 10, pp. 34-45.

FONTY C., LASSEUR J., GARDE L. & GUENDE G., 2010. L'implication de l'élevage dans les dispositifs de gestion de la biodiversité contribue-t-il à conforter sa durabilité? L'exemple du Luberon (Provence-Alpes-Côte d'Azur - France). *Economic, social and environmental sustainability in sheep and goat production systems*, FAO-CIHEAM Network on Sheep and Goats, 7th International Seminar, Zaragoza, 10-12 nov. 2010.

GARCIA F, LASSEUR J. & LEOUFFRE M.C., 2000. *Diversité de l'élevage en Luberon. Suivi scientifique de l'opération « pelouses sèches calcaires »*. Rapport Technique, INRA, Avignon, 16 p.

GARDE L., 1982. *Productivité des formations végétales des crêtes du Grand Luberon*, DEA, Université d'Aix-Marseille III, Marseille, 46 p.

GARDE L., 1985. *Entretien d'un écosystème de pelouses par un troupeau ovin: les crêtes du Grand Luberon*, Rapport étude Parc naturel régional du Luberon, Apt, 106 p.

GARDE L., 1990. *Ressources pastorales en Haute Provence et modélisation de la relation végétation/troupeau*, Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille III, Marseille, 172 p.

GARDE L., 1992. *Pâturage et richesse biologique: bilan d'un aménagement pastoral sur les crêtes du Grand Luberon*, Rapport Parc naturel régional du Luberon, Apt, 45 p.

GARDE L. (coordination), 1996. *Guide pastoral des espaces naturels du Sud-est de la France*. Ed. CERPAM -Méthodes et Communication, Manosque, 254 p.

GIRERD B., 1978. *Inventaire écologique et biogéographique de la Flore du département de Vaucluse*. Société d'études des sciences naturelles de Vaucluse, Thèse de l'Université d'Aix-Marseille III, 364 p.

GIRERD B., 1984. Les *Gagea* en Provence. *Bulletin de la Société botanique de Vaucluse*, n° 3, pp. 10-20.

GIRERD B., 1985. Les *Ephedra* de la région d'Avignon, Recueil sur la flore de Provence occidentale, *Bulletin de la Société botanique de Vaucluse*, n° 5, pp. 39-51.

GIRERD B., 1991. *La flore du Département de Vaucluse, Nouvel inventaire*. Éditions A. Barthélemy, Avignon, 392 p.

GIRERD B. & ROUX J.P., 2011. *Flore du Vaucluse*, Ed. Biotope, Coll. Parthénope, Mèze (34), 1 024 p.

GUENDE G., TATONIT. & BONIN G., 1997. Patrimoine végétal du Parc naturel régional du Luberon, 20 ans de recherche scientifique et de valorisation, *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 1, pp. 33-49.

GUENDE G., GALLARDO M. & MAGNIN H., 1999. *Secteurs de valeur biologique majeure*, Parc naturel régional du Luberon, Édition PNRL, 117 p.

GUENDE G. & GALLARDO M., 2009. Zones de valeur biologique majeure. In *Charte du Parc naturel régional du Luberon: Objectif 2021*, Annexe, Apt, 300 p.

LASSEUR J., 2001. *Pratiques d'élevage et gestion de l'espace: la caractérisation des systèmes d'élevage locaux*. Thèse, ENSAM, Montpellier, 2001, 75 p. + annexes.

LASSEUR J., BATAILLE J.F., BEYLIER B., ETIENNE M., LEGEARD J.P. & LUCCIONI J., 2010. Modélisation des relations entre dynamiques des territoires et des systèmes d'élevage dans le massif du Luberon. *Cahiers Agricultures*, Vol. 19, N° 2, Élevages extensifs et territoires, mars-avril 2010, pp. 90-96.

LECRIVAIN E., 2007. Le gardiennage des ovins: des savoir-faire adaptés au comportement des animaux et à l'entretien de l'espace, *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 8, pp. 28-41.

- LECRIVAIN E., BOUTONNET J.P., DEVERRE C. & LASSEUR J., 2000. Dynamique de l'élevage ovin et mesure agri-environnementale: Étude de l'opération locale « pelouse sèche » dans le Luberon INRA-SAD, Ecodéveloppement, INRA-SAD/UMR INNOVATION, *Le Courrier de l'environnement*, n° 35, pp. 172-178.
- LECRIVAIN E., LEGEARD J.P., BEYLIER B., GARDE L. & LASSEUR J., 2011. Interactions entre pratiques pastorales, savoir-faire d'éleveurs et dispositifs agri-environnementaux. Exemple des espaces naturels pâturés du Luberon. *Colloque Écologisation des politiques publiques et des pratiques agricoles*, 16-18 mars 2011, INRA, Avignon.
- LELIEVRE F., SALA S. & VOLAIRE F., 2011. Changements du climat 1950-2009 dans le Sud de la France. *Séminaire de restitution du programme « Climfourrel »: Adaptation des systèmes fourragers et d'élevage périméditerranéens aux changements et aléas climatiques*, Montpellier, 23 juin 2011, Diaporama, 45.p.
- MARTIN R., 2000. *Ophrys aurelia* en Luberon. *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 4, pp. 156-157.
- MATHIOT S., 1998. Une campagne de mesure de l'ozone sur le Mourre Nègre (Grand Luberon -Vaucluse), *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 2, pp. 111-116.
- MATHIOT S. & LEOPOLD A., 2000, La surveillance de la pollution photochimique par l'ozone dans le Luberon, *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 4, pp. 146-150.
- Ministère de l'Environnement, 1988 et 2004. ZNIEFF 1^{re} génération, 1988, ZNIEFF 2^e génération 2004. *Inventaire du patrimoine naturel de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Documents techniques.
- MOLINIER R., 1938. La végétation du Massif du Grand Luberon (Vaucluse), *Bulletin Le Chêne*, n° 45, pp. 78-103.
- MOLINIER R., 1952. *Les groupements végétaux du Grand Luberon*. Arts et livres de Provence, n° 21, 6 p.
- MOLINIER R., 1953. Aperçu sur l'histoire de la végétation du Luberon oriental. *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Marseille*, n° XIII, pp. 71-75.
- MOLINIER R., 1962. Aperçu sur la flore et la végétation du Luberon. *Le Monde des Plantes*, n° 334, pp. 1-4.
- MOLINIER R., 1969. Vue d'ensemble sur la végétation du Grand et du Petit Luberon (Vaucluse). *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Marseille*, n° XXIII, pp. 1-27
- MOURET S., 2003. *Politiques environnementales et dynamique des conceptions de métier d'éleveur: Quand les objets techniques s'en mêlent*. Muséum national d'histoire naturelle / INRA, Paris, 65 p.
- NOUVIANT J., 1997. Recherches sur *Ephedra* en Europe III: entre *Ephedra distachya* et *helvetica*, *Bulletin annuel de la Murithienne (Société valaisanne des sciences naturelles)*, n° 115, pp. 68-75.
- NOUVIANT J., 1998. Recherches sur *Ephedra* en Europe IV: critique de *Ephedra nebrodensis*. *Bulletin annuel de la Murithienne (Société valaisanne des sciences naturelles)*, n° 116, pp. 69-79.
- ONF, 2012 (en cours de validation). *Plan de gestion de la Réserve biologique mixte (RBI + RBD) de la Forêt domaniale du Petit Luberon*, Document technique, Office national des forêts, 230 p. (+ annexes).

PEYRONNE J.-C., 1959. *Étude phytosociologique du Petit Luberon*, DES, Faculté des sciences de Marseille, 71 p. (carte en annexe).

PNRL, 2002. *Natura 2000, Document d'Objectifs du site FR9301585 « Massif du Luberon »*, tome I (Diagnostics environnementaux), DREAL PACA, 168 p. + annexes.

POILBLANC A., 2005. *Les pelouses sèches et la sécheresse: quels enseignements?* Mémoire Master Institut national supérieur des sciences agronomiques, de l'alimentation et de l'environnement, Dijon, 2005.

PONS A., 1950-1951. Observations sur quelques associations végétales du Massif du Grand Luberon, *Bulletin de la Société d'étude des sciences naturelles de Vaucluse*, années: 1951-1952, 22 p.

PONS A., 1951. La flore de la chaîne du Grand Luberon, *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Marseille*, n° 11, pp. 57-82.

PONS A., 1952. *Étude phytogéographique de la Chaîne du Grand Luberon*, DES de la Faculté des sciences de Marseille, 105 p.

PONS A., 1953. L'Homme et la végétation dans le Grand Luberon, *Arts et livres de Provence*, n°22, 50 p.

TATONIT.,VELA E., DUTOITT.& ROCHE P., 1998. Pastoralisme et diversité. Présentation du suivi scientifique et des premiers résultats concernant l'organisation de la végétation dans le Luberon, *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 2, pp. 32-49.

TISON J.M., 1996. La *Gagea* du Petit Luberon, *Le Monde des plantes*, n° 455, p. 17.

TISON J.M., 1998. Note complémentaire sur quelques *Gagea* françaises, *Le Monde des plantes*, n° 462, pp. 7-8.

TRIVELLY E., 2004. *Quand les moutons s'en vont... Histoire et représentations sociales du boisement des pelouses sèches du sud-est de la France*. Publications de l'Université de Provence. Marseille, 261 p.

TRIVELLY E., DUTOITT. & DALIGAUX J., 2000. Transformation des paysages des pelouses sèches des crêtes du Grand Luberon, éléments historiques pour une aide à la décision de gestion, *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 4, pp. 38-56.

VELA E., 2002. *Biodiversité des milieux ouverts en région méditerranéenne. Le cas de la végétation des pelouses sèches du Luberon (Provence calcaire)*, Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III, 306 p.

VELA E., TATONIT. & BRISSE H., 2001, Étude synchronique de l'influence du pâturage ovin et de la mise en défens sur la végétation des pelouses calcaires du Luberon (Provence, France), *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, n° 5, pp. 102-121.

VIARD-CRETAT F., GALLET C. & LAVOREL S. 2006. Impact de la fauche et de la litière sur les stratégies de régénération en prairies subalpines. In *2^e Congrès d'écologie des communautés végétales (ECOVEG)*, 5-7 avril 2006, Avignon.