

Synthèse des connaissances sur les impacts du feu sur le biote¹ des écosystèmes de type forêt méditerranéenne dans le Sud-Ouest australien

par Neil BURROWS

Introduction

Ce document propose une synthèse des connaissances scientifiques actuelles concernant les réactions au feu des espèces floristiques et faunistiques des écosystèmes du Sud-Ouest australien. Les données présentées sont tirées d'une étude bibliographique exhaustive multi-auteurs sur ce sujet complexe, dont les résultats ont récemment été publiés dans un ouvrage cosigné ABBOTT & BURROWS (2003). Par ailleurs, le deuxième article présenté dans ce numéro de la revue (Cf. p. 243) indique comment ces connaissances sont utilisées pour la planification et la mise en œuvre de techniques de gestion du feu en vue de la préservation de la biodiversité et de la protection de la vie humaine et des biens.

La région forestière du Sud-Ouest australien s'étend sur une superficie approximative de 4,25 millions d'hectares ; elle se situe en bordure du Grand plateau composé de roches granitiques du Précambrien recouvertes de sédiments.

Cette région est empreinte d'un passé géologique très ancien et a été soumise au lessivage prolongé ainsi qu'à l'érosion, au dépôt et à la latéritisation de la couche de surface : d'où des sols pauvres et un paysage plutôt arrondi.

Le climat actuel de cette région est décrit comme étant de type méditerranéen avec des étés secs et tempérés, des hivers frais et humides. L'amplitude des températures et des précipitations est considérable. La

1 - Biote : l'ensemble des plantes, des micro-organismes et des animaux qu'on trouve dans une région ou dans un secteur donné.

2 - Jarrah-marri :
Eucalyptus marginata et
Corymbia calophylla ;
 Karri : *Eucalyptus diversicolor* ;
 Tingle : *Eucalyptus guilfoylei* ou *jacksonii* ;
 Wandoor :
Eucalyptus redunca

Fig. 1 (ci-dessous) :
 Un climat
 de type méditerranéen

Photo 1 (en bas) :
 Des forêts d'eucalyptus.

pluviométrie annuelle de la région (Cf. Fig. 1) varie entre 650 mm et 1400 mm environ. Quant aux températures maximales, février est le mois le plus chaud avec des moyennes qui se situent autour de 35°C tandis que les températures moyennes et minimales enregistrées en juillet sont respectivement de 15°C et de 5°C.

Le Nord de la région connaît généralement une période de sécheresse de quatre à six mois par an. Pendant cette période sèche, d'octobre à avril, les orages et la foudre augmentent les risques d'incendie de forêt.

La diversité du climat, de la topographie et des sols a conduit à une très grande diversité d'associations végétales avec plus de 300 complexes de végétation décrits et cartographiés. Une grande partie du paysage est dominée par des forêts d'eucalyptus et des zones boisées, comprenant les forêts de jarrah-marri, de karri, de tingle ainsi que les bois de wandoor² avec des sous-étages diversifiés composés de végétaux sclérophylles. La

hauteur des forêts adultes se situe entre 25-30 mètres (jarrah-marri) et 60-70 mètres (karri). Les sols submergés en saison des pluies, ainsi que les sols mal drainés, sont souvent occupés par des landes, des zones humides à carex ou autres.

Les données fossiles témoignent du fait que la variabilité du climat et l'inflammabilité de la végétation font du feu une composante naturelle du milieu, exerçant un impact sur l'évolution de la biodiversité contemporaine depuis au moins 2,5 millions d'années.

Avant l'occupation humaine et sous différentes conditions climatiques, la foudre était probablement à l'origine de la plupart des départs de feu dans la région. Avec l'arrivée, il y a quelques 60 000 ans, des Aborigènes, les impacts des incendies sur le paysage ont considérablement augmenté. Ces derniers utilisaient fréquemment et très habilement le feu, à plusieurs fins et pour une multitude de raisons.

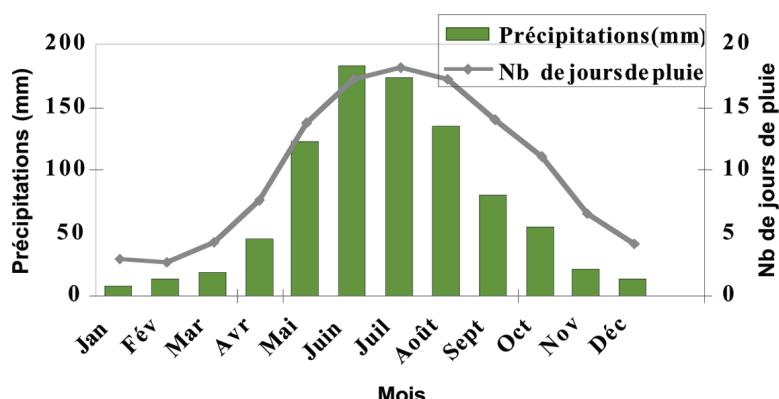
La flore, la faune et les écosystèmes ont évolué dans ces milieux prédisposés au feu ; ils ont développé toute une série de caractéristiques physiques et comportementales leur permettant de subsister et parfois même de dépendre de divers régimes de feu. Ces écosystèmes peuvent être qualifiés d'écosystèmes entretenus par le feu.

La réaction des plantes vasculaires au feu

Le feu agit directement sur la croissance des végétaux, sur leur survie et sur leur reproduction. C'est la seule contrainte naturelle de la région qui est capable d'une part d'entraîner la mort de végétaux adultes et d'autre part de stimuler quasi-simultanément une régénération de masse sur différents paysages et sur d'immenses superficies.

Le feu consume aussi bien les végétaux vivants que les végétaux morts ; c'est donc un élément clé dans la modification structurale et la composition des formations végétales.

L'élimination des matières végétales vivantes et mortes génère une augmentation immédiate de la lumière au niveau du sol avec, simultanément, une augmentation de l'humidité des sols. Par ailleurs, la teneur en éléments nutritifs du sol change de façon très importante.



Le feu stimule la reproduction de nombreuses espèces végétales par une amélioration de la floraison, de la production de graines, de la dissémination des graines et de la germination. Il prépare également une couche d'humus riche en nutriments, tout en réduisant provisoirement la présence des prédateurs de graines et des herbivores, ainsi que la compétition entre végétaux pour la lumière et l'humidité pendant l'établissement des jeunes plants.

Le feu est indispensable à la reproduction de certaines plantes ; en l'absence de feu, elles peuvent décliner, alors que d'autres déclinent si la fréquence des incendies dépasse leur capacité de reproduction et de croissance.

Les plantes ont développé des spécificités végétatives et reproductives qui leur permettent de survivre, et dans certains cas, de dépendre d'un certain type de régime du feu (intervalle, saisonnalité, intensité).

Dans les écosystèmes prédisposés au feu, les végétaux ont été classés selon leurs réactions au feu. On peut globalement les répartir en deux grandes catégories : les espèces à rejet et les espèces à semis³.

Les éphémères ne vivent pas très longtemps (jusqu'à 3 ans) ce qui fait que leur cycle de vie est inférieur en durée à la période de retour minimal des incendies. En général, le feu tue ou consomme les éphémères, mais elles se régénèrent abondamment après un incendie grâce aux graines stockées dans l'humus. La régénération des espèces à semis dépend des graines stockées dans la terre ou dans les fruits ligneux lorsque la plante adulte a été détruite par le feu. Les espèces à semis peuvent être réparties en sous-catégories correspondant aux modes de stockage des graines. La plupart des espèces dépendent des réserves de graines se trouvant dans la partie supérieure du sol (épaisse seulement de quelques centimètres), tandis que d'autres stockent les graines dans la canopée.

Les espèces sérotinaires⁴ retiennent les graines sur les plantes dans des cosses ligneuses et ne les dispersent que beaucoup plus tard. La libération des graines a souvent lieu avec la mort des branches porteuses des fruits, mais la libération de graines sérotinaires peut parfois nécessiter une combinaison de chaleur/combustion et humidité (appelées « bradysporous⁵ »).



Photo 2 (ci-dessus) :
Utilisation du feu
par les Aborigènes.



Photo 3 (ci-contre) :
Espèces à semis.

L'une des principales différences écologiques entre les graines sérotinaires et les graines présentes dans le sol est que les premières persistent seulement pendant le cycle de vie de la plante, tandis que les graines stockées dans le sol peuvent rester viables pendant très longtemps après la mort de la plante. Si l'intensité du feu est extrêmement élevée, les cosses ligneuses seront consumées par le feu et la graine détruite, entraînant ainsi une faible régénération par germination.

La combustion d'une accumulation importante de biomasse (matériaux combustibles) peut conduire à la stérilisation de la couche superficielle du sol. La réserve en graines du sol peut alors être entièrement détruite à la suite d'un seul incendie qui aurait stimulé la dissémination et la germination. De ce fait, il est absolument essentiel que ces plantes

3 - Espèces à semis :
dont la reproduction
est réalisée uniquement
par dissémination
des graines

4 - Espèce sérotinale :
espèces qui fleurissent,
ou dont les fruits
mûrissent, tardivement.

5 - Bradysporous : qui
possède la particularité
de retenir ses graines
(parfois nombreuses)
dans des fruits ligneux
sur la plante elle-même.

6 - Lignotubers : renflement ligneux chez plusieurs espèces d'eucalyptus, ou chez d'autres Myrtacées. C'est à partir de ce renflement que des bourgeons dormants cachés peuvent se développer et donner des rejets, lorsque la tige principale est traumatisée (par le feu par exemple).

7 - Cormus : rhizome des glaieuls, des crocus, ayant l'apparence d'un bulbe.

8 - Gourmand : organe se développant à l'aisselle des feuilles.

9 - Taxon : groupe d'êtres vivants qui ont des traits communs.

10 - Géophyte : plante vivace dont les bourgeons sont enfouis dans le sol.

puissent recharger cette banque de semences du sol avant le prochain passage du feu.

Lors d'un incendie, si la tige ou la partie aérienne a été préservée, les espèces à rejets survivent grâce aux bourgeons enterrés ou non (par exemple les lignotubers⁶, les cormus⁷, les bulbes, les rhizomes). Hors sol, les bourgeons (gourmands⁸) sont généralement protégés des températures critiques des incendies de brousse par une épaisseur d'écorce (Cf. Photo 4).

Chez de nombreux taxons⁹, surtout chez les monocotylédones, y compris les graminées, ainsi que chez les géophytes¹⁰, la floraison peut être déclenchée par le feu. Chez certaines espèces, la floraison est même dépendante du feu. Le déclenchement de la floraison par le feu et la libération massive et synchrone de graines, constituent une caractéristique d'adaptabilité permettant aux plantes de "rassasier" les prédateurs de leurs graines et de profiter des conditions propices après un incendie : concurrence réduite ; disponibilité de lumière et d'humidité ; couche de semis favorable.

Le temps nécessaire entre l'incendie et la première floraison (la période juvénile) est une caractéristique importante pour la définition d'un intervalle minimum entre deux feux, qui permette d'assurer la survie des espèces à semis, surtout de celles qui dépendent des graines stockées sur la plante.

La flore a su mettre au point de nombreux dispositifs pour déclencher la germination au

moment et dans les conditions environnementales où l'établissement des jeunes plants est susceptible de réussir le mieux. Le feu est l'élément premier de ce déclenchement. Le feu offre également des conditions environnementales optimales pour la survie et la croissance des jeunes plants.

Dans la forêt de Jarrah, la germination des jeunes plants et leur installation pérenne sont très rares en l'absence d'incendie ou d'une autre perturbation. Ainsi, une période prolongée d'application d'une politique de zéro feu pourrait conduire à des modifications majeures dans la composition des groupements si l'intervalle entre feux excède la durée de viabilité de certaines espèces dont les semences sont stockées dans le sol.

La production de graines, la dissémination et la germination déclenchées par le feu sont des stratégies d'amélioration de la germination et de survie des plantes dans un milieu où notamment l'eau et les nutriments sont des facteurs limitants. La sécheresse ou le déficit en eau des sols reste la cause principale de la mortalité des jeunes plants après un incendie.

Chez de nombreuses espèces, la dormance des semences est levée par le choc thermique, la fumée, les sous-produits chimiques de la combustion, l'état altéré des nutriments dans la couche végétale à la suite d'un incendie, ou par une combinaison de ces facteurs.

La saisonnalité du feu peut influencer la végétation par ses impacts sur les processus biologiques déclenchés par les saisons, par exemple la reproduction. Selon la saison, les impacts physiques des incendies suivent également une graduation qui dépend du degré de sécheresse de la forêt. En effet, l'humidité exerce un effet tampon sur les impacts physiques du feu en agissant sur la quantité et le taux d'énergie thermique et sur les mécanismes de transfert de chaleur tels que le réchauffement du sol.

A la suite d'un incendie d'intensité modérée en conditions sèches à l'automne, la germination des jeunes plants et leur survie est environ deux fois plus importante qu'à la suite d'un incendie de faible intensité dans des conditions humides au printemps.

Dans de nombreux écosystèmes du Sud-Ouest, la richesse spécifique (floristique) est plus grande pendant les premières années qui suivent un incendie, grâce à la régénération synchronisée induite par le feu et à la

Photo 4 (ci-dessous) :
Espèces à rejets



coexistence d'espèces à rejets à long cycle de vie avec des espèces dont la germination ou la floraison est déclenchée par le feu. Cette richesse prend en compte les annuelles, les espèces à semis de courte durée de vie et quelques géophytes.

La diminution de la richesse spécifique après un incendie n'est pas forcément synonyme de déclin de ces espèces sur le site étudié. En effet, la plupart sinon toutes les espèces sont représentées dans la réserve en graines du sol et pourront germer et pousser après le prochain incendie.

Certaines espèces sérotiniales peuvent être vulnérables en cas d'incendies fréquents et en cas de suppression des incendies pendant de longues périodes. C'est lorsqu'elle est vivante que la plante alimente la réserve de graines du sol ; si elle meurt et que la réserve s'épuise avant l'incendie suivant, cette espèce déclinera petit à petit.

Il est donc important de connaître la durée de vie des graines stockées dans le sol, afin de déterminer des intervalles maximum entre deux feux, pour maintenir les espèces dépendantes du feu ou l'intégrité structurale de la biocénose¹¹.

Les effets à long terme du feu sur les biocénoses végétales

Dans les paragraphes suivants sont présentés quelques résultats de suivi à long terme (31 ans) des réponses de la végétation des strates inférieures de la forêt de Jarrah à cinq régimes de feu différents (absence de feu, feux de printemps tous les 3 à 5 ans, feux de printemps et d'automne tous les 5 à 7 ans, feux de printemps tous les 7 à 9 ans, feux d'automne tous les 3 à 4 ans).

La richesse spécifique varie en fonction du temps écoulé depuis le dernier incendie. La richesse spécifique maximale est constatée pendant les premières années après l'incendie, avec ensuite un déclin.

Après une longue période sans incendie (19 ans), la richesse floristique spécifique a diminué d'environ 15%, en raison du déclin des espèces à courte durée de vie.

Ces groupes d'espèces ont évolué au cours du temps, indépendamment du régime des feux. Aucun schéma cohérent associé aux traitements n'a pu être constaté.

On constate des évolutions significatives de l'abondance relative de certaines espèces pour tous les traitements par le feu : certaines espèces sont devenues plus abondantes, d'autres ont diminué, et d'autres encore, pour la plupart, sont restées inchangées.

Aucun régime de feu, y compris le zéro feu, ne s'est révélé optimal pour toutes les espèces.

Ce sont les longues périodes de « zéro feu » et le brûlage fréquent soutenu (intervalles de 3 à 4 ans) qui ont provoqué le déclin du plus grand nombre d'espèces sur les 31 années de suivi. Le brûlage fréquent a diminué l'abondance de certaines espèces à semis, mais a augmenté l'abondance d'autres espèces.

C'est en faisant varier la saison d'application du feu et l'intervalle de temps entre les passages du feu qu'on observe la plus faible diminution du nombre d'espèces et la plus forte proportion d'espèces dont l'abondance reste stable (Cf. Tab. I).

11 - Biocénose :
ensemble des animaux et des végétaux qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et dans un espace donné.

12 - Pyrophile : se dit d'une espèce végétale résistante au feu.

La réaction des champignons au feu

Les champignons sont des organismes très importants en termes de biodiversité, en raison du rôle qu'ils jouent dans le maintien du fonctionnement des écosystèmes. Cependant, la taxonomie et l'écologie des champignons sont peu connues.

Le feu agit sur l'environnement physique des champignons (modification des détritus ligneux, des caractéristiques chimiques et physiques des sols). Après un incendie, on constate une succession de fructification fongique post-feu (champignons pyrophiles¹²) et une évolution des espèces (modification de la composition) au cours du temps.

Tab. I :
Evolution de l'abondance d'espèces végétales sous différentes conditions de régimes de feu pendant la période 1970 - 2001 (environ 50 espèces par stations).

Régime de feu (saison et fréquence)	Augmentation >20%	Diminution >20%
1 feu en 30 ans	5	8
Printemps 3 à 5 ans	8	8
Automne 5 à 7 ans	7	5
Automne & Printemps 5 à 7 ans	9	8
Printemps 7 à 9 ans	11	5
Automne 3 à 4 ans	10	6

Les champignons mycorhiziens¹³, qui s'établissent surtout dans la couche détritique et organique du sol, sont fortement affectés par le feu. Ces types de champignons sont présents en plus grand nombre sur les sites épargnés par le feu depuis longtemps que sur les sites récemment brûlés.

La diversité des espèces dans les sites épargnés depuis longtemps et dans les sites récemment brûlés reste comparable, mais la composition des espèces diffère. Le feu est favorable à certaines espèces, mais pas à d'autres.

La diversité spatiale et temporelle du feu est susceptible d'augmenter la diversité des milieux fongiques ; de ce fait, une mosaïque de phases post-feu maximisera la diversité fongique de l'écosystème.

13 - Mycorhize : champignons associés aux racines de certaines plantes. Pour la majorité des arbres, l'absorption des éléments minéraux est liée à la présence de mycorhizes.

14 - Résilience : aptitude à faire face avec succès à une situation représentant un stress intense en raison de sa nocivité ou du risque qu'elle représente, ainsi qu'à se ressaisir, à s'adapter et à réussir à vivre et à se développer positivement en dépit de ces circonstances défavorables.

15 - Gondwana : super-continent qui apparaît il y a 200 millions d'années lors de la fragmentation de Pangée en deux masses continentales, Laurasia et Gondwana. Gondwana est formé de la plupart des terres qui se situent de nos jours dans l'hémisphère sud, Laurasia des autres terres.

16 - Mésoïque : qualifie les stations ou habitats caractérisés par des conditions ni très humides (hydriques) ni très sèches (xériques).

La réaction des invertébrés terrestres au feu

Les groupes d'invertébrés dans les écosystèmes les plus secs manifestent une plus grande résilience¹⁴ au feu fréquent que les groupes présents dans les écosystèmes plus humides.

Au niveau de l'écosystème, la biodiversité des espèces invertébrées est la plus élevée lorsque l'hétérogénéité des milieux — représentée par une grande variété de stades d'évolution post-feu — est maximale.

Il est préférable d'avoir de petites parcelles de milieux induits par le feu que de grandes parcelles brûlées.

Aucun stade d'évolution post-feu ne regroupe toutes les espèces d'invertébrés en même temps, car certaines espèces sont rares en l'absence du feu, d'autres le sont lorsque les feux sont fréquents.

La variation de la saisonnalité du feu et de son intensité favorise également la biodiversité invertébrée de l'écosystème.

Après le feu, la richesse spécifique locale décline au début, mais est récupérée ensuite.

Les espèces reliques "Gondwana"¹⁵ sont souvent installées dans les zones mésoïques¹⁶ les moins inflammables des écosystèmes et préfèrent de longs intervalles entre les feux.

Le climat et les conditions météorologiques saisonnières ont une influence forte sur la composition et les réactions des groupes d'invertébrés.

La réaction de l'avifaune au feu

L'avifaune est affectée par le feu dans la mesure où la végétation (les habitats) est dégradée par le feu, cette dégradation restant proportionnelle à l'ampleur et à l'intensité du feu.

Le retour des populations d'oiseaux après un incendie dépend de la vitesse de régénération de la végétation (reconstitution du milieu) et des conditions météorologiques après le feu. Chaque espèce réagit différemment. Certaines espèces tirent bénéfice des conditions de feux fréquents, tandis que d'autres sont désavantagées par les feux fréquents et ont besoin d'une végétation adulte conséquente et de longs intervalles de temps entre les feux.

Les incendies de grande ampleur et intenses ont des impacts nuisibles à long terme sur de nombreuses espèces d'oiseaux.

La meilleure stratégie de gestion du feu consiste à favoriser des feux à petite échelle et d'intensité modérée dans un écosystème composé d'une mosaïque de petites parcelles à des stades différents d'évolution post-feu. Cela offre une diversité de milieux et réduit le risque d'incendie de grande ampleur à effet homogénéisant.

La réaction de l'herpétofaune (amphibiens et reptiles) au feu

On dispose de peu de données scientifiques sur ce type de faune. Des études sur certains écosystèmes ont montré que les incendies ont peu d'impacts à long terme sur l'herpétofaune, mais provoquent une grande variabilité spatiale dans les modèles de réponse au feu.

Pour certaines espèces de grenouilles, on assiste à un déclin de la population juste après l'incendie avec une récupération en 5 à 7 ans.

Chez d'autres espèces de grenouilles, le feu encourage les activités de reproduction.

La réaction des mammifères au feu

Les impacts immédiats du feu sur les populations de mammifères sont liés à l'ampleur et à l'intensité des feux, les incen-

dies de grande ampleur et de forte intensité exerçant les impacts les plus marqués. Les incendies de faible ampleur et intensité ont peu d'impacts à long terme.

Les réactions des mammifères après un incendie sont prévisibles, en fonction des connaissances de l'historique et des cycles de vie des espèces, y compris les exigences liées au milieu, la biologie de reproduction et la capacité de dissémination.

Chaque espèce affectionne particulièrement un état donné de conditions post-feu ; certaines espèces préfèrent un environnement juste après un incendie, d'autres préfèrent les stades écologiques qui surviennent plus tardivement après le feu.

Les espèces qui préfèrent une végétation non brûlée depuis longtemps se trouvent généralement dans les milieux moins prédisposés aux risques d'incendie car plus aptes à retenir l'humidité pendant plus longtemps ou peuplés de structures végétales moins inflammables.

Les incendies peu fréquents (tous les 20 à 30 ans) à intensité modérée sont parfois nécessaires pour la régénération des habitats de certaines espèces.

Comme l'avifaune, les mammifères sont plus à l'aise en présence d'une mosaïque de petites parcelles à des stades post-feu divers, allant du « récemment brûlé » à l'« intact depuis longtemps » (Cf. Fig. 2).

Les interactions du feu et des autres processus des écosystèmes

Le feu est l'un des nombreux agents perturbateurs et modificateurs des écosystèmes. Certes, les interactions entre le feu et les autres perturbations telles que le défrichement, les dommages dus aux orages, les insectes et les maladies, la récolte du bois, l'exploitation minière, la fragmentation, les espèces envahissantes, le réchauffement climatique, etc. sont significatives, mais peu de données sont disponibles au sujet de ces interactions dans les écosystèmes du Sud-Ouest australien.

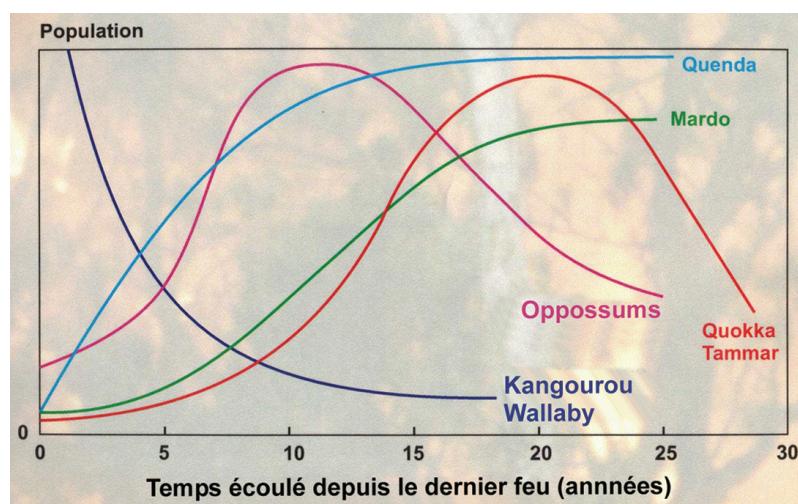
Les perturbations fréquentes, telles que le feu, peuvent conduire à l'envahissement par les plantes adventices, surtout en présence d'une végétation fragmentée, relique.

Implications pour la gestion

Même si certaines connaissances relatives à l'écologie du feu font défaut, les décisions concernant les stratégies de gestion et les actions doivent néanmoins être prises sur la base des données disponibles. L'objectif de la gestion du feu doit être la protection et la promotion des espèces et de la diversité structurale des compositions végétales (milieux) des écosystèmes de la forêt du Sud-Ouest australien, tout en offrant un niveau de protection suffisant des écosystèmes sensibles au feu. Dans un sens large, les éventuelles stratégies de gestion permettant d'atteindre cet objectif seraient, notamment :

- l'utilisation optimale des données disponibles pour le maintien d'une mosaïque de parcelles interconnectées correspondant à divers régimes du feu à des échelles temporelles et spatiales adaptées ;
- une analyse systématique des risques régionaux d'incendie vis-à-vis des richesses écologiques sensibles au feu et vis-à-vis de la vie humaine et des biens ;
- des mesures, y compris le brûlage dirigé, de détection et d'extinction rapides du feu pour améliorer les risques d'incendie inacceptables ;
- la promotion d'une culture de suivi et de recherche efficace au sein des autorités chargées de l'aménagement du territoire et d'une coopération efficace entre chercheurs des diverses institutions ;
- l'adaptation permanente des pratiques de gestion aux connaissances supplémentaires acquises à travers les actions de recherche, le suivi et grâce à l'expérience (gestion adaptive).

Fig. 2 :
Réactions de petits mammifères après le passage du feu.



Gestion du feu à l'échelle du paysage¹⁷

Foreman (1995) a décrit le paysage comme suit : « une mosaïque dans laquelle la combinaison d'écosystèmes et de reliefs se répète sur une superficie pouvant atteindre plusieurs kilomètres carrés. Plusieurs caractéristiques, notamment la géologie, la nature des sols, les types de végétaux, le climat ainsi que les régimes de perturbations naturelles, ont tendance à se ressembler et à se reproduire à travers la zone tout entière. »

A cette échelle, les objectifs de gestion du feu pourraient être :

- de maintenir dans la durée et dans l'espace la diversité du feu, donc la biodiversité ;
- de maintenir dans la durée et dans l'espace une représentation diversifiée des structures forestières, des stades écologiques et des habitats ;
- de protéger les zones et les niches écologiquement sensibles telles que les ripisylves, les écosystèmes aquatiques, certaines zones humides, les marécages tourbeux, les fonds de vallée et les pentes orientées au sud, les autres complexes non boisés, les forêts à repousse récente, c'est-à-dire les forêts ayant repoussé suite à une fréquence rapprochée du feu ou à un incendie de grande ampleur et de haute intensité.

Au sens large, les éventuelles stratégies de gestion permettant d'atteindre cet objectif seraient, notamment :

- de maintenir une mosaïque composée de parcelles de végétation à des stades d'évolution différents, certaines ayant subi le passage du feu récemment, d'autres il y a très longtemps et d'autres à différentes époques de l'année ; la mosaïque devrait être réalisée sur la base d'au moins quatre critères biologiquement importants : a) le temps écoulé depuis le dernier feu ; b) la fréquence du feu ; c) la saison de déroulement des feux ; d) l'ampleur et la répartition de la combustion ;
- de réduire la probabilité d'occurrence d'événements comme les incendies de grande ampleur, très intenses et dévastateurs, par l'intégration de stratégies de réduction du risque, telles que la diminution du combustible, la détection et l'extinction des feux ;
- d'utiliser des indicateurs biologiques (caractéristiques essentielles) telles que la période juvénile des espèces à semis, la longévité des espèces sérotinales (espèces à

semis qui stockent les graines dans la canopée), les exigences en termes d'habitat des espèces ciblées, clés et/ou menacées, pour estimer l'étendue des stades écologiques désirables (temps écoulé depuis le dernier passage du feu) et des fréquences qui existent au sein d'un écosystème ;

- de privilégier des unités de gestion du feu de petite taille ou de taille moyenne plutôt que des grandes ; l'échelle, c'est-à-dire le calibre ou la taille des parcelles de la mosaïque, est importante pour la définition de l'hétérogénéité, des habitats limitrophes (effet des zones de bordure) et de la connectivité (dispersion d'où recolonisation, surtout de la faune) ;
- d'intégrer les incendies à la mosaïque, mais limiter leur ampleur et fréquence ;
- de s'assurer que la mosaïque reste dynamique, par l'application de régimes de feux variables au sein des unités de gestion afin d'accentuer les variations temporelles et spatiales ; d'éviter de relier les parcelles dans des états post-feu similaires et d'éviter les traitements à répétition par le feu sur une même parcelle ;
- à chaque fois que cela sera possible, de préserver des zones de témoins scientifiques n'ayant pas subi le passage du feu depuis longtemps pour les inclure dans la mosaïque.

Gestion du feu au niveau de l'unité de gestion ou de la parcelle

L'unité de gestion du feu est un élément spatial faisant partie d'un paysage. Il pourrait s'agir d'un bassin versant ou d'un sous-bassin, ou encore d'une forêt. Chaque unité peut contenir des topographies, des écosystèmes, des complexes végétaux typiques de l'unité paysagère. Ces unités de gestion peuvent être des réservoirs ou des foyers de recolonisation et peuvent occuper une superficie allant de quelques centaines d'hectares à plusieurs milliers d'hectares. Les objectifs de gestion du feu pourraient être :

- de maintenir la biodiversité à travers le temps, sachant que tous les éléments ne seront pas présents à tout moment à cette échelle ;
- d'assurer la présence de divers stades (écologiques) et structures post-feu à travers le temps ;

17 - Paysage, au sens du mot anglais *landscape*.

– de protéger les zones et les niches écolo-giquement sensibles telles que les ripisylves, les écosystèmes aquatiques, les zones humides, les affleurements granitiques, d'autres complexes non boisés, les forêts jeunes ayant repoussé suite à une fréquence de feux rapprochée ou à un incendie de grande ampleur et de haute intensité.

Dans un sens global, les éventuelles stra-tégies de gestion permettant d'atteindre cet objectif seraient, notamment :

- de faire varier la saisonnalité, les fré-quences et les intervalles selon les propriétés essentielles et les cycles de vie des taxons clés (sensibles au feu) ;

- de recourir surtout à des brûlages inégaux dans l'espace (variation du degrés de combustion, pouvant aller jusqu'à la com-bustion quasi intégrale), de créer des îlots de combustion à l'intérieur des parcelles (mosaïque intra-parcellaire). La répartition des îlots de différents degrés de combustion et la protection des milieux sensibles au feu seront plus faciles avec un feu de faible intensité dans des conditions humides ;

- de brûler les milieux inflammables et plus secs à des intervalles allant de fré-quence élevée à fréquence basse, selon les propriétés essentielles et les cycles de vie des taxons clés ;

- de brûler moins souvent les milieux moins inflammables (les plus sensibles au feu, comme les ripisylves, certains maré-cages, les fonds de vallée, les affleurements granitiques), l'intervalle étant à déterminer en fonction des propriétés essentielles et les cycles de vie des taxons clés ;

- d'éviter la mise en œuvre trop fréquente de feux d'intensité modérée dans des condi-tions sèches. Dans ces conditions, les impacts du feu peuvent être aigus (à court terme), mais sont indispensables pour la régénéra-tion de maintes espèces à semis obligatoire et facultatif et des milieux associés (ex. les fourrés) ;

- ponctuellement, de permettre ou d'accep-ter les incendies (de petite ampleur), car ils sont partie intégrante de la diversité du feu.

Conclusions

En raison du climat, de la végétation et des origines naturelles ou anthropiques des départs de feu, les écosystèmes du Sud-Ouest australien sont associés depuis très

longtemps au feu : on peut donc dire qu'il s'agit d'écosystèmes maintenus par le feu.

Les biotes des écosystèmes forestiers du Sud-Ouest australien font preuve d'un ensemble très varié de caractéristiques adaptatives physiques et comportementales qui leur permettent de subsister dans un environnement prédisposé au feu. Tandis que les espèces et les biocénoses manifestent une résilience qui varie, la plupart des éco-systèmes sont maintenus par le feu et ont besoin du feu à une certaine échelle tempo-relle et spatiale.

En général, les forêts et les composantes des écosystèmes forestiers moins inflam-mables et plus mésoïques qui sont implan-tées dans la matrice forestière, telles que les forêts humides de karri et de tingle, les ripi-sylves, les affleurements granitiques, les fonds de vallée larges, contiennent des taxons qui sont relativement sensibles au feu dans la mesure où ils sont facilement tués par le feu, étant également des espèces à semis obligatoire et à période juvénile pro-longée. Les feux peu fréquents mais intenses, sont souvent importants pour la régénération de ces écosystèmes.

En revanche, les écosystèmes des forêts plus sèches manifestent une haute résilience au feu avec un plus grand nombre d'espèces à rejets et d'espèces à période juvénile relati-vement courte.

La capacité de reproduction de nombreux taxons est améliorée et parfois même dépen-dante du feu, à condition que les intervalles et la saisonnalité soient adaptés. A l'inverse, les feux à répétition et à haute fréquence provoquent le déclin de certaines espèces.

Dans certains écosystèmes, les périodes prolongées sans feu pourraient représenter une menace pour les plantes et les milieux de relativement court cycle de vie, qui n'ont pas la possibilité de stocker les graines pen-dant de longues périodes et qui sont dépen-dants du feu pour stimuler la dissémination des graines, la germination ou la survie et la croissance des jeunes plants.

Les espèces et les biocénoses ne sont pas toutes résilientes à tous les régimes du feu et peuvent subir des impacts néfastes s'ils sont confrontés à des régimes de feux sans précé-dent avec lesquels ils n'ont pas évolué. Les régimes perturbateurs extrêmes sans précé-dent historique, tels que les régimes de feu très fréquents ou très peu fréquents, peuvent avec le temps conduire à un déclin de la bio-

Neil D. BURROWS
Department of
Conservation & Land
Management (CALM)
17 Dick Perry Avenue
Kensington
WA Australia 6151
Mél :
neilb@calm.wa.gov.au
Tél. : +61 8 93340463
Fax : +61 8 93340135

diversité et de la complexité structurale. Les incendies de grande ampleur et intenses peuvent avoir des impacts négatifs sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes, ainsi que sur la vie humaine, les biens et l'industrie.

Aucun régime, fréquence ou saison ne se révèle optimal pour toutes les espèces et les biocénoses à la fois. Quelle que soit la fréquence du feu, certaines espèces seront privilégiées, d'autres défavorisées et d'autres encore seront peu affectées.

Des variations d'intervalle et de saisonnalité maintiendront la diversité des espèces. En cohérence avec le principe de précaution, cette variation doit respecter les limites des régimes historiques précédents qui peuvent être déterminés à partir des indicateurs biologiques.

Il sera nécessaire d'étendre les recherches sur les effets à long terme des différents régimes, y compris les incendies de grande

ampleur et intenses après de longues périodes de zéro feu, sur les différents éléments du biote. Au niveau des milieux, il est nécessaire de mettre en œuvre un suivi et des études pour définir le rôle du feu dans le maintien de niches spécifiques telles que les ripisylves, les zones humides, les affleurements granitiques, et au niveau plus large des écosystèmes forestiers, pour comprendre les impacts des régimes du feu sur les biocénoses des forêts de karri et de tingle, ainsi que sur les biocénoses non boisées qui y sont associées.

A l'avenir, la recherche et les actions de suivi devront prendre en compte les implications du réchauffement climatique dans l'apprehension de l'écologie du feu, ainsi que les conséquences complémentaires en ce qui concerne la gestion du feu dans un environnement prédisposé au feu.

N.B.

Résumé

La faune, la flore et les écosystèmes du Sud-Ouest australien ont depuis toujours évolué dans des milieux prédisposés au feu ; ils ont développé une large gamme de caractéristiques physiques et comportementales leur permettant de subsister au feu, parfois même en dépendant des divers régimes de feu. Cet article rassemble l'ensemble des connaissances scientifiques actuelles sur les modalités de réponse au feu de la végétation (plantes vasculaires et champignons) et des espèces animales (invertébrés terrestres, avifaune, amphibiens, reptiles et mammifères) et présente en quoi les écosystèmes du Sud-Ouest de l'Australie peuvent être qualifiés d'entretenus par le feu. Ces données scientifiques, bien que partielles, doivent servir de base pour les décisions stratégiques de gestion du feu, orientées vers deux objectifs principaux : protéger et promouvoir les espèces et la diversité des habitats, mais aussi assurer un niveau de protection suffisant pour préserver les écosystèmes sensibles au feu, vecteurs de fortes valeurs sociales. Un des nombreux défis de la gestion stratégique du feu est d'avoir recours aux meilleures connaissances disponibles pour maintenir une mosaïque de parcelles interconnectées, correspondant à divers régimes de feu à des échelles temporelles et spatiales adaptées. Ainsi, le déclenchement de feu au sein d'une mosaïque d'écosystèmes peut contribuer à leur régénération.

Summary

A summary of knowledge of the impacts of fire on elements of the biota of Mediterranean-type forest ecosystems of south-west Australia

Plants, animals and ecosystems of south-west Australia have evolved from ages in fire-prone environment and have developed a range of physical and behavioural traits that enable them to persist with, and in some cases, depend upon a variety of fire regimes. This paper summarises the current scientific knowledge of the responses to fire of plant (vascular plants, fungi) and animal species (terrestrial invertebrates, avifauna, herptofauna and mammals) and show how south-west Australian forest ecosystems can be characterised as fire-maintained. Even incomplete, those scientific data should generate management implications following the two main objectives: first to protect and promote species and structural diversity of plant communities and second to provide a sufficient level of protection to fire sensitive ecosystems and to societal values. One of the challenges of fire management actions is to use the best available knowledge to maintain a mosaic of interlocking patches representing a diversity of fire regimes at appropriate temporal and spatial scales. Thus to incorporate wildfires in the mosaic could improve the ecosystems' regeneration.