Chapitre 4 : Les conséquences environnementales, sociales, et économiques des incendies dans les interfaces

Résilience des interfaces urbaines face aux incendies de végétation en contexte de changement climatique

Rapport de l'expertise scientifique collective

IV. Les conséquences environnementales, sociales et économiques des incendies dans les interfaces

Table des matières du chapitre IV

IV. Les conséquences environnementales, sociales et économiques des incendies dans les interfaces 149

1. Description/introduction du thème abordé 151
2. Présentation du corpus du chapitre 152
3. Analyse & discussion 153
   - 3.1. Conséquences environnementales 153
     - 3.1.1. Déterminants des changements édaphiques 153
     - 3.1.2. Matières organiques des sols (MOS) 155
     - 3.1.3. Nutriments et fertilité des sols 156
     - 3.1.4. Propriétés hydrologiques et érosion des sols 158
     - 3.1.5. Métaux et autres polluants 159
     - 3.1.6. Conséquences pour la biodiversité et le fonctionnement des systèmes écologiques 160
       - 3.1.6.1. Biodiversité, effets sélectifs et sélection de traits 161
       - 3.1.6.2. Hétérogénéité du paysage, complexité des réponses et refuges de biodiversité 163
       - 3.1.6.3. Dynamique des systèmes écologiques 165
       - 3.1.6.4. Invasions biologiques 166
     - 3.1.7. Services écosystémiques 167
     - 3.1.8. Rétroaction sur les régimes de feu 168
   - 3.2. Conséquences socio-économiques et politiques 169
     - 3.2.1. Bilans humains 169
     - 3.2.2. Impacts politiques et sociaux 171
       - 3.2.2.1. Les conséquences sociales 171
       - 3.2.2.2. Les conséquences politiques 173
     - 3.2.3. Impacts économiques 176
       - 3.2.3.1. L'impact des incendies sur les valeurs immobilières 177
       - 3.2.3.2. Les coûts directs de la lutte et de la réhabilitation 180
       - 3.2.3.3. Les dommages indirects : les coûts les plus importants 181
4. Lacunes de connaissance et controverses 183
   - 4.1. Controverses 183
   - 4.2. Manques identifiés 184
5. Conclusion 184

6. À retenir 185
7. Liste des références du chapitre IV 186

Essentiels

Les sources d'ignition anthropiques se concentrent principalement dans les interfaces ville — espace naturel, ce qui contribue à accroître la récurrence des incendies dans ces zones. Néanmoins, les conséquences d'un incendie sur la biodiversité peuvent être analysées de manière similaire, qu'il survienne en zone urbaine, périurbaine ou naturelle. La littérature ne distingue que très rarement la biodiversité urbaine dans ce cadre**. La biodiversité, où qu'elle soit, semble surtout affectée par les caractéristiques de l'aléa, dont l'intensité, la fréquence ou la récurrence peuvent être plus fortes dans les interfaces.**

Les effets sur les sols, l'hydrologie, l'érosion et la biodiversité existent mais ne sont ni uniformes ni systématiquement univoques. Les trajectoires environnementales et écologiques dépendent pour partie des feux et au moins autant de la nature du paysage et des écosystèmes, du contexte météorologique et de l'environnement humain. Seuls les feux extrêmes ou une trop grande fréquence de retour des incendies ont des conséquences dégradantes.

Au niveau mondial, on **constate une augmentation du nombre de personnes exposées et du montant des dégâts.** Les pertes économiques annuelles moyennes liées aux incendies ont augmenté de 360 % entre 2015 et 2024 par rapport à la période 2000-2014 dans les pays membres de l'OCDE. À eux seuls, les incendies d'Eaton et Palisades en Californie en janvier 2025 ont causé environ 40 milliards de dollars de pertes assurées sur un total de 65 milliards de pertes économiques, selon le dernier rapport de l'OCDE (2026).

Mais les impacts socio-économiques sont très polarisés avec beaucoup de petits événements et quelques catastrophes majeures, responsables de décès, souvent dans des habitations vulnérables ou lors d'évacuations tardives. Ces catastrophes sont fréquemment à l'origine de crises politiques et sociales avec des répercussions qui dépassent le seul périmètre touché. Sur le terrain, les enseignements qui en sont tirés sont variables mais ce ne sont pas forcément les zones les plus fréquemment touchées qui réagissent le plus.

Enfin, la littérature économique montre que les **politiques publiques de prévention incendie ont aussi pour conséquence de subventionner implicitement la valeur de l'habitat** et la poursuite de l'urbanisation, parce qu'elles réduisent les incitations individuelles à éviter ces territoires.

1. Description/introduction du thème abordé

Les conséquences des incendies de végétation dans les zones d'interface ville — espace naturel traitées dans ce chapitre rassemblent l'ensemble des effets produits sur les systèmes écologiques, les environnements physico-chimiques et les systèmes socio-économiques.

Les conséquences sur les écosystèmes sont appréhendées dans la littérature scientifique selon différents points. Ainsi, le vivant est étudié à partir des modifications de la biodiversité, de la structuration des organismes et des altérations des réseaux trophiques. Les milieux physiques sont ensuite considérés au travers de l'examen des changements pédologiques (érosion des sols, dépôts sédimentaires) et hydrologiques (perméabilité des sols). Enfin, la littérature s'attache aux flux de substances, qu'ils soient élémentaires (métaux lourds, carbone) ou particulaires (sédiments), ainsi qu'à la production moléculaire, comme les carbonisats.

L'état de l'art des effets politiques et socio-économiques des incendies de végétation dans les zones d'interface ville — espace naturel est consacré, quant à lui, à quatre enjeux principaux : les impacts humains, les impacts sociaux et politiques, les conséquences sur les valeurs immobilières avant et après un incendie, ainsi que l'évaluation des coûts économiques directs des sinistres (par exemple en matière de secours et de lutte) et indirects (l'attrition du marché du travail, par exemple). Ces derniers sont souvent importants mais moins étudiés. Nous

ne traitons pas de l'impact sanitaire des incendies car ce sujet fait l'objet d'une analyse approfondie en cours à l'Anses[1].

Les travaux scientifiques relatifs aux impacts environnementaux des incendies de végétation montrent que les paramètres précis des feux et les paramètres initiaux des paysages affectés sont souvent imparfaitement connus, alors que ces paramètres sont essentiels pour comprendre les conséquences observées et établir des relations de cause à effet. Cette difficulté explique une forte hétérogénéité des résultats et limite les généralisations. Par ailleurs, le feu peut aussi avoir, selon les contextes, certains effets écologiques positifs. Une première section de ce chapitre propose ainsi une synthèse de ces connaissances, en mettant en évidence à la fois la diversité des conséquences observées et leur dépendance aux contextes biogéographiques, paysagers et territoriaux.

Outre les conséquences environnementales, les incendies de végétation en zone d'interface ville — espace naturel engendrent des conséquences politiques et socio-économiques qui débordent largement le périmètre des zones brûlées et la période immédiate de la crise. La seconde section de ce chapitre examine les principales dimensions de ces conséquences.

Sur le plan humain, les effets des incendies touchent à la fois les individus, les communautés et les territoires, et s'inscrivent dans des temporalités variées, de l'urgence à la reconstruction à moyen et long terme. La littérature traite, par ailleurs, des effets collectifs et en cascade sur les zones d'interface, ainsi que les inégalités sociales que les incendies tendent à révéler mais aussi à amplifier. Sont également abordés les questionnements que les épisodes catastrophiques font peser sur les politiques publiques de prévention et de gestion du risque.

Du point de vue économique, l'état de l'art met en avant une sous-estimation assez systématique du risque dans le prix de l'immobilier dans les zones d'interface ville — espace naturel avant incendie. Cette sous-estimation peut persister après le feu pour différentes raisons, ou, au contraire, disparaître pour laisser place à une augmentation du prix de l'immobilier. L'état de l'art met, par ailleurs, en avant le déséquilibre entre la valeur des coûts directs liés à l'incendie dans les zones d'interface et les coûts plus indirects. Coûts directs et indirects sont explicités et ces derniers peuvent représenter jusqu'à 75 % du coût total.

2. Présentation du corpus du chapitre

Ce chapitre analyse un corpus d'un peu moins de 150 publications du début des années 2000 à 2025 relatives aux diverses conséquences des incendies en zone d'interface ville — espace naturel.

La moitié des articles porte sur les conséquences environnementales des feux. Si les régions méditerranéennes, françaises y compris, bénéficient d'une bonne couverture par les travaux scientifiques, les autres régions françaises (Sud-Ouest, montagne, nord-est, Bretagne, etc.) sont très rarement concernées par le sujet des incendies de végétation ; la littérature scientifique y est rare (montagne), quasi inexistante (Aquitaine), ou très ancienne (Bretagne).

Concernant l'Europe, l'essentiel des travaux scientifiques utiles pour nourrir l'analyse provient d'Espagne et de Grèce, certains autres du Portugal et de l'Italie. Les travaux états-uniens dominent quant à eux largement la littérature, en particulier ceux portant sur la Californie.

Il est important de noter également que très peu d'études européennes prennent en compte le concept ou le motif géographique des interfaces ville — espace naturel même si les recherches sur les systèmes écologiques et les conséquences environnementales se font de facto dans des territoires d'intermix, voire d'interface.

La littérature des sciences humaines et sociales consacrée aux conséquences des incendies dans les zones d'interface ville — espace naturel représente environ la moitié du corpus du chapitre. Elle porte en grande majorité sur les conséquences directes des incendies : elles sont humaines (blessés, décès, traumatisés,

[1] Pollution liée aux incendies de végétation et effets sur la santé humaine et sur l'environnement, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, Juin 2026, https://www.anses.fr/system/files/AIR-2023-SA-0154-RA.pdf

déplacés), immobilières (les habitations, détruites, reconstruites) et portent encore sur le coût de la lutte contre les incendies, y compris les investissements en prévention et ceux effectués dans le cadre de la réhabilitation *ex post* des zones touchées. Un plus petit nombre d'articles porte sur les coûts indirects, comme les conséquences sur le marché du travail, sur la croissance économique des territoires plus ou moins proches des zones d'interface touchées par le feu, ou encore sur la question de la gentrification. Un certain nombre de travaux (un quart environ du corpus de ce chapitre) s'intéresse aux répercussions sociales et politiques, tant au niveau local que national, dans les jours et les mois qui ont suivi les plus grandes catastrophes. En particulier, la littérature présente différents résultats sur la gestion de crise, l'attribution des responsabilités politiques, ainsi que sur les conflits et contestations émergeant entre acteurs locaux et intervenants institutionnels.

Très peu d'articles portent spécifiquement sur les dégâts aux infrastructures et aux activités, comme par exemple les dégâts au bâti industriel.

Les terrains concernés par les études sont essentiellement les États-Unis, principalement la Californie, l'Australie, le Portugal et, dans une moindre mesure l'Espagne et la Grèce. La plupart des travaux concernés analysent les répercussions des incendies les plus dévastateurs qu'ont connues ces zones au cours des deux dernières décennies. La France n'est que très rarement le sujet d'analyse des articles scientifiques du corpus.

3. Analyse & discussion

Cette section est consacrée à l'analyse de la littérature sur les deux volets du chapitre, à savoir : les conséquences environnementales et les conséquences politiques et socio-économiques.

3.1. Conséquences environnementales

Les conséquences environnementales des incendies peuvent être regroupées selon qu'elles concernent l'état et la composition des sols avant et après un incendie, l'atteinte à la biodiversité ou l'évolution des paysages.

3.1.1. Déterminants des changements édaphiques

L'état des sols après un incendie est un déterminant crucial pour la restauration des systèmes écologiques (Francos et al. 2018). En conséquence, il importe de savoir quels sont les divers facteurs liés aux feux et à leurs interactions avec l'environnement pour connaître les conséquences des incendies sur les sols, notamment :

- le type et la nature du sol,
- l'état hydrique du sol,
- la topographie,
- le régime récent des incendies en termes d'intervalles entre feux ou de fréquence et d'intensité (énergie sur le front de flamme),
- les propriétés de dynamique des végétaux et des microorganismes affectées par le feu.

Certains de ces facteurs (nature des sols, état hydrique, topographie) agissent avant le feu (ab initio) et sur les feux comme des déterminants du comportement des sols. A contrario, les conditions météorologiques interviennent au moment du feu et dans les semaines ou mois qui suivent, donc *a posteriori* (Francos et al. 2018 ; Prendergast-Miller et al. 2017). Aussi, l'ampleur des modifications du sol est principalement corrélée à l'intensité du feu (température maximale atteinte sur le front de l'incendie), mais parfois aussi de manière combinée entre intensité et durée de combustion ; intensité et durée sont les deux variables principales de la sévérité ou conséquence (Lucas-Borja et al. 2022). Ainsi, l'intensité détermine en grande partie les modifications des propriétés du sol. Une faible intensité peut être compensée par une longue durée de combustion induisant ainsi des effets de même amplitude. Les altérations du sol sur une grande profondeur (par ex. 30 cm) peuvent être contrôlées par une longue durée de combustion. Les feux à progression rapide n'entraînent que des changements minimes,

n'affectant généralement que les couches superficielles du sol, sur moins de 10 cm de profondeur (Certini 2005). Dans le cas des feux dont la température est relativement basse (inférieure à 200 °C ; par ex. feux de surface), les rares effets observés se manifestent au niveau des propriétés biologiques, notamment par une réduction de la biomasse microbienne et la destruction des banques de semences et des radicelles dans la couche organique de surface principalement. In fine, l'intégrité des communautés microbiennes du sol est un élément clé de la résilience des sols. La restauration complète des propriétés bio-physicochimiques du sol peut prendre entre 15 et 21 ans selon l'intensité du brûlis (Moya et al. 2018).

Ainsi, la nature et l'étendue de ces changements affectant les sols sont aussi influencées par d'autres facteurs comme :

• la disponibilité en oxygène qui va influencer la combustion ; le taux d'oxygène décroît dans la zone du feu, tel que 1 % de baisse du taux d'O2 peut conduire à réduire de 80 % la probabilité de combustion (Archibald et al. 2018),

• la teneur en eau du sol qui est contrôlée par (i) la texture ou proportion en argiles versus les sables, (ii) le taux de matières organiques, (iii) la composition minérale des particules et (iv) la conductivité thermique du sol (Neary 2019 ; Santín et Doerr 2016).

Le feu peut donc avoir des conséquences mesurables sur les propriétés du sol, tant par ses effets immédiats que par les modifications ultérieures qui surviennent lors de la phase de régénération du couvert végétal du fait des interactions fonctionnelles entre le sol et la végétation. Selon l'intensité et la fréquence des incendies précédents, et des conditions climatiques qui adviennent durant les jours, les semaines et les mois suivants, le feu peut générer des modifications des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol qui seront soit temporaires et sans conséquence, soit plus durables voire irréversibles (Certini 2005 ; Pausas et al. 2008 ; Shakesby 2011).

Les effets des feux doivent ainsi être analysés en fonction des typologies de lieux et des motifs d'interaction entre usages humains, structures écologiques et régimes de feu (fréquence, étendue, sévérité) (voir figure 1). Cette approche contextuelle est particulièrement nécessaire dans les zones d'interface, où les systèmes écologiques et leur biodiversité sont déjà affectés par l'urbanisation et les infrastructures (Pärtel et al. 2025).

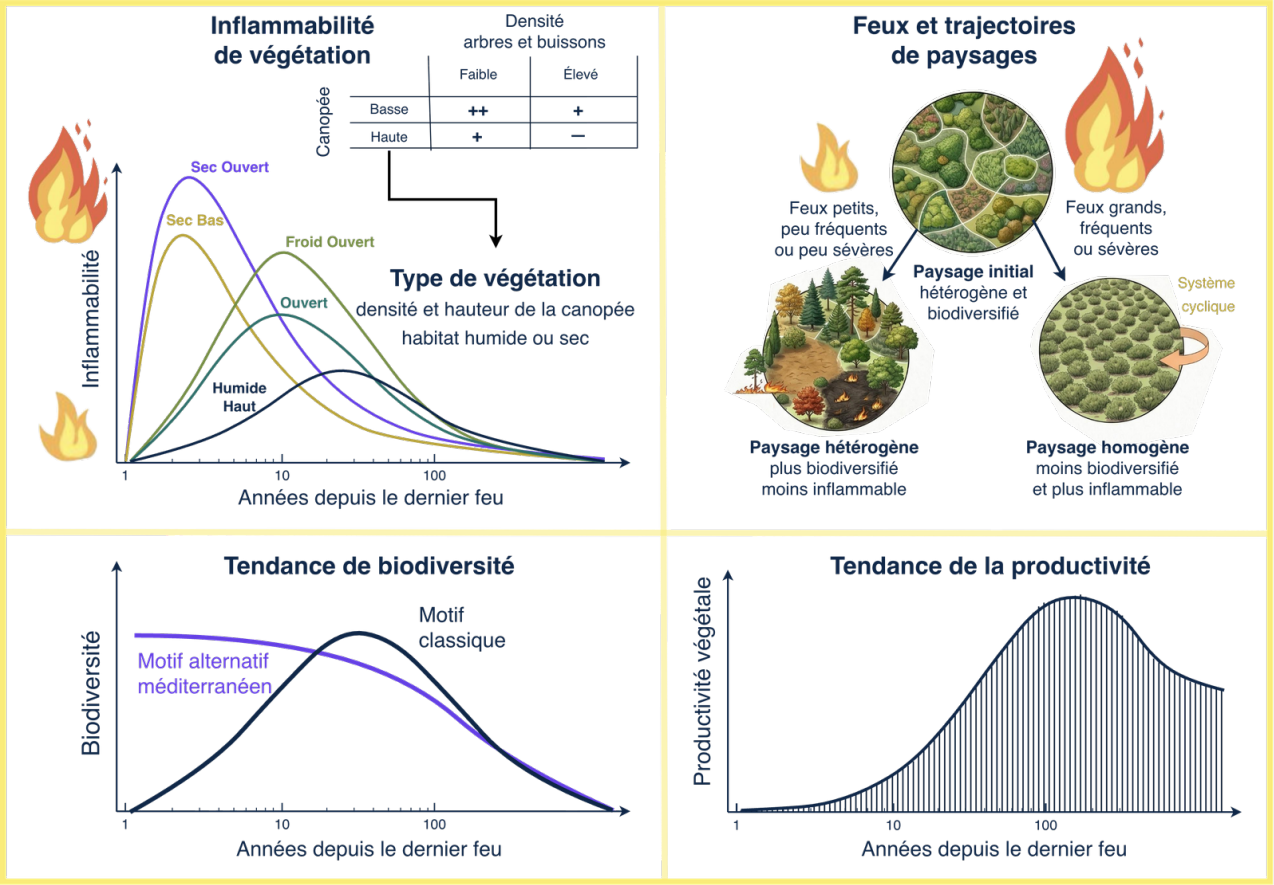


Figure 1 : La biodiversité des écosystèmes et leurs productivités varient selon l'écosystème et son âge depuis le dernier feu, mais aussi avec la fréquence, l'intensité ou l'étendue de l'incendie ; l'inflammabilité de l'écosystème dépend également de son âge depuis le dernier feu, mais aussi des qualités de l'habitat (hauteur de canopée, densité des buissons et des arbres, humide ou sec, altitude, etc.). Les écosystèmes les plus inflammables sont les plus jeunes. Ils risquent de favoriser un renouvellement d'incendies intenses ou étendus, et donc à terme, une faible productivité des écosystèmes, un paysage homogène et pauvre en biodiversité.

Les paragraphes suivants résument les effets sur les matières organiques du sol (MOS), les nutriments et la fertilité des sols, les métaux lourds et autres polluants, et enfin sur l'hydrologie des sols et des territoires.

3.1.2. Matières organiques des sols (MOS)

Les incendies de végétation induisent des dommages considérables aux MOS et, en premier lieu, une réduction notable de leurs concentrations. Cela s'opère au-delà de la couche de surface si et seulement si l'intensité du feu est suffisamment élevée (Agbeshie et al. 2022 ; Peña-Molina et al. 2024). Les incendies modifient aussi la proportion des différentes formes de MOS, notamment par production de carbonisats, à savoir une large gamme de produits incluant les MOS torréfiées, les charbons et les suies selon les conditions de combustion. Certains carbonisats comme les suies et certains charbons deviennent récalcitrants et stables biochimiquement. Ces composés issus du feu, notamment les formes aromatiques et condensées (« suies »), résistent à la dégradation microbienne, altérant ainsi la dynamique du carbone et le cycle des nutriments. Elles peuvent persister dans le sol à long terme pendant des milliers d'années et sortent ainsi du cycle du carbone en n'étant plus minéralisables par la voie biologique. Des températures atteignant environ 700 °C entraînent la presque totale destruction de la matière organique (Martínez et al. 2022). L'intense onde de chaleur dans la couche de surface (20-30 cm) peut affecter les micro-organismes du sol et d'autres propriétés liées à la recolonisation microbienne post-incendie ; dans les cas extrêmes, la couche de surface peut être momentanément stérilisée jusqu'à ce que de nouveaux microorganismes recolonisent le sol. Le sol est intrinsèquement dépendant du microbiote (bactéries, champignons) en termes de fonctionnement (recyclage, échange d'éléments gazeux) pour le cycle des nutriments (N, P, etc.) et des macromolécules (eau, sucres, protéines, etc.).

Les incendies de végétation induisent donc une diminution des formes biologiquement actives du carbone organique du sol, et augmentent la proportion de matières carbonées récalcitrantes et stables. Cela réduit l'accessibilité microbienne aux MO et perturbe les processus de restauration biogéochimique des sols et des écosystèmes (Peña-Molina et al. 2024).

3.1.3. Nutriments et fertilité des sols

L'ensemble de ces phénomènes induits par les incendies de végétation peut amener à une altération de la fertilité des sols et donc un appauvrissement biotique en biomasse ou en biodiversité du sol (Agbeshie et al. 2022). Ces changements peuvent donc entraver la dynamique microbienne et végétale, et ainsi conduire à une dégradation à long terme de l'écosystème. On se souviendra que, si les végétaux retiennent les sols par leurs racines et les alimentent en MOS, les microorganismes assurent le recyclage des MOS, l'assimilation atmosphérique de l'azote, des interactions entre des MOS et des matières minérales et, enfin, la nutrition des plantes par les symbioses (ou interactions à bénéfices mutuels entre plantes et microorganismes), que ces symbioses soient dites bactériennes avec des bactéries, des cyanobactéries ou des Frankia, ou mycorhiziennes impliquant des champignons.

Parmi les propriétés des sols affectées agissant sur la fertilité des sols, on peut citer la structure et la texture, la plasticité, la densité apparente, la porosité, l'hydrophobie, les taux d'infiltration et la capacité de rétention d'eau, ainsi que la teneur et la disponibilité des nutriments. Par exemple, l'augmentation édaphique des taux de nutriments du fait de la minéralisation des matières organiques a des effets sur les processus biochimiques du sol, notamment par augmentation de la capacité d'échange cationique (CEC) et de la valeur du pH, passant de sols acides à plus neutres, ou de neutres à plus alcalins, par minéralisation du phosphore, du potassium, du calcium et du magnésium contenus dans les matières organiques. Les feux de faible à moyenne intensité, comme la plupart de ceux prescrits en gestion forestière ou en débroussaillage préventif, favorisent la régénération de la végétation dominante par l'élimination des espèces indésirables, et induisent une augmentation transitoire du pH et des nutriments disponibles (Certini 2005).

Par principe, l'azote du sol après un incendie présente des concentrations généralement réduites du fait de sa volatilisation en gaz nitreux vers l'atmosphère lors de la combustion des MOS. En cela, il ressemble au cas du carbone transformé en gaz carbonés, comme le CO2, le CO ou le CH4. Mais durant les années qui suivent le feu, l'azote peut, au contraire, subir un accroissement durable de sa disponibilité (Francos et al. 2018). Cela s'explique par le fait que le sol, brûlé depuis peu, peut être favorable aux bactéries diazotrophiques capables de fixer l'azote atmosphérique (N2). Ces bactéries diazotrophiques sont soit libres dans la matrice du sol, soit symbiotiques racinaires, notamment associées à des plantes comme les fabacées appelées vulgairement légumineuses (genêts, ajoncs, trèfles, etc.) qui sont très fréquentes. C'est le cas, par exemple, dans les écosystèmes méditerranéens fréquemment brûlés. Dans les écosystèmes de montagnes, les aulnes verts (*Alnus alnobetula*) ou odorants (*A. suaveolens*) jouent un rôle semblable de plantes augmentant la fixation de l'azote atmosphérique, grâce aux Frankia (bactéries actinomycètes) symbiotiques vivant sur leurs racines.

Mais ce processus d'enrichissement azoté peut aussi résulter d'une nitrification accrue induite par les charbons des sols. La nitrification est le processus de transformation de l'azote ammoniacal issu de l'azote atmosphérique en une forme d'azote assimilable par les plantes appelée nitrate. Ainsi, les charbons de bois réduisent l'inhibition bactérienne provoquée par les terpènes ou les polyphénols, processus qui peut durer des décennies selon l'abondance de charbon végétal produit lors du feu (Certini 2005 ; Roshan et Biswas 2023). Ainsi, les feux peuvent avoir des effets bénéfiques sur l'écosystème en réactivant la voie de l'assimilation azotée et le processus de nitrification.

Les principaux facteurs influençant la perte de nutriments du sol comprennent l'intensité, la durée et la récurrence des incendies. Concernant l'azote, les pertes post-incendie peuvent survenir par divers mécanismes tels que le lessivage, l'érosion, le ruissellement de surface et la volatilisation. Des études récentes ont montré que l'ampleur des pertes d'azote après les feux de forêt dépend fortement de la sévérité de l'incendie (taux de brûlis) et des précipitations qui suivent. Dans les forêts de pins méditerranéennes, les incendies de forte intensité, combinés à de fortes pluies, entraînent une diminution importante de la teneur totale en azote des sols de

surface, due à la fois à la volatilisation et au lessivage rapide post-incendie (Fernández 2022). Bien que le feu puisse temporairement augmenter la concentration d'azote assimilable par les plantes dans le sol (Roshan et Biswas 2023), des processus comme l'hydrolyse acide peuvent réduire la quantité d'azote hydrolysable disponible et ainsi appauvrir les sols. Les perturbations du cycle de l'azote consécutives aux incendies peuvent impacter à long terme la régénération de la végétation si celle-ci ne comporte pas de plantes symbiotes de bactéries diazotrophes et si les fonctions microbiennes de nitrification sont perdues.

Concernant le phosphore, les feux de végétation le libèrent sur et dans le sol lors de la minéralisation des MOS, car le phosphore est en grande partie séquestré dans le compartiment vivant de l'écosystème. En soi, le feu agit comme un processus de recyclage du phosphore. Mais les feux peuvent aussi contribuer à des pertes impliquant des mécanismes tels que la volatilisation à des températures avoisinant 800 °C (très hautes températures de combustion, situation peu commune), ainsi que par l'érosion et le ruissellement associé à de fortes pluies (plus commune).

Les incendies de végétation peuvent donc altérer non seulement la teneur totale en phosphore des sols, mais entraînent également des modifications importantes de sa spéciation chimique (Roshan et Biswas 2023). En particulier, les formes labiles du phosphore diminuent en raison de leur transformation thermique en phases plus récalcitrantes et aussi selon la composition minérale du sol. Ils sont alors moins disponibles pour les plantes. L'indisponibilité du phosphore peut aussi provenir du fait de sa conversion en composés moins solubles, comme l'apatite. L'ampleur de la transformation ou de la perte de phosphore est étroitement influencée par les caractéristiques du feu, notamment son intensité et sa durée (Roshan et Biswas 2023). Par ailleurs, le rétablissement de la disponibilité du phosphore après un incendie en cas de pertes est souvent lent, car les processus de minéralisation biologique sont perturbés par la réduction de la biomasse microbienne et de l'activité enzymatique durant les premiers mois voire années. Ce cycle retardé du phosphore peut limiter la régénération de la végétation dans les écosystèmes pauvres à l'origine en nutriments du fait de la roche-mère, et ainsi conduire à une désertification.

Concernant le potassium, l'augmentation de ses concentrations dans le sol après un incendie est principalement attribuée à la combustion de la végétation et de la litière, ainsi qu'à la décomposition de minéraux potassiques venant de la roche-mère lors d'incendies de forte intensité atteignant la couche minérale du sol ; cela concerne par exemple une roche-mère comme la biotite (Roshan et Biswas 2023). Les concentrations de potassium dans les cendres tendent à augmenter avec l'intensité de l'incendie, comme celles de calcium et de magnésium (Lucas-Borja et al. 2022). Cela tient notamment au fait que le potassium est un élément peu mobile dans les sols.

Concernant la capacité d'échange cationique (CEC) du sol qui exprime son potentiel nutritif, cela varie avec l'intensité du feu. La dégradation thermique des MOS du sol et des minéraux argileux structuraux entraîne l'effondrement des sites d'échange ioniques, diminuant ainsi la capacité du sol à retenir les cations essentiels, comme le calcium (Ca2+), le magnésium (Mg2+), l'ammonium (NH4+) ou le sodium (Na+) (Neary 2019). Dans des sols méditerranéens, les suivis post-incendie ont révélé des chutes de CEC pouvant atteindre 80 % par rapport aux témoins non brûlés, en particulier dans des sols à texture grossière (ex. sableux) ou riches en matières organiques, plus vulnérables aux perturbations thermiques (Lucas-Borja et al. 2022). L'altération thermique des minéraux du sol à haute température induit aussi une réduction à long terme de 50 à 80 % de la capacité d'échange cationique (Ulery et al. 2017).

Pour résumer, il n'existe pas une unique trajectoire simple affectant la fertilité des sols post-incendie. Cela résulte de nombreux paramètres, dont le cocktail produira in fine une balance positive ou négative de conséquences. La sévérité des feux est plus pertinente sur les sols que leur fréquence pour expliquer les pertes de matières, de carbone et d'azote (Fernández 2022). Contrairement aux idées reçues, si les plantes parviennent à recoloniser rapidement la zone brûlée, le niveau de la plupart des propriétés nutritives du sol peut être rétabli, voire amélioré (Certini 2005).

3.1.4. Propriétés hydrologiques et érosion des sols

Les feux de végétation ont des conséquences sur les caractéristiques physiques, chimiques des sols et des territoires qui auront des effets sur leurs propriétés hydrologiques et, par conséquent, ces sols de zones brûlées pourront être sensibles aux pluies d'orage (Certini 2005 ; Shakesby 2011). En effet, la suppression du couvert végétal et de la litière expose le sol à l'impact des gouttes de pluie, ce qui accroît l'érosion par destruction des agrégats de sols et diminue les surfaces d'évaporation (Pérez et al. 2003). En outre, sur les sites brûlés totalement laissés à nu par la disparition du couvert et de la litière, la rugosité du sol est réduite, ce qui augmente le détachement des particules et leur transport par ruissellement (Shakesby 2011). La restauration naturelle des propriétés du sol et de l'écosystème est dans ces cas souvent lente si la fréquence d'incendies intenses s'accompagne de pluies elles-mêmes plus intenses (Certini 2005).

Par suite des modifications du sol et de la suppression de la végétation causées par les incendies, le risque d'érosion et de dégradation des sols augmente considérablement après les feux. Ces derniers peuvent décupler l'érosion et le risque d'inondation, engendrant une instabilité hydrologique, voire une désertification. Des études ont rapporté des augmentations du ruissellement et de l'érosion pouvant atteindre cent fois leur ampleur, même dans des sols brûlés par des incendies de faible intensité, comparativement aux sites non brûlés (Cawson et al. 2012 ; Williams et al. 2014). Une étude a même rapporté que les taux d'érosion post-incendie sont nettement plus élevés (jusqu'à trois fois plus) dans la zone d'interface d'habitat urbain en région méditerranéenne (Efthimiou, Psomiadis, et Panagos 2020). Mais c'est lorsque la sécheresse est extrême que les incendies ont le plus d'effets érosifs, même si les pluies sont modérées ; sécheresse et incendies ont des effets additionnels qui augmentent excessivement l'érosion des sols et dégradent la qualité des eaux des bassins versants (Kemter et al. 2021).

Mais ces observations ne constituent ni une règle ni une généralité. En effet, certaines études n'ont mesuré qu'une insignifiante érosion après des incendies (Morris et al. 2014), ou alors sans que le feu soit la principale cause érosive : la variabilité météorologique a plus d'effets sur les réponses hydrologiques et l'érosion que le feu lui-même (Wu, Baartman, et Nunes 2020). Aussi, lors de feux dirigés visant à débroussailler (donc à faible sévérité), les taux d'érosion sont faibles, à peine plus importants que lors de débroussaillage mécanique ; ce sont les températures maximales atteintes à la surface du sol minéral pendant les brûlages (intensité) qui influencent les pertes de sol par érosion. Cela souligne l'importance de l'intensité et de la sévérité dans les mécanismes de surface. La couche organique résiduelle après feux et la teneur en eau du sol s'avèrent être des variables critiques pour le contrôle du ruissellement et de l'érosion lors du premier épisode pluvieux. Lorsque la couche organique résiduelle est supprimée, le taux d'infiltration des eaux tend à diminuer et alors le ruissellement et l'érosion augmentent (Fernández et al. 2008). Ainsi, certaines études de cas ne rapportent aucune érosion mesurable, y compris à long terme (Leys et al. 2024), ce qui peut paraître contre-intuitif. Pourtant, cela reste parfaitement dans le champ du possible.

Lorsque des effets des incendies sont mesurables en termes hydrologiques, cela dépend de la réduction de l'infiltration et de la capacité de rétention en eau des sols (Pérez et al. 2003). La chaleur intense des incendies peut induire ou aggraver l'hydrophobie du sol (Lowe, McGrath, et Leopold 2021 ; Shakesby 2011). L'occurrence ou l'intensification de cette hydrophobie est liée à la formation d'une couche de particules minérales hydrophobes en surface du sol. Ce phénomène est induit par la combustion des matières organiques (Certini 2005).

Bien qu'elle protège le sol du transport particulaire par les eaux, cette hydrophobie du sol peut néanmoins accroître la vulnérabilité des sols nus à une autre forme d'érosion par le vent. En effet, la combustion contribue à la mise à nu de sa surface et surtout à la dislocation des agrégats du sol par destruction thermique des liants organiques inter-particulaires. Il en résulte une désagrégation accrue et la formation de textures granuleuses et meubles, très sensibles à l'érosion éolienne (Ravi et al. 2009). Ces modifications compromettent davantage la résilience du sol face aux forces hydrologiques et érosives (Moya et al. 2018). L'érosion intense, si elle a lieu, provoque d'importantes pertes de sol, ce qui contribue à la désertification des territoires (Williams et al. 2014).

La topographie peut également jouer un rôle sur l'érosion des sols associée aux incendies. L'érosion des sols est plus marquée sur les versants exposés au sud et les pentes abruptes, notamment en région méditerranéenne (Mallinis et al. 2016).

On comprend ici aussi que des tendances générales sont délicates à faire émerger. Tout est possible, du pire (désagrégation des sols, pertes de masse, mise à nu de la roche-mère et désertification) à aucun effet significatif des incendies sur l'hydrologie des sols et des territoires. C'est encore une combinaison de facteurs déterminants qui fait qu'un sol perd, ou non, durablement ses propriétés hydrologiques sous l'effet de feux de végétation.

3.1.5. Métaux et autres polluants

Dans les zones périurbaines, les sols sont souvent pollués par des éléments minéraux dont les métaux lourds, du fait des activités humaines. Après un incendie, les métaux deviennent plus mobiles en raison de l'exposition accrue de la surface du sol et de la dispersion des cendres. Cette mobilité peut augmenter la biodisponibilité des métaux, ce qui engendre des problèmes de qualité de l'eau et contribue à des préoccupations sanitaires humaines et environnementales. Bien que les effets du feu sur de nombreuses propriétés du sol soient bien établis, le comportement des métaux face au feu reste peu étudié. Cependant, quelques études indiquent que des métaux majeurs et traces, tels que le Cd, le Cr, le Co, le Cu, le Hg, le Mn, le Ni, le Pb, le Zn et l'As, sont mobilisés après un incendie, avec des concentrations accrues dans les sols et les ressources en eau (Abraham, Dowling, et Florentine 2017).

À l'échelle du bassin versant, la pollution des cours d'eau à leur aval par les sols et les cendres contaminés peut ne pas être immédiate. En effet, les sédiments et les contaminants qui y sont associés sont d'abord transportés vers les zones proches des réseaux hydrographiques, et n'atteignent l'exutoire que lors d'événements hydrologiques majeurs qui touchent l'ensemble du bassin versant (Wu et al. 2020).

Les incendies peuvent modifier considérablement la mobilité et, par conséquent, le cycle de nombreux éléments polluants dans les régions affectées. Les changements de spéciation des éléments post-incendie peuvent accroître la formation ou la disponibilité de formes toxiques de ces éléments dans le sol. Les conditions physiques, chimiques et biologiques uniques observées lors des incendies rendent plus probables de nombreuses réactions *a priori* improbables. Les processus induits sont souvent spécifiques à un type d'incendie, à la végétation et à un élément, autrement dit à un cocktail de facteurs pour un polluant donné (Roshan et Biswas 2023).

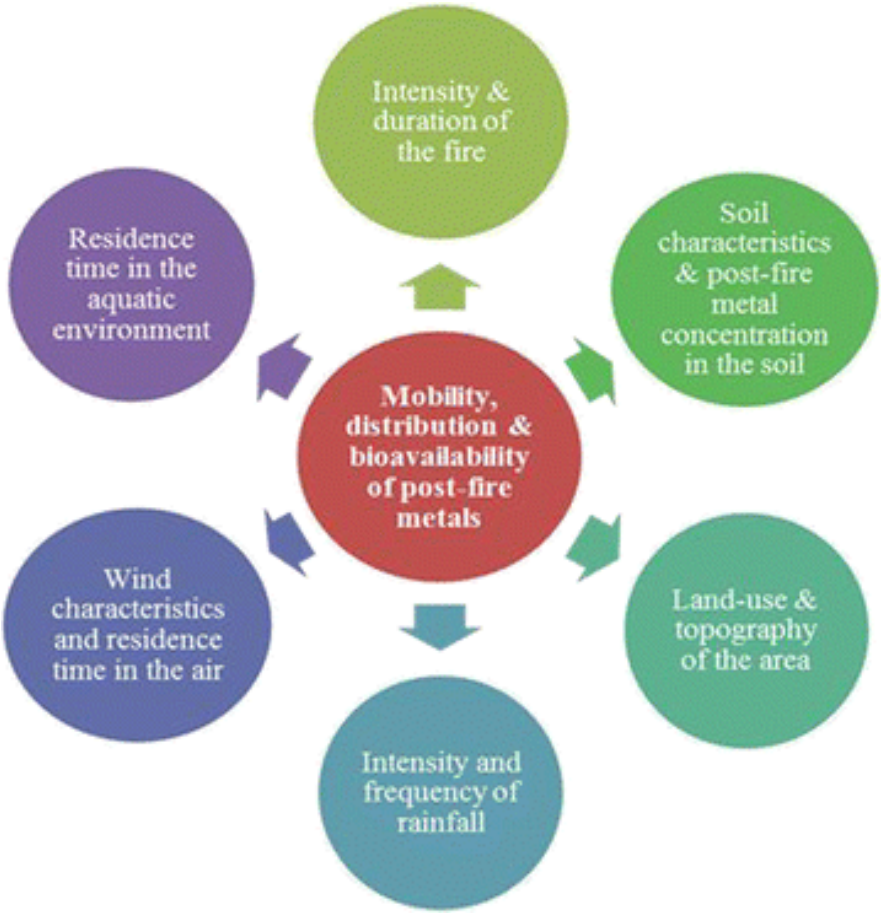


Figure 2 : Principaux facteurs contrôlant la mobilité, la distribution et la biodisponibilité des métaux post-incendie dans le sol (Abraham et al. 2017).

3.1.6. Conséquences pour la biodiversité et le fonctionnement des systèmes écologiques

On a vu plus haut qu'il n'existe pas une réponse simple, univoque et unidirectionnelle, permettant de décrire les effets des feux sur les sols et leurs composantes, l'érosion ou l'hydrologie des sols et des territoires parcourus par les incendies. Cela dépend moins du feu en soi que de la combinaison de variables propres au feu et à l'environnement avant, pendant ou après. Pour la réponse biotique, il en va de même. Aucune tendance unique n'est vraiment décelable. Le champ du possible est vaste. Les paragraphes suivants révéleront des contextes, à titre d'exemple, illustrant l'étendue du champ du possible. Mais au préalable, il paraît nécessaire de cadrer les scénarios possibles.

Les réponses biotiques aux incendies, qu'elles soient estimées en termes de biodiversité ou de productivité, sont animées par un principe général qui est celui de l'hypothèse du niveau intermédiaire de perturbation qui permettrait de promouvoir les meilleures conditions pour optimiser la biodiversité (Connell 1978), mais aussi la production des systèmes écologiques (Wardle, Walker, et Bardgett 2004). Le principe est que trop de feux ou pas assez de feux auraient pour conséquence une baisse de la biodiversité ou de la production biologique dans les écosystèmes naturellement soumis aux incendies. Cela s'explique par de nombreux mécanismes démographiques (Huston 1979 ; Roxburgh, Shea, et Wilson 2004) permettant la coexistence d'un grand nombre d'espèces (He, Lamont, et Pausas 2019), comme l'illustre la vaste synthèse multi-taxons de Viljur et al. (2022) montrant que les perturbations naturelles soutiennent la diversité régionale en diversifiant les structures d'habitat, et enfin un meilleur équilibre des macro-éléments nutritifs (par. ex. azote et phosphore) et des fonctions microbiennes de fixation ou de recyclage organique (Wardle et al. 2003). Mais les conséquences des incendies sur la biodiversité et la productivité biotique du système dépendent aussi de la fréquence des feux, de leur intensité et de leur étendue, et de toutes les combinaisons de fréquence, d'intensité et d'étendue, en valeurs moyennes

ou en écarts autour de ces moyennes ; cela dépend aussi du contexte biogéographique (conditions écologiques à grande échelle), de l'historique des usages et des aménagements, de l'état de l'écosystème au moment de l'incendie et des conditions environnementales durant les semaines, les mois qui succèdent au feu.

Les paragraphes suivants évoquent les effets sélectifs sur la biodiversité, la dynamique des communautés, les réseaux trophiques et les interactions biotiques et enfin les invasions biologiques. À la suite, ayant évoqué les aspects hydrologiques, pédologiques, morphodynamiques, de biodiversité et de fonctionnement des systèmes écologiques, un paragraphe sera consacré à l'évocation des services rendus par la nature aux sociétés.

3.1.6.1. Biodiversité, effets sélectifs et sélection de traits

Intuitivement, du fait du caractère potentiellement létal des feux, sinon blessant et partiellement destructeur, il est commun de penser que les incendies de végétation modifient les communautés en éliminant les espèces les moins résilientes, sinon les moins résistantes, et donc *a priori* en réduisant la biodiversité. On verra par la suite que ce schéma intuitif et anthropomorphique de la perception du feu ne s'applique pas vraiment ; ce n'est en aucun cas une règle. Aussi, les incendies peuvent favoriser les espèces les plus résilientes, sinon les plus résistantes, celles que l'on appelle spécialistes du feu, générant un motif de biodiversité pyrophile.

Les articles de synthèse concernant les effets des feux sur la biodiversité végétale soulignent que les espèces se distinguent en deux grandes catégories de traits de réponse aux perturbations. Dans les habitats soumis aux feux de cimes, à savoir ceux qui sont les plus intenses et souvent les plus sévères, donc les plus contrastants avec une situation sans feu, les principaux traits de persistance sont d'une part la capacité de multiplication végétative des individus et, d'autre part, la capacité de maintenir une banque de semences pour la persistance des populations (Vallejo, Arianoutsou, et Moreira 2012).

Dans le cas général de la multiplication végétative, cela implique plusieurs types de mécanismes (Vallejo et al. 2012) : le rejet de souche (ex. : chênes, bouleaux, eucalyptus, genévriers, la plupart des espèces de garrigue ou de maquis méditerranéen) ou de branches (« épicormie » : eucalyptus, chêne-liège), le drageonnement à partir de racines (ex. : peupliers, mimosas, de nombreuses herbacées), des stratégies rhizomateuses (tige souterraine ; ex. fougère aigle, iris) ou bulbeuses (cyclamens, liliacées, orchidées). Cela produit une conservation des individus sans effets sélectifs sur la structure génétique des populations. En outre, il n'y a aucun délai de recolonisation car toutes les formes de résistances sont préservées et les individus peuvent réémerger dans les jours, les semaines, voire les mois qui suivent le feu selon leur phénologie et les conditions météorologiques.

L'autre principale alternative implique la production de graines, processus dominant, voire unique, par exemple chez les pins, cistes, genêts et ajoncs, et certaines herbacées annuelles ou bisannuelles (Vallejo et al. 2012). Ce processus est sélectif d'un point de vue génétique car cela favorise les individus les plus précoces sexuellement au sein des populations, mais aussi les espèces les plus précoces : par exemple, le pin maritime et le pin d'Alep peuvent produire des graines dès 10 ans, alors que le pin noir ou le pin sylvestre sont plus tardifs avec des graines produites vers 20 ans et le pin cembro au mieux à partir de 60 ans. Dans le cas de la stratégie de production de semences, la saison du feu est une variable importante : si le feu intervient quand les graines de l'année ont été disséminées, alors le recouvrement post-incendie favorisera surtout les espèces à rejet de souche ; inversement, si le feu est précoce dans la saison, alors les individus survivants pourront disséminer leurs graines, ce qui favorise les espèces semencières (Pausas et al. 2004). Ces incendies précoces qui favorisent le renouvellement des populations par voie sexuée et la diversification génétique des populations mobilisent un large éventail de réponses adaptatives à des régimes d'incendie particuliers (He et al. 2019).

En conséquence, les types de communautés liées aux incendies sont parfois déterminés par un gradient de régime des feux et notamment la saison, la fréquence et l'intensité/sévérité des feux (Pausas et al. 2004). Mais des études soulignent que la diversité végétale de certaines communautés de garrigues ou de maquis en Espagne n'est pas affectée par les incendies, notamment sous régime de feux fréquents, en raison de la stratégie dominante des espèces à mettre en œuvre de la multiplication végétative, donc à se maintenir à l'identique (Fernández-Guisuraga et Calvo 2023). De telle sorte que ces écosystèmes buissonnants sont invariants et donc résilients dans un contexte d'incendies fréquents (Pausas et al. 2008), ce qui ne laisse pas la dynamique s'opérer

et les écosystèmes maturer indépendamment des feux ; en effet l'absence d'incendie induit de nouvelles structures verticales et horizontales des écosystèmes et d'autres motifs de biodiversité (Fournier et al. 2020).

Des études soulignent que le schéma sélectif entre espèces à survie végétative ou à reproduction sexuée varie selon les continents pour une même catégorie de bioclimat (ex. entre sud-est Australie, Californie et Méditerranée) et les écosystèmes au sein d'un bioclimat (ex. écosystème à pin dominant ou à chêne dominant). Les tentatives de généralisation des prédictions globales, à partir de la capacité de rejet de souche principalement, ont une portée limitée ; le pouvoir prédictif local dépend du motif écosystémique dominant de persistance au niveau individuel (rejet) ou au niveau de la population (semence), croisé avec les déterminants de régime de feu qui varient entre paysages pour un même type d'écosystème (Pausas et al. 2004).

Le maximum de diversité est parfois observé dans les dix premières années post-incendie, voire les deux premières années (Fournier et al. 2020), mais les déterminants de ce moment de maximum de diversité semblent être différents de ceux des pics de diversité ultérieurs qui interviendraient plutôt à un moment intermédiaire de la succession (Keeley, Fotheringham, et Baer-Keeley 2005), tel que prédit par la théorie (He et al. 2019). Une biodiversité maximale semble atteinte dans les écosystèmes soumis aux feux à niveau intermédiaire de sévérité et de fréquence (He et al. 2019 ; Lazarina et al. 2019).

Une diversité maximale dès l'origine implique surtout des adaptations des cycles de vie vis-à-vis des incendies très sévères, comme ce que l'on observe en région méditerranéenne, ce qui implique des banques de graines dans les sols ou dans les frondaisons, et des multiplications végétatives, notamment par rejet de souche, voire de tige (Keeley, Fotheringham, et al. 2005). Cela conduit à une recolonisation à diversité maximale dès l'origine (Fournier et al. 2020). La biodiversité initiale peut grandement dépendre des espèces présentes dans les zones adjacentes aux zones brûlées, c'est l'effet de masse périphérique (Keeley, Fotheringham, et al. 2005).

En France — comme en Espagne, en Grèce ou au Maroc —, les boisements les plus risqués en termes de propagation du feu sont, d'une part, les peuplements de pins (Gil-Tena et al. 2016 ; Pausas et al. 2008), en particulier à pin d'Alep (aussi dit « de Provence »), pour l'essentiel spontanés ou naturels (Provence, Languedoc, Roussillon) et, d'autre part, les peuplements à pin maritime (naturel en Corse et dans quelques massifs en Provence, et pour l'essentiel des plantations sylvicoles en Aquitaine, Bretagne, vallée de la Loire, vallée du Rhône). Les études suggèrent que les peuplements à pin d'Alep sont plus affectés par les incendies que les peuplements à pin maritime, en raison des caractéristiques distinctes de chaque espèce : morphologie des feuilles, épaisseur de l'écorce, structure des cônes, etc. La proportion d'espèces à rejets de souche obligatoires est alors plus élevée dans les peuplements à pin d'Alep, tandis que celle des espèces à reproduction par graines obligatoires est plus importante dans les peuplements à pin maritime (Peña-Molina, Moya, Fajardo-Cantos, et al. 2024). Plus largement, la caractérisation fine de ces disparités repose sur la mesure des traits d'inflammabilité des tissus végétaux synthétisés à l'échelle mondiale dans la base de données FLAMITS (Ocampo-Zuleta, Pausas, et Paula 2024), qui compile près de 20 000 mesures standardisées en laboratoire sur 1784 espèces, afin d'articuler traits adaptatifs des plantes et modélisation du comportement du feu.

Un effet collatéral des incendies sur la biodiversité concerne les pollutions, notamment aux métaux lourds. Les concentrations de métaux lourds dans les sols et les eaux de surface diminuent avec le temps en raison de la disparition progressive des résidus de combustion. Les eaux de ruissellement chargées en cendres et contaminants issus des incendies provoquent des effets toxiques sévères sur les organismes aquatiques et les communautés de poissons, incluant des altérations branchiales, un stress oxydatif et des perturbations endocriniennes (Kirsch et al. 2024 ; Rao et Parsai 2025). Cet effet peut être sélectif et affecter la biodiversité des sols et des cours d'eau des territoires incendiés.

La gestion de l'après-incendie dans l'interface ville — nature pose aussi la problématique de la méthode de restauration à appliquer : Lin et al. (2024) montre que comparée à la succession naturelle, une restauration quasi naturelle (où les espèces présentes avant l'incendie sont réimplantées artificiellement) permet une restauration plus rapide.

Les effets écosystémiques du feu concernent la biodiversité, ce qui impose de penser à la fois les arbitrages entre conservation et zones à fort enjeu incendie (Syphard et al. 2016). On peut noter le cas des forêts urbaines,

dont les services écosystémiques sont à préserver en tenant compte de leur sensibilité au feu (Escobedo et al. 2024) (voir Chap. 8, Urbanisme, aménagement et gouvernance) et des impacts écologiques des traitements du combustible par le feu sur la faune pour ménager des zones refuges et limiter les effets sur les communautés, notamment aviaires. Prowse et al. (2017) montrent que les communautés d'oiseaux sont sensibles au temps écoulé depuis le dernier incendie. La répétition des brûlages prescrits tend à favoriser les espèces généralistes, notamment celles se nourrissant au sol, au détriment d'espèces forestières spécialistes. Les auteurs recommandent ainsi de maintenir, au sein des paysages soumis à des traitements de réduction du combustible, des îlots d'habitat non brûlés depuis longtemps, susceptibles de jouer le rôle de refuges pour l'avifaune et, plus largement, pour les organismes sensibles à la fréquence du feu. Le contexte d'urbanisation peut également modifier la réponse des communautés végétales aux incendies. Hubert et al. (2023) montre que la sévérité des incendies réduit l'abondance et la richesse de la végétation de sous-étage dans les milieux naturels, tandis que cette réponse est moins négative, voire plus favorable, à proximité des zones urbanisées. Les auteurs suggèrent que l'exposition chronique aux perturbations associées à l'urbanisation peut modifier la réponse de la biodiversité à une perturbation ponctuelle telle que l'incendie.

3.1.6.2. Hétérogénéité du paysage, complexité des réponses et refuges de biodiversité

La variabilité spatiale du paysage explique aussi les schémas de diversité, car le feu ne se propage pas de manière homogène au sein du territoire en termes de sévérité, ni même en termes de fréquence. Aussi, il existe une interaction complexe entre les caractéristiques physiques et chimiques du paysage et les formes de vie, au niveau local comme régional (He et al. 2019).

Au niveau du paysage, la variabilité des ressources nutritives (ex. sol squelettique versus sol profond, forte ou faible pente, sol à forte ou à faible capacité d'échanges cationiques) ou des précipitations (importance de la saison du feu) peut être associée à des variabilités spatiales de la diversité post-incendie (Fernández-Guisuraga et al. 2023 ; Keeley, Fotheringham, et al. 2005) ; c'est ce que l'on nomme l'éco-diversité. En outre, concernant les communautés herbacées, l'humidité du sol en début de saison végétative (qui dépend de la météorologie et de la nature des sols) serait plus importante que le feu en soi pour permettre le renouvellement post-incendie, alors que le renouvellement des boisements de chênes ou des formations buissonnantes de garrigues et de landes semble surtout contrôlé par la sévérité du feu (Fernández-Guisuraga et al. 2023).

Chez les organismes microbiens, il en va de même pour les communautés de lichen qui paraissent très affectées par la sévérité des feux (Martín-Pinto et al. 2023; Miller, Root, et Safford 2018) comme le sont les communautés de champignons décomposeurs (Martín-Pinto et al. 2023). Cependant, dans ce cas, les travaux sont contradictoires au sujet des champignons : certaines études soulignent un effet positif (Espinosa et al. 2023) alors que d'autres évoquent le contraire (Martín-Pinto et al. 2023). Comme souvent, c'est la sévérité des incendies qui explique le mieux les différences de réponse : les feux peu sévères seraient activateurs de communautés fongiques, alors que les feux intenses apporteraient une moins-value. Les travaux semblent indiquer que les champignons ectomycorhiziens seraient assez peu sensibles au feu (Espinosa et al. 2023 ; Martín-Pinto et al. 2023). Chez les bactéries, les feux intenses affectent négativement l'abondance et la respiration bactérienne anaérobie mais favorisent l'activité des bactéries aérobies (Ondik, Ooi, et Muñoz-Rojas 2023) ; cela souligne des réponses indirectes différentielles probablement en lien avec les effets des incendies sur les sols.

Une augmentation attendue de la sévérité des incendies en lien avec la plus grande fréquence d'épisodes de vague de chaleur ne semble pas affecter la régénération végétale ; mais une sécheresse prolongée peut masquer l'impact de l'augmentation de la sévérité des feux sur les espèces méditerranéennes à graines (Salesa, Baeza, et Santana 2024). L'augmentation de la fréquence des incendies, conjuguée à des épisodes de sécheresse sporadiques post-incendie, pourrait entraîner des modifications durables de la composition des communautés, par un effet cocktail additif ou amplificateur (Malkisnon et al. 2011). Cela est dû à la sensibilité au feu ou à la sécheresse de certains groupes fonctionnels de plantes comme les arbres et certains buissons. Des cas extrêmes de répétabilité des feux associée à la sécheresse éliminent ainsi les arbres et les buissons, laissant

seulement une diversité d'herbacées recouvrir le sol (Malkisnon et al. 2011). Néanmoins, ces impacts varient selon le groupe fonctionnel considéré, l'écosystème ou le biome en question (Salesa et al. 2024).

Dans les paysages dominés par des landes, des garrigues ou des maquis, les incendies répétés peuvent agir comme un agent d'homogénéisation de la végétation. Un effet rétroactif négatif est que, comme ces formations végétales ligneuses sont inflammables, l'homogénéisation induite par les feux peut contribuer à accroître le risque d'incendie fréquent et sur de vastes étendues (Pérez et al. 2003). C'est un phénomène que l'on peut constater en particulier dans les zones périurbaines de la métropole de Marseille/Aix-en-Provence ou dans celles du Languedoc entre Nîmes, Carcassonne et Perpignan.

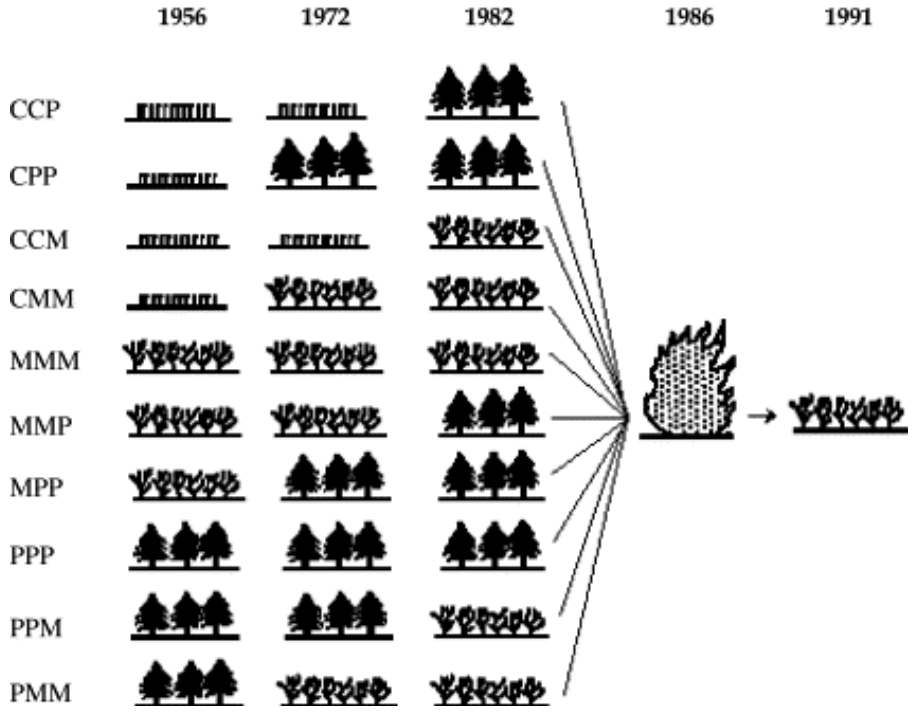


Figure 3 : Localisation de la zone d'étude (Pedro Bernardo, province d'Ávila, Espagne) et typologie des trajectoires d'occupation du sol analysées par photographies aériennes (1956, 1972 et 1982). Chaque lettre indique l'état d'occupation du sol aux trois dates de survol (C : terres cultivées, M : matorral, P : pinède). Cinq ans après l'incendie de 1986 (6 652 ha), l'hétérogénéité des usages passés conditionne les motifs de régénération végétale. D'après Pérez et al. (2003).

Les communautés qui présentent des pics de diversité ultérieurs, qu'ils soient intermédiaires ou tardifs dans la succession, ont une composition en espèces qui diffère de celle des communautés initiales qui présentent un pic immédiat après l'incendie (Keeley, Fotheringham, et al. 2005). Leur composition dépend de la capacité d'accueil de l'habitat (densité d'individus et structure du réseau trophique) et de la capacité du paysage à fournir de nouvelles espèces (« immigration ») en mesure de (i) réaliser des fonctions que ne réalisent pas les espèces présentes initialement (effet de complémentarité fonctionnelle), (ii) de concurrencer ces espèces initiales (effet compétiteur), (iii) de cohabiter sans concurrence avec les espèces initiales (redondance fonctionnelle), voire (iv) de profiter de la modification de l'habitat induite par les espèces initiales (effet facilitateur et relais taxinomique) (He et al. 2019). La persistance de traits, le recrutement et l'immigration post-incendie permettent la coexistence d'espèces aux cycles de vie différents (He et al. 2019).

Les zones brûlées ne sont jamais homogènes au niveau du paysage (Peña-Molina, Moya, Marino, et al. 2024) ; elles comportent des aires fréquemment brûlées, mais aussi des aires refuges (Robinson et al. 2013). Ces refuges remplissent trois fonctions principales face au feu : (i) ils améliorent la survie immédiate d'individus lors d'un incendie, (ii) facilitent la persistance des populations, et (iii) contribuent à leur rétablissement à plus long terme. Les refuges peuvent être d'origine naturelle ou anthropique, et dans les deux cas, leur occurrence peut résulter de processus déterministes ou stochastiques. Les attributs spécifiques des refuges qui déterminent leur valeur

sont encore mal connus, mais comprennent des attributs intra-parcellaires liés à la composition et à la structure des habitats ; des attributs au niveau des parcelles associés à leurs surfaces et à leurs formes (Robinson et al. 2013). Un refuge peut être un boisement qui échappe au feu de manière récurrente en raison d'une topographie humide protégeant un habitat telle une île virtuelle : ce sera un refuge pour des végétaux comme pour de grands animaux. Mais un refuge peut aussi être un simple tas de pierres qui sert de protection pour des escargots ou d'autres invertébrés (Puga et al. 2024). Il peut également s'agir d'une falaise qui échappe au feu par manque de combustible. Les refuges servent de réservoir de recolonisation pour les espèces qui y survivent (Robinson et al. 2013).

3.1.6.3. Dynamique des systèmes écologiques

La dynamique des systèmes écologiques permet d'intégrer la notion de durée des processus à des effets initiaux qui s'opèrent entre les premiers jours et les premières années après feu. La dynamique permet de se projeter sur des trajectoires le plus souvent de quelques décennies, voire de quelques centaines d'années.

En l'absence de feu, les boisements mixtes de pins et de chênes, très communs sur le pourtour méditerranéen, ont une canopée qui se transforme avec le temps depuis le dernier incendie, d'une domination par l'abondance de buissons et de pins à une domination par des chênes (Fournier et al. 2020). Cela peut prendre plusieurs décennies. Cela veut dire que l'inflammabilité de ces forêts va changer avec le temps, car les chênes sont bien moins inflammables que les pins et les buissons méditerranéens. Cette transformation est associée à des changements de la strate du sous-bois, changements caractérisés par une raréfaction des espèces initiales après l'incendie. La densité ou le couvert végétal change aussi avec le temps depuis le dernier feu, indiquant une succession écologique due à la raréfaction des espèces plutôt qu'à leur substitution, car peu d'espèces arrivent à immigrer dans ces communautés initiales très riches et structurées (Fournier et al. 2020). La biodiversité, qui pouvait être élevée peu après l'incendie, décroît plus de 70 ans après le feu. L'absence d'incendie réduit la biodiversité pyrophile, sans pour autant générer une diversité particulière dans ces vieux écosystèmes méditerranéens. Ainsi, la suppression des incendies est susceptible de réduire la diversité des forêts méditerranéennes (Fournier et al. 2020).

À grande échelle, les trajectoires de dynamique simulées à moyen terme (2050) sur la base de modèles numériques, en tenant compte du changement climatique, montrent une expansion des boisements de chênes, quels que soient les scénarios de politiques actives de suppression ou non des feux, et les régimes d'incendies spontanés impossibles à limiter (Gil-Tena et al. 2016). L'autre enseignement est une diminution de la part des formations buissonnantes dans les paysages du fait du vieillissement des écosystèmes, mais aussi du fait d'une plus faible productivité liée au réchauffement climatique plus stressant (Gil-Tena et al. 2016). Les seuls habitats susceptibles d'être maintenus selon les scénarios sont ceux qui sont dominés par des pins ; c'est le produit paradoxal d'une politique de suppression des feux qui induit des paysages plus homogènes et plus connectés, favorisant les incendies de grandes étendues et plus sévères, et donc l'auto-renouvellement des boisements à pins d'Alep ou pin maritime (Gil-Tena et al. 2016), tous deux très inflammables.

Les montagnes comportent des espèces différentes des forêts des plaines et des collines méditerranéennes. Un type de boisement est intéressant à illustrer, la hêtraie, car l'espèce dominante n'est pas inflammable. Les hêtraies poussent aussi dans les forêts méditerranéennes de montagne (en France, Alpes du Sud, Pyrénées). Dans ce type de boisements, la régénération du hêtre est abondante sur les sites incendiés alors que ce n'est *a priori* pas une espèce adaptée au feu, quelle que soit la sévérité de l'incendie. Cette régénération est souvent concomitante à la présence d'autres espèces d'arbres plus héliophiles, comme les bouleaux (Maringer et al. 2016). L'abondance de ces héliophiles diminue plus de 20 ans après l'incendie, tandis que le hêtre augmente sa densité et son couvert. On y observe un phénomène d'autorecrutement lié au dépérissement post-incendie des vieux hêtres ; cet autorecrutement peut durer des décennies en fonction du temps de dépérissement des vieux arbres (Maringer et al. 2016). Dans des situations extrêmes de forte sévérité du feu, la régénération du hêtre est réduite et le devenir de ces boisements questionné (Maringer et al. 2016).

Il apparaît des groupes de biodiversité vulnérables aux incendies sur la durée, comme les lichens, même lors de feux modérément sévères (Miller et al. 2018), soulignant le caractère sensible de ce segment de la biodiversité.

Dans les communautés d'oiseaux méditerranéens, on observe un remplacement quasi-total d'espèces après feux ; peu d'espèces retrouvent leur habitat l'année post-incendie, mais la communauté n'est pas vide pour autant ; de nouvelles espèces occupent immédiatement cet habitat transformé par le feu (Jacquet et Prodon 2009). Avec le temps, en suivant partiellement la structure des communautés végétales qui se reconstitue, la résilience est assez rapide, intervenant en moins de 40 ans. Le feu favorise les espèces granivores en lien avec un habitat riche en plantes herbacées, alors que le temps depuis le dernier incendie favorise les espèces frugivores et insectivores en lien avec un couvert boisé reconstitué (Jacquet et Prodon 2009).

Chez les oiseaux, on peut constater l'importance de la structure de l'habitat végétal plus que celle de la composition végétale ; en effet, dans le cas des boisements de chêne-liège dont les troncs sont épicormiques, produisant des rejets sur les branches, la structure verticale du boisement est retrouvée en moins de 15 ans après feu (Prodon et Diaz-Delgado 2021) contre plus d'une cinquantaine d'années dans un bois de chêne vert (Jacquet et Prodon 2009). La conséquence est que la résilience des communautés d'oiseaux dans ces écosystèmes dominés par des végétaux épicormiques est bien plus rapide et corrélée à celle des arbres (Prodon et Diaz-Delgado 2021).

Une étude conduite en région atlantico-méditerranéenne a permis de souligner le déterminisme de la densité des communautés d'oiseaux par la sévérité des incendies (García-Redondo et al. 2023). Point intéressant, la densité d'oiseaux était tout autant affectée par cette sévérité que par l'héritage des activités humaines anciennes. Cela souligne que le feu n'est pas le seul déterminant de la composition et de la dynamique aviaire mais que d'autres stresseurs comme les usages passés coagissent pour expliquer les effets sur la biodiversité (García-Redondo et al. 2023).

Les communautés de petits mammifères changent en structure, mais pas en composition. Des observations réalisées en milieu méditerranéen montrent que les incendies favorisent les rongeurs comme les souris ou les campagnols, sous réserve que des troncs morts ne restent pas au sol (Torre, Ribas, et Puig-Gironès 2023). Au contraire, dès lors que des troncs morts restent au sol après le feu, les musaraignes sont favorisées, trouvant dans et sous le bois mort les insectes constituant leurs régimes trophiques (Torre et al. 2023).

Ces travaux sur les animaux, mammifères, oiseaux, reptiles soulignent l'importance de l'hétérogénéité de l'habitat post-incendie pour garantir une bonne diversité. Un habitat hétérogène est un habitat qui comporte de la diversité d'espèces végétales et microbiennes, mais aussi une diversité de débris ligneux, comme les troncs couchés et les arbres debout. Les aménagements post-incendie qui visent à réduire ces débris ligneux issus le plus souvent des feux provoquent une baisse de la biodiversité faunique de l'écosystème (Torre et al. 2023).

3.1.6.4. Invasions biologiques

Les invasions biologiques représentent un coût considérable pour l'économie mondiale. Les espèces invasives sont des espèces exotiques, donc étrangères à un territoire et qui s'y sont acclimatées ; elles profitent de l'absence de compétiteur, de prédateur et de parasite pour se répandre ; elles détruisent des écosystèmes indigènes et altèrent les services qu'ils peuvent rendre aux sociétés (« services écosystémiques »). Généralement, les invasions biologiques profitent des territoires modifiés par les humains en périphérie des villes pour se propager, les interfaces habitat-végétation exerçant des pressions abiotiques et biotiques directes qui facilitent l'implantation d'espèces exotiques (Bar-Massada, Radeloff, et Stewart 2014). Néanmoins, ce transfert depuis les zones périurbaines vers les milieux naturels adjacents n'est pas systématique : dans le sud de la France, Charpentier et al. (2020) montrent ainsi qu'une plante ornementale réputée très invasive (Cortaderia selloana) peine à s'établir dans les garrigues méditerranéennes en l'absence de perturbations édaphiques majeures.

Le feu interagit avec ces espèces invasives selon un cycle bien documenté où l'introduction de taxons exotiques modifie la structure du combustible et le régime de feu, ce dernier favorisant en retour leur propre expansion (Brooks et al. 2004). Quelques études empiriques analysent spécifiquement cette dynamique végétale post-incendie (Hunter et al. 2006 ; Keeley, Baer-Keeley, et Fotheringham 2005).

Le feu n'apparaît pas comme étant le premier facteur déterminant l'expansion de ces espèces exotiques ; elles profitent principalement de l'abri constitué par le couvert des plantes ligneuses (buissons et arbres) qui

tamponne les conditions écologiques nécessaires à leur implantation et la production de graines (Keeley, Baer-Keeley, et al. 2005). Le feu apparaît comme un facteur indirect, et notamment la récurrence des incendies, qui affecte à la fois la structure de la communauté ligneuse (lande, garrigue, maquis, boisement) avant l'incendie, mais aussi les banques de semences exotiques disponibles après l'incendie (Hunter et al. 2006 ; Keeley, Baer-Keeley, et al. 2005). Outre la fréquence, la sévérité du feu apparaît comme déterminante pour expliquer l'expansion des espèces exotiques (Hunter et al. 2006 ; Keeley, Baer-Keeley, et al. 2005).

Souvent les formations arbustives sont adaptées à un régime de feux particulier sans que le feu soit déterminant dans l'existence de ces formations. Ainsi, les modifications du régime de feux sous l'effet du climat ou de procédés de gestion produisent un environnement sélectif pour les espèces invasives ; en région méditerranéenne, une fréquence élevée d'incendies risque de changer le contexte sélectif en favorisant les espèces exotiques (Keeley, Baer-Keeley, et al. 2005). Mais comme dans toutes les situations impliquant du feu comme déterminant, l'intensité et la fréquence des incendies interagissent avec l'aridité pour promouvoir les conditions de propagation des espèces exotiques en favorisant un couvert qui leur est favorable et un régime de feu approprié (Keeley, Baer-Keeley, et al. 2005).

Outre le couvert des ligneux, la structure de la communauté végétale indigène émerge comme un déterminant. Une communauté riche en espèces indigènes et dans laquelle il n'y a pas de dominantes (forte équitabilité) apparaît susceptible de promouvoir l'expansion des espèces exotiques (Hunter et al. 2006).

Le brûlage dirigé ne semble pas une pratique de gestion viable pour contrôler les espèces exotiques dans les paysages semi-arides (Keeley, Baer-Keeley, et al. 2005). A contrario, des travaux font apparaître une relation entre les traitements mécaniques de débroussaillage et l'occurrence des espèces invasives (Hunter et al. 2006).

3.1.7. Services écosystémiques

Les services écosystémiques rassemblent les conditions et processus par lesquels les écosystèmes naturels, et les espèces qui les composent soutiennent et accomplissent la vie humaine et le maintien des sociétés. Les incendies, en affectant le fonctionnement des écosystèmes, le cycle des éléments et de la matière, l'organisation des territoires, contribuent à altérer la qualité et l'efficacité des services écosystémiques (Roces-Díaz et al. 2021; Sayedi et al. 2024).

Parmi les conséquences sur les services écosystémiques, les travaux soulignent principalement des effets sur l'approvisionnement et la qualité des eaux, le cycle et le stockage de carbone, la régulation du climat, le contrôle de l'érosion des sols et de la biodiversité, la fertilité des sols, et l'approvisionnement en nourriture (Roces-Díaz et al. 2021; Sayedi et al. 2024).

Les bilans montrent qu'en général, les incendies impactent l'érosion des sols et des territoires bien que cela doive être nuancé. Au niveau global, seuls les biomes tempérés sont affectés par les incendies naturels, quelle que soit la fréquence des feux. Les effets sont mesurables à court et moyen terme. En revanche, les feux prescrits n'affectent pas l'érosion des sols. Il n'émerge pas de lien avec l'intensité des feux. À long terme, les effets s'estompent (Roces-Díaz et al. 2021).

Concernant les ressources en eau, il semble qu'il y ait un consensus sur le fait que les incendies sont positifs sur la question de l'approvisionnement volumétrique en eau, mais qu'ils ont des effets sur la qualité des eaux, quelles que soient les variables prises en compte, comme le type de feu (naturel ou contrôlé), l'intensité faible ou forte, l'intervalle court ou long depuis le dernier incendie ou la fréquence faible ou élevée (Roces-Díaz et al. 2021). Concernant l'approvisionnement en eau, il est en général augmenté par les intervalles courts, les feux fréquents, quelles que soient leurs intensités, dans les biomes tempérés et méditerranéens (Roces-Díaz et al. 2021). Bien que l'accroissement des apports en eau soit positif, il s'accompagne indirectement d'une réduction de l'évapotranspiration (moins de couvert végétal). Mais l'effet négatif sur la qualité résulte pour l'essentiel de la production de composés issus de la combustion : des métabolites toxiques ou contaminants, des métaux lourds libérés massivement dans les hydrosystèmes (Abraham et al. 2017 ; Rao et Parsai 2025 ; Wu et al. 2020).

La fertilité des sols et l'approvisionnement en nourriture ne sont en général pas affectés par les incendies au niveau planétaire dans une perspective de services écosystémiques. Cela inclut des perspectives à court ou long terme, des feux naturels ou contrôlés, fréquents ou rares, intenses ou non. Seules les régions tempérées sont marginalement affectées par les incendies, dans un sens positif, mais sans plus de détails en lien avec les régimes de feux (Roces-Díaz et al. 2021).

La biodiversité sensu lato est peu prise en compte dans les analyses la considérant comme un service écosystémique dans un contexte de feu. La biodiversité est un service de support pour la régulation (carbone, climat, maladies et nuisibles) et l'approvisionnement (nourriture, matériaux, pharmacie, ressources génétiques, biomasse-énergie, etc.). Une analyse globale à base d'experts a dégagé les perspectives à l'horizon 2100 concernant la biodiversité en tant que service écosystémique en lien avec les changements de régimes de feu attendus en fonction de trois trajectoires représentatives de concentration (RCP, *representative concentration pathways*) : 2.6, 4.5 et 8.5 (Sayedi et al. 2024). Le scénario 8.5 est le pire des scénarios de changement climatique. Le motif général est une baisse de la biodiversité du fait du changement de régime des feux, moins prononcé pour le RCP 2.6 et plus prononcé pour le RCP 8.5. C'est vrai pour les écosystèmes méditerranéens (incluant Provence, Languedoc et Corse), les tempérés conifériens (ex. zones de montagne), les tropicaux humides (ex., Guyane) ou les tropicaux secs (ex., Nouvelle-Calédonie), les écosystèmes tempérés (ouest, nord et est de la France hors montagne). Pour la valeur médiane du RCP 4.5, le scénario dont l'occurrence est la plus probable, la baisse serait la plus importante pour les écosystèmes tropicaux humides et tropicaux secs. Les écosystèmes tempérés conifériens seraient les moins affectés (Sayedi et al. 2024).

Pour le carbone, il est généralement admis que le stockage dans la végétation et dans le sol sera impacté à court terme par les feux fréquents et intenses. Mais il émerge que les régimes naturels de feux de faible intensité dans les forêts sèches pourraient, à long terme, favoriser le stockage du carbone des forêts en protégeant le carbone présent dans le sol et dans les grands arbres anciens. La difficulté réside dans la manière de concilier les pertes de carbone immédiates, dues aux incendies sévères, avec le stockage stable du carbone à long terme (Hurteau et al. 2019). L'analyse globale à base d'experts, déjà mentionnée pour la biodiversité, a mis en évidence une baisse des stocks de carbone pour les écosystèmes méditerranéens, les tempérés conifériens, les tropicaux humides ou les tropicaux secs. Chacun de ces trois scénarios provoquerait une réduction des stocks de carbone, avec une baisse moins prononcée pour le RCP 2.6 et plus marquée pour le RCP 8.5. Pour les écosystèmes tempérés (ouest, nord et est de la France), les baisses seraient significatives pour le scénario 4.5 et surtout pour le scénario 8.5 (Sayedi et al. 2024).

La régulation du climat est un service écosystémique qui dépend de celui du carbone. Il est généralement admis que les incendies sont négatifs pour ce service (Roces-Díaz et al. 2021). Dans le détail, les feux naturels, fréquents et à forte intensité, affectent la régulation du carbone à long terme, principalement dans les forêts froides et secondairement dans les forêts tempérées.

3.1.8. Rétroaction sur les régimes de feu

Une revue systématique internationale menée par Jiaying Hai et al. (2023) confirme que les stratégies d'extinction totale modifient profondément les régimes d'incendie à long terme en homogénéisant la structure végétale et en favorisant paradoxalement la survenue de méga-feux. Dans le même sens, Kreider et al. (2024) montrent que la suppression des incendies conduit à un « biais de suppression » qui réduit significativement la diversité des effets des incendies (pyrodiversité) en privilégiant les incendies de faible et moyenne intensité par rapport aux événements extrêmes de haute intensité. Cette diminution de la pyrodiversité, due à des décennies d'intervention, peut modifier les forces de sélection sur les communautés végétales et animales en favorisant celles qui peuvent résister aux incendies de haute intensité par rapport à celles qui peuvent résister aux incendies de faible intensité, et limite la réorganisation post-incendie des écosystèmes. Cette suppression réduit la diversité des effets liés aux incendies dans les écosystèmes et augmente le risque de changements d'état, compromettant la résilience de la biodiversité face au changement climatique. Ceux qui sont capables de se rétablir se trouvent dans les conditions les plus extrêmes, défavorables à la régénération. Si la suppression est progressive et permet des incendies de faible intensité, la diversité des effets écologiques serait beaucoup plus grande et le

changement climatique ainsi que l'accumulation de combustibles seraient atténués, permettant plus de résilience. Ces résultats mettent en évidence une rétroaction négative où la perte de biodiversité pyro-adaptée, induite par l'homogénéisation des régimes d'incendie, compromet encore davantage la résilience des écosystèmes face à des incendies plus sévères et moins fonctionnels.

3.2. Conséquences socio-économiques et politiques

Les incendies affectent également la sphère socio-économique et politique. Les effets sur les populations humaines sont pluriels et se déclinent selon différentes temporalités. La littérature scientifique présentée traite tour à tour des bilans humains, des conséquences politiques et sociales ainsi que des impacts économiques.

3.2.1. Bilans humains

Dans un article très récent, Teymoor Seydi et al. (2025) entreprennent d'examiner les tendances et les schémas mondiaux et régionaux de l'exposition humaine aux incendies. Afin de chiffrer cette exposition, les auteurs ont utilisé 18,6 millions d'enregistrements individuels d'incendies provenant de diverses bases de données sur les différents continents entre 2002 et 2021.

L'exposition croissante des populations aux incendies en Amérique du Nord est due à la fois à l'expansion des zones d'interface ville — espace naturel et à l'augmentation des superficies brûlées, tandis que la diminution de l'exposition en Europe est due au dépeuplement des zones rurales. Pour autant, les tendances climatiques ont favorisé un comportement plus extrême des incendies dans les deux régions. En Amérique du Sud et en Asie, c'est la dynamique démographique qui a accru l'exposition humaine aux incendies malgré une diminution des zones brûlées entre 2002 et 2021.

Au total, 440,2 millions de personnes ont été directement exposées à des incendies dans le monde sur cette période, et 85,6 % de ces expositions ont eu lieu en Afrique. Bien que des incendies de végétation majeurs se soient produits en Océanie, en Europe et en Amérique du Nord ces dernières années, ces trois continents ont représenté en cumulé moins de 2,5 % des expositions mondiales.

Toujours au niveau mondial, la revue de littérature des auteurs fait état d'au moins 2 500 décès et de 10 500 blessés dus aux incendies entre 1990 et 2021. Bien que les zones d'interfaces ville — espace naturel ne couvrent que 4,7 % de la surface terrestre mondiale selon l'analyse des auteurs, près de la moitié de la population mondiale réside dans ces zones, qui ne cessent de s'étendre. Pour les seuls États-Unis, Nathan Mietkiewicz et al. (2020) quantifient encore le nombre d'habitations menacées, les coûts de lutte contre les incendies et les sources d'inflammation dans les zones d'interfaces ville — espace naturel pour 1,6 million d'incendies de forêt entre 1992 et 2015.

Ainsi, si les incendies ne figurent pas parmi les catastrophes dites naturelles les plus meurtrières (elles se classent en termes de bilan humain très loin derrière les séismes et les inondations) et que la grande majorité de ceux qui éclosent en zone d'interface sont rapidement éteints, une succession d'épisodes récents ont fait un nombre important de victimes et de dégâts matériels dans ces zones. Même peu nombreux, ces feux extrêmes, du fait de leurs victimes et de leurs conséquences destructrices, sont au centre de l'attention et servent d'évènements de référence dans la conception des politiques publiques.

Haynes et al. (2020) proposent une analyse du nombre des décès aux États-Unis, en Australie et en Europe (Espagne, Portugal, Grèce et Sardaigne) dans les zones d'interfaces ville — espace naturel touchées par des incendies. Leurs données concernent autant les pompiers et agents de la sécurité civile que les citoyens. L'introduction de leur article présente une revue de littérature riche, avec notamment certaines références de recherches s'étant concentrées sur les décès de pompiers. L'analyse longitudinale proposée porte sur une période longue, 1901-2017. En Australie, les auteurs observent une augmentation significative du nombre de femmes décédées dans les incendies à partir des années 1965 ainsi que du nombre des décès à l'intérieur d'une structure (maison, véhicule). Des données sur la localisation des décès, l'activité des personnes au moment du décès et les conditions météorologiques permettent encore d'enrichir la base de données. Concernant les États-Unis,

les auteurs confirment que 81 % des décès sur la période ont eu lieu en Californie. Les feux les plus dramatiques sont ceux s'étant propagés à une grande vitesse. Concernant particulièrement le Portugal, l'Espagne, la Grèce et la Sardaigne, Haynes et al. (2020) se réfèrent à l'article de Molina-Terrén et al. (2019) pour une présentation de leurs données sur les incendies enregistrés entre 1945 et 2016. En moyenne, 22 % (entre 10,7 et 40,8 % suivant les pays) des décès ont eu lieu dans des zones d'interface habitat — espace naturel.

L'hypothèse selon laquelle les incendies les plus sévères sont ceux qui se propagent le plus vite est également l'objet de l'analyse de Balch et al. (2024). Partant de cette caractérisation du feu par sa vitesse de propagation, les auteurs construisent une base de données qui leur permet de documenter 60 000 incendies sur la période 2001-2020 aux États-Unis. Ils analysent ensuite les feux les plus sévères à partir de leurs caractéristiques techniques (départ du feu, vitesse de propagation, etc.) et de leurs impacts socio-économiques (blessés, morts, coûts, etc.). Ils croisent ainsi des données satellitaires journalières de la NASA, des données historiques américaines provenant de plus de 200 millions de registres fonciers et immobiliers (jusqu'à 4 km de distance des incendies) et les registres gouvernementaux relatifs aux activités de lutte contre les incendies, pour vérifier empiriquement leur hypothèse.

Quelques grands évènements sont responsables de la majorité des victimes. Lors du Black Saturday, en Australie (7 février 2009), 173 personnes ont perdu la vie, plus de 2 000 maisons ont été détruites dans l'État de Victoria (Whittaker et al. 2013), générant plus de 10 100 demandes d'indemnisation, pour un montant total de 1,09 milliard de dollars australiens (cité par Ireton, Iftekhar, et Charlesworth 2014). Ce jour-là, plus de 400 incendies ont éclaté dans tout l'État et la plupart des habitants ont dû réagir sans l'aide directe des services de lutte, largement dépassés (Whittaker et al. 2013). En novembre 2018, le Camp Fire en Californie a fait 85 victimes civiles, détruit 18 800 structures et causé plus de 16,5 milliards de dollars de dommages matériels (Troy et al. 2022). En août 2023, l'incendie de Lahaina (sur l'île de Maui, Hawaii) a causé 101 victimes selon les premiers bilans officiels du Fire Research Institute (bilan consolidé à 98 décès confirmés par les autorités du comté de Maui), et est classé 5e incendie le plus meurtrier de toute l'histoire des États-Unis derrière le Thumb Fire de septembre 1881 (282 décès). Les deux plus grands incendies survenus en janvier 2025 à Los Angeles, Palisades et Eaton ont quant à eux respectivement fait 12 et 19 victimes civiles et détruit plus de 16 000 structures selon les chiffres officiels de Cal Fire.

En Europe, les plus graves incendies des dernières années ont été enregistrés au Portugal avec 66 puis 51 décès dans deux séries d'incendies en 2017, et en Grèce avec 102 morts en 2018 (voir aussi Haynes et al. 2020 ; Molina-Terrén et al. 2019).

Les incendies exceptionnels à l'interface ville — espace naturel se sont ainsi multipliés ces dernières années, en dépit des progrès évidents et des moyens accrus déployés pour leur suppression (Synolakis et Karagiannis 2024). Citons encore les incendies de Valparaiso (Chili) de février 2024 qui ont causé 130 décès, devant le tremblement de terre de magnitude 8,8 de 2010 et le tsunami associé.

À ces morts directes s'ajoutent les conséquences sanitaires liées à l'inhalation de fumées et à la pollution. Dans le cas du Black Summer australien de 2019-2020 par exemple, aux 33 morts directes s'ajoutent plus de 400 décès attribués à l'exposition à la fumée, accompagnés de nombreuses hospitalisations et passages aux urgences pour des maladies cardiovasculaires et respiratoires (Nolan et al. 2021). L'article récent de Miraglia et al. (2025) complète les travaux de Liang et al. (2021) focalisés sur les pollutions de l'air post-incendie à l'intérieur des bâtiments. Il souligne également les conséquences sanitaires critiques des graves incendies de forêt qui ont ravagé le Portugal en septembre 2024 : hausse immédiate des hospitalisations, augmentation des taux de mortalité et conséquences à long terme pour la santé publique.

Dao-Ping Wang et al. (2020) estiment, pour leur part, les coûts de santé liés aux 17 feux les plus sévères ayant eu lieu en Californie en 2018. Ils les répartissent en trois catégories : la mortalité, les frais médicaux et les heures de travail perdues. Enfin, citons encore Dittrich et McCallum (2020) qui proposent une revue de littérature entre 2006 et 2020 sur l'évaluation des problèmes de santé suite aux incendies.

Les victimes civiles directes d'incendie décèdent le plus souvent dans des habitations vulnérables (matériaux inflammables, absence de débroussaillement, habitations légères) ou en cours d'évacuation de dernière minute

(voir Chap. 7, Gestion de crise). Ainsi, selon Joshua Whittaker et John Handmer (2010), 113 des 173 victimes du Black Saturday de 2009 sont décédées dans leur maison selon les rapports de police, et, parmi elles, 69 % s'y étaient abritées de manière passive ; 32 % sont mortes lors d'évacuations tardives (Whittaker et al. 2013). L'enquête par questionnaire des mêmes auteurs auprès de ménages touchés (n = 1314) a examiné les facteurs influençant les pertes humaines et matérielles. Un peu plus de la moitié des répondants (53 %) sont restés pour défendre leurs maisons et leurs biens. Les autres ont soit évacué avant ou au moment de l'arrivée des incendies (43 %), soit se sont réfugiés dans une maison, une structure, un véhicule ou à l'extérieur (4 %). Concernant les dégâts aux habitations, les résultats révèlent un taux de survie de 77 % pour les maisons défendues par un ou plusieurs membres du ménage, contre 44 % pour les maisons laissées sans surveillance.

3.2.2. Impacts politiques et sociaux

3.2.2.1. Les conséquences sociales

Dans la mesure où les impacts sur la santé physique et mentale ont été exclus de ce rapport, les articles retenus portant sur les conséquences des incendies de végétation sur les êtres humains sont peu nombreux. L'article de Jones et Walker (2023) inventorie cependant ces impacts vitaux et sanitaires (décès, blessures, problèmes respiratoires et cardiovasculaires, santé mentale), mais il met aussi l'accent sur les conséquences des changements environnementaux dus à l'incendie, et en particulier le changement de paysage qui entraîne la perte d'un environnement familier (Jones et Walker 2023 ; Kooistra et al. 2018). En effet, les incendies peuvent endommager le lien émotionnel fort (attachement au lieu) que les résidents entretiennent avec leur environnement (Kooistra et al. 2018).

Outre la solastalgie, associée à une détresse psychologique, la modification brutale de l'environnement impacte la relation au lieu, notamment en termes d'identité de lieu, à travers les changements relatifs à la fois à l'apparence, à la composition et aux fonctions du lieu (Kooistra et al. 2018). En effet, le paysage définit une partie de l'identité locale, et l'incendie menace cette identité en détruisant les éléments distinctifs et émotionnellement significatifs du lieu de vie, ainsi que sa continuité (liens avec le passé, mais aussi avec le futur) et sa fonctionnalité qui permettaient à l'individu de se sentir à l'aise et compétent dans ce lieu. Cette menace de l'identité de lieu a des effets négatifs sur le bien-être et la santé mentale des individus : augmentation de la détresse psychologique globale, de la dépression et du stress (Jones et Walker 2023). Ainsi, une étude menée dans 25 zones touchées par des incendies aux États-Unis a montré que plus les individus sont attachés au lieu, moins leur perception du paysage post-incendie est positive. Les autres facteurs qui peuvent s'avérer déterminants de la perception du paysage post-incendie sont d'une part les croyances relatives au rôle écologique du feu, et d'autre part l'évaluation des risques d'érosion post-incendie. Même si la force de ces facteurs varie selon les incendies étudiés, cette étude met en évidence l'importance des connaissances des citoyens relatives au processus de restauration des forêts, connaissances qui peuvent également influencer le soutien des habitants envers certaines mesures de prévention (comme le brûlage dirigé) (Kooistra et al. 2018).

Par ailleurs, les personnes qui vivent à proximité de la zone incendiée ont une perception plus positive de la restauration du paysage que celles qui en sont plus éloignées. Ceci peut s'expliquer par le fait que les résidents proches saisissent mieux les indicateurs directs de la reprise de la végétation, alors que ceux qui sont plus éloignés du périmètre impacté ne perçoivent que les signes persistants de l'incendie. Les auteurs suggèrent alors que la participation à des visites de sites brûlés ou à des programmes de restauration bénévole peut contribuer à de meilleures reconnexions au paysage et perceptions de sa restauration. Ces éléments sont importants car, si les personnes pensent que la destruction du paysage est irréversible, elles peuvent ne pas vouloir revenir sur les lieux (Kooistra et al. 2018). Malgré tout, peu de personnes ont l'intention de déménager après un incendie à cause des dommages (psychologiques et/ou matériels) subis, et ce type de décision ne semble pas déterminé par les caractéristiques socio-démographiques des personnes. C'est plutôt une perception élevée du risque après un incendie qui peut pousser les résidents à envisager de déménager définitivement pour éviter de futurs dangers (Nawrotzki et al. 2014).

Outre ces effets directs et individuels, des travaux documentent les effets collectifs des incendies, y compris ceux indirects et à long terme sur des zones ou des secteurs d'activités qui ne sont pas eux-mêmes affectés par les flammes. L'analyse des conséquences des déplacements de population en 2018 à la suite du Camp Fire à Paradise (Californie) à travers une enquête auprès des responsables locaux, montre par exemple de fortes tensions pendant plusieurs mois sur les services et les infrastructures dans les communes voisines : l'accueil d'urgence des populations déplacées et les besoins de la reconstruction pèsent sur la fourniture d'eau, sur le besoin de logements, génèrent un surcroît d'activité dans le secteur du bâtiment, entraînent la saturation du réseau de transport, etc. Ces tensions n'affectent pas seulement les victimes directes de l'incendie. Elles touchent l'ensemble de la population locale, révélant les interdépendances et des effets en cascade bien au-delà de la zone de l'incendie qui mériteraient d'être davantage anticipés dans les plans locaux de gestion de crise (Spearing et Faust 2020). Si la solidarité communautaire est souvent mise en évidence pendant la crise, des préjugés comme l'idée que les plus aisés n'ont pas besoin d'aide, peuvent néanmoins être observés (Kulig et al. 2013).

Par ailleurs, la reconstruction constitue un processus long et incertain, lui aussi potentiellement porteur de tensions sociales. La reconstruction est en principe guidée par les besoins des victimes mais la lenteur du processus et les difficultés financières et administratives rencontrées sont souvent dénoncées (Ireton et al. 2014). Dans le cas du Black Saturday en Australie, une enquête téléphonique auprès des sinistrés (N = 1380 ménages) de la Fire Recovery Unit (unité spécialisée et temporaire créée pour gérer la reconstruction) en 2012 montrait que si 80,6 % vivaient dans un logement permanent, 19,4 % vivaient toujours dans un logement temporaire plus de deux ans après le sinistre. Parmi ces dernières, un peu plus d'un tiers étaient en cours de reconstruction, un autre tiers avait l'intention de reconstruire mais n'avait pas encore commencé. Cependant, 28,3 % restaient indécis sur leur choix résidentiel plus de deux ans après les incendies (Ireton et al. 2014), ce qui témoigne du fait que certaines victimes ont besoin de beaucoup de temps pour faire des choix (Kulig et al. 2013). Des effets convergents sont décrits dans le cas de Fourmile Canyon, près de Boulder (Colorado) où 165 maisons ont été détruites par l'incendie de 2010. À partir d'un échantillon certes réduit, le processus de reconstruction observé est lent (Mockrin et al. 2015). Trois ans après, seulement 30 % des ménages ayant perdu leur maison ont reconstruit, 20 % étaient en cours de reconstruction et 50 % n'avaient pas commencé.

Certains auteurs soulignent que, parmi les autres répercussions, la perte de logements, de revenus, et les traumatismes touchent de manière disproportionnée les populations socialement défavorisées et autochtones. Ainsi, lors du Black Summer, 38 % des zones touchées par les incendies figuraient parmi les plus défavorisées (Nolan et al. 2021). Les trajectoires résidentielles différenciées contribuent à des dynamiques divergentes, entre processus de paupérisation (Mockrin et al. 2015) ou, au contraire, processus de gentrification selon les contextes (Lambrou, Kolden, et Loukaitou-Sideris 2025).

Les pertes de logements, de revenus et les traumatismes affectent de manière disproportionnée les populations socialement défavorisées, les minorités et les populations autochtones. En étudiant les effets du Thomas Fire, vaste incendie en décembre 2017 dans le comté de Ventura étendu au comté de Santa Barbara (Californie), Méndez et al. (2020) montrent une amplification des inégalités préexistantes car les immigrés et immigrées latinos/latinas et autochtones sans papiers sont exposés de manière disproportionnée aux risques sanitaires, économiques et sociaux liés aux catastrophes. La fumée et la longueur des incendies aggravent des états de santé déjà fragiles chez les travailleurs agricoles et employés à domicile, tandis que l'information, les protections au travail et les aides officielles restent largement inaccessibles à ces populations en raison de barrières linguistiques, de la peur de l'expulsion et de leur exclusion des dispositifs fédéraux de secours. Les perturbations de transport, la pression sur le marché du logement et la perte de revenus rendent la période post-feux beaucoup plus difficile pour ces groupes, illustrant la notion de « slow violence » et de vulnérabilité contextuelle : les incendies ne créent pas l'injustice, mais la rendent plus intense et plus visible.

En Australie, les feux du Black Summer (2019-2020), qui interviennent 10 ans après ceux du Black Saturday, soulignent qu'en zone rurale et périurbaine, les ménages les plus fragiles (près de 40 % des populations qui ont perdu leur logement sont autochtones) subissent des destructions importantes sans avoir les moyens de se réinstaller durablement, ce qui accroît la précarité résidentielle et leur exclusion des lieux en cours de reconstruction. Celle-ci n'est pas un simple retour à la situation antérieure, mais une phase de redéfinition voire de

destruction de la structure sociale, des formes de logement et des priorités d'aménagement dans la zone touchée par les incendies. On enregistre une augmentation des loyers (entre 10 et 13 %) et de la part des ménages les plus pauvres et du surpeuplement des logements dans les espaces concernés. La hausse du travail non rémunéré est visible chez les femmes et les effets en termes de santé mentale (cumulés avec ceux du COVID) sont sensibles (Akter et Grafton 2021).

En Californie, Hino et Field (2023) montrent que les quartiers qui font majoritairement l'expérience d'une haute fréquence des feux sont les plus pauvres, souvent peu ou mal couverts par une assurance, et ce, même si les quartiers théoriquement les plus exposés à un aléa fort sont souvent les plus riches. Deux raisons possibles, qui ne s'excluent pas, sont avancées : d'une part l'effet négatif des feux répétés sur la valeur des biens immobiliers et la paupérisation des populations dans les zones où ils sont fréquents ; d'autre part, le fait que les quartiers les plus riches bénéficient davantage d'investissements de prévention et de protection et peuvent éviter la survenue d'incendies d'ampleur. Les deux facteurs peuvent se cumuler, l'appauvrissement des populations les conduisant à moins investir dans la prévention, ce qui pourrait induire un cercle vicieux et favoriser le développement des incendies (Hino et Field 2023) (voir Chap. 3, Vulnérabilité). Cette variabilité de la valeur des biens immobiliers impactée par l'importance financière accordée aux programmes de réhabilitation post-incendie et la question sous-jacente de la gentrification est reprise dans la littérature sur les coûts économiques plus loin dans la section consacrée aux impacts économiques sur les valeurs immobilières.

Plusieurs travaux pointent des iniquités systémiques dans les dispositifs d'alerte, d'évacuation et de récupération post-crise (Davies et al. 2018 ; Méndez et al. 2020 ; Xu, Nair, et Waller 2025) comme dans le cas de Paradise (voir le zoom sur les conséquences sociales de l'incendie de Paradise ci-après) ou des incendies en Australie. En termes d'impacts, Xu et al. (2025) dénoncent ces iniquités lors des incendies de 2025 à Los Angeles. Ils soulignent l'accès des résidents de quartiers riches à des alertes précoces, des véhicules privés, des logements alternatifs pendant que les habitants des quartiers pauvres faisaient face à des délais, des moyens de transport limités et des abris publics surpeuplés. Ils soulignent également les tensions éthiques dans la priorisation de l'aide à l'évacuation entre différents publics : touristes privilégiés face aux locaux en Australie, personnes âgées prioritaires mais handicapés et locuteurs non anglophones oubliés à Los Angeles par exemple.

Zoom sur les conséquences sociales de l'incendie de Paradise (Californie)

Le cas de Paradise permet de montrer que le feu représente une catastrophe multidimensionnelle combinant mortalité, déplacement massif des populations, notamment les plus vulnérables et locataires, destruction du logement (18 800 bâtiments endommagés ou détruits), perturbation des infrastructures, crise sociale et processus de reconstruction fortement inégalitaire.

Les conséquences d'un incendie ne se limitent pas aux pertes matérielles, mais reconfigurent durablement les trajectoires résidentielles, les rapports sociaux et l'aménagement urbain. Ici, la reconstruction n'est pas socialement neutre : elle a favorisé les ménages les mieux dotés en ressources et créé une précarisation résidentielle pour une grande partie des habitants, notamment racisés, avec pour certains une période de mal-logement, voire de sans-abrisme.

Par ailleurs, les dommages sur les infrastructures (écoles, hôpitaux, services publics) ont aussi des effets sur le lien social au sein de la communauté. Paradise est un exemple de recomposition sociale et résidentielle du territoire urbain post-incendie, la catastrophe jouant un rôle de tri/filtre social et territorial et d'amplificateur des inégalités préexistantes (Lambrou et al. 2025).

3.2.2.2. Les conséquences politiques

La survenue d'incendies et de dégâts de grande ampleur est également propice au déclenchement de polémiques et de conflits. L'étude de Carroll et al. (2006) menée dans six zones affectées par des incendies aux États-Unis à travers 314 entretiens avec des acteurs individuels et institutionnels, montre que ces conflits liés aux incendies portent sur six grandes thématiques : le processus d'évacuation ; les informations délivrées à la

population par les autorités ; la stratégie des équipes de secours ; l'utilisation ou non des ressources et des connaissances locales en matière de lutte contre les incendies par les renforts extérieurs ; la résurgence de conflits environnementaux antérieurs ; et enfin, l'utilisation des aides pendant et après la crise et l'équité de leur distribution. Un des schémas récurrents étant l'opposition entre locaux et intervenants extérieurs à la zone touchée, même quand la nécessité de l'intervention extérieure est reconnue et même dans les cas où la majorité de la population se déclare satisfaite de l'intervention des autorités (Carroll et al. 2006).

De fait, les incendies catastrophiques amènent souvent à questionner les politiques publiques de prévention et de gestion de crise (Whittaker et al. 2013). Ce fut notamment le cas en Australie suite au Black Saturday de 2009 (McLennan et Handmer 2012) et au Black Summer de 2019-2020 (Nolan et al. 2021).

À la suite des incendies de 2009, la Commission royale australienne a examiné l'action publique avant et pendant la crise, et notamment le partage des responsabilités entre pouvoirs publics et citoyens dans la protection de ces derniers. Elle a souligné que la responsabilisation des citoyens ne devait pas conduire à les abandonner à leur sort, en particulier les populations vulnérables (McLennan et Handmer 2012). La Commission a ainsi critiqué la doctrine *Stay Defend or Leave Early* pour son inadéquation à la diversité des situations et des vulnérabilités, conduisant à une approche révisée intitulée *Prepare. Act. Survive* (voir Chap. 7, Gestion de crise). Cette approche met l'accent sur la préparation matérielle et psychologique, l'amélioration des systèmes d'alerte, la meilleure prise en charge des populations vulnérables et la diversification des options d'abri pour éviter des évacuations tardives très dangereuses (Handmer et O'Neill 2016 ; Whittaker et al. 2013).

Le bilan dressé par Nolan et al. (2021) souligne de son côté que les dépenses liées à la gestion des incendies dans le sud-est de l'Australie dépassent annuellement un milliard de dollars australiens et ont connu une augmentation de l'ordre de 10 à 30 % durant le Black Summer. Les auteurs considèrent que l'augmentation nécessaire pour atténuer significativement l'impact d'autres saisons de même magnitude représenterait un fardeau considérable, et probablement irréalisable, pour les dépenses publiques (Nolan et al. 2021).

Les bilans tirés de ces incendies catastrophiques et la réponse aux polémiques ouvrent ainsi des fenêtres d'opportunités pour interroger et faire évoluer les modes de gestion du risque (Mockrin, Fishler, et Stewart 2018). C'est cette situation qu'étudie par exemple Labossiere et McGee (2017) dans deux communautés canadiennes (2 000 et 85 000 hab. en Colombie-Britannique), identifiées comme innovantes en matière de réduction du risque car allant au-delà des dispositifs réglementaires. L'étude montre la fenêtre d'opportunité ouverte par la menace d'incendies en 2003 qui a contribué à la mobilisation de la société locale. Pour autant, les zones très fréquemment marquées par les incendies ne sont pas forcément celles où la réaction après une catastrophe est la plus forte : le lien entre expérience de l'incendie et capacité à s'adapter est complexe avec des cas où les populations se résignent à vivre avec le feu et ses dégâts ou n'ont pas la capacité de s'adapter (Mockrin et al. 2018). L'étude canadienne de Labossiere et McGee (2017) montre d'ailleurs un paradoxe : seules les communes les plus à risque peuvent bénéficier de subventions, or la réalisation de travaux de prévention, faisant diminuer le risque, elles deviennent inéligibles, ce qui peut à terme limiter la pérennité de la mobilisation.

Il existe enfin toute une littérature scientifique portant sur la nature des désastres et leurs conséquences politiques.

Petits et grands désastres ont des conséquences diffuses sur les comportements électoraux, en particulier lorsqu'il s'agit de désastres « naturels » (Albrecht 2017). Ceux-ci sont généralement présentés comme imputables au destin (*Acts of God*), mais la responsabilité du personnel politique est peu souvent engagée, sauf lorsque le désastre est identifié comme conséquence de négligences caractérisées, en particulier au niveau local. Seuls des évènements exceptionnels par leur gravité peuvent modifier les équilibres. Blâmer les responsables politiques et les gouvernements pour leur inefficacité participe à la réduction du stress des populations affectées, mais les choix électoraux sur le moyen terme ne semblent pas ou peu affectés. Les incendies catastrophiques provoquent une crise morale et médiatique rapide, mais le mécontentement s'érode avec le temps.

Il arrive toutefois que des désastres se transforment en crises politiques aiguës (Morehouse et al. 2011). À l'été 2007, des milliers d'incendies ont ravagé la Grèce (Péloponnèse et Eubée) faisant au moins 84 morts et des milliers de sinistrés. Des villages entiers sont détruits, des dizaines de milliers de personnes restent sans toit.

L'ampleur des feux a obligé l'exécutif à déclarer l'état d'urgence national. Des manifestations de grande ampleur ont eu lieu à Athènes et Salonique dénonçant l'incurie gouvernementale. Bien qu'affaiblie, la majorité au parlement a cependant résisté aux élections anticipées de septembre 2007. Les feux meurtriers de juillet-août 2018 en Attique (Mati) sont un autre exemple de questionnement politique sévère (Triantafillidou et Yannas 2023). L'évènement a dominé le débat politique grec pendant des semaines, des critiques très fortes ont été posées à l'encontre du gouvernement, dans sa capacité à gérer la prévention et l'organisation de la protection civile. Le gouvernement d'Alexis Tsipras a fait les frais de nombreux constats d'échec : inefficacité de la réponse, absence d'évacuation coordonnée et manque de moyens face à l'ampleur du désastre. Lors des élections législatives de juillet 2019, l'affaiblissement politique significatif du parti au pouvoir a conduit à sa défaite électorale (Triantafillidou et Yannas 2023).

Au Portugal, les incendies meurtriers et dévastateurs de juin-octobre 2017 (y compris Pedrógão Grande) ont été une charnière politique. En octobre, le gouvernement a fait face à une motion de défiance au parlement. Le ministre de l'Intérieur a dû démissionner. Par la suite, différentes mesures ont été adoptées, plaçant la politique forestière au centre des priorités nationales.

Les travaux sur le sujet montrent que la réponse des systèmes politiques face aux catastrophes dépend de multiples facteurs contextuels, notamment : (a) le degré de responsabilité imputable aux institutions publiques ; (b) la perception d'une rupture du contrat de protection envers les populations ; et (c) l'existence de mécanismes institutionnels de sanction politique immédiate. Selon certaines analyses, le contexte portugais post -2017 illustrerait une sensibilité accrue où la catastrophe peut rapidement être requalifiée en défaillance de l'exécutif appelant des démissions ministérielles. À l'inverse, en Grèce, des travaux suggèrent que les structures politiques présenteraient une certaine capacité d'absorption électorale des crises, les dysfonctionnements étant parfois relativisés au regard de contraintes administratives chroniques (Gonçalves, Borges, et Marques 2021 ; Kocher et Butsic 2017). En France, les bilans humains directs sont demeurés relativement faibles lors des événements récents, ce qui n'a pas conduit à des crises gouvernementales comparables.

En Grèce, selon une étude, la mauvaise gouvernance qui culmine dans les périodes pré-électorales accroîtrait même significativement le risque incendie (Skouras et Christodoulakis 2014). Les périodes de campagnes électorales accentuent les défauts de gouvernance et promeuvent certains intérêts particuliers aux dépens d'autres, collectifs, à travers les distorsions de politiques redistributives. Ces intérêts particuliers se focalisent sur les zones d'interface ville — espace naturel, où enjeux financiers et politiques sont parmi les plus importants. Les superficies incendiées seraient 2,5 fois supérieures pendant les années électorales. Il s'agit là d'un effet historique de relâchement sélectif d'application de la loi, comme l'illustre la figure 4 ci-après (Skouras et Christodoulakis 2014).

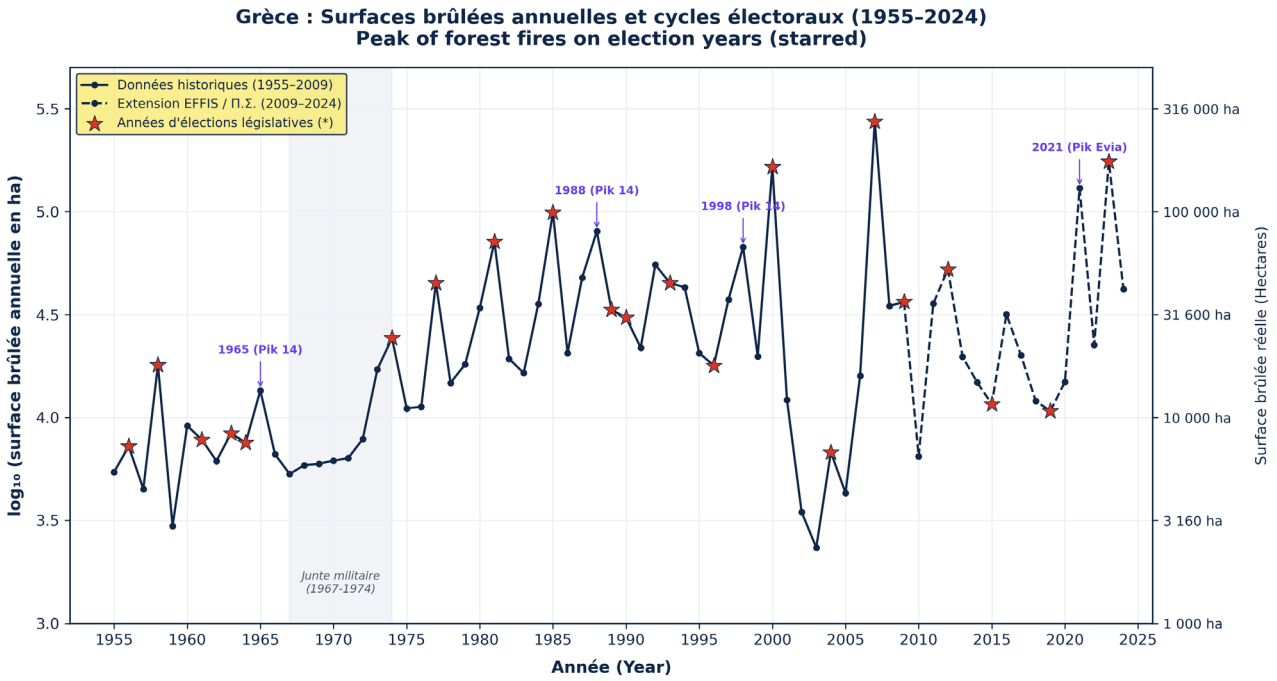


Figure 4 : Cycles électoraux et superficies forestières incendiées en Grèce (1983-2008) (Source : Skouras et Christodoulakis 2014).

Traditionnellement, les périodes électorales sont particulièrement chargées en régularisations ou dérogations aux règles, en particulier en matière de droits à construire, et plus spécifiquement dans les périphéries urbaines des principales agglomérations (Athènes, Salonique). Les auteurs soulignent en 2014 que 400 000 logements avaient été construits dans des zones anciennement qualifiées de « forêt ». Dans la périphérie athénienne, 50 % des zones forestières auraient été requalifiées pour permettre les constructions. Les enjeux financiers sont gigantesques (transition d'un statut de protection forestière, faible valorisation, vers la constructibilité, explosion des prix du foncier). Même si l'analyse porte sur le contexte spécifique grec, des processus similaires liés à des mécanismes de redistribution sélective ont été observés dans d'autres pays, en particulier les États-Unis.

Dans tous les cas, les médias et leur manière d'appréhender les incendies et autres désastres environnementaux jouent un rôle central dans la gestion des conséquences politiques des crises (Tutan 2025). En Grèce, les incendies ont nourri un narratif du blâme (Hood 2011) orienté autour de cinq thèmes récurrents : activités des migrants, mauvais management gouvernemental, changement climatique, incendies criminels et guerre. Les désastres sont donc des thématiques « perméables », qui s'entrecroisent avec diverses autres questions politiques dans les débats publics. Ceci accrédite et sous-tend un contrôle accru du gouvernement sur les médias et le narratif (Karyotakis et Lo 2024).

Si les systèmes politiques présentent finalement une résilience plus ou moins forte face aux catastrophes, dans le domaine judiciaire, différentes actions ont été intentées. En Grèce, après Mati, le vice-ministre à la Protection civile, le secrétaire général de la Protection civile, le chef du Service des incendies et le directeur de la Police ont été contraints à la démission (Synolakis et Karagiannis 2024). Des poursuites judiciaires pour négligence ont été engagées par les victimes et leurs familles. Après 4 années d'investigation criminelle, un procès a eu lieu à partir d'octobre 2022 : parmi les 21 agents d'État, élus et non-élus confondus, poursuivis pour actes de félonie, 6 ont été reconnus coupables d'homicide involontaire.

3.2.3. Impacts économiques

Les coûts économiques mondiaux liés aux feux comptabilisés entre 2000 et 2025 sont présentés sur la figure 5 ci-dessous (source : EM-DAT, U. Louvain, 2025).

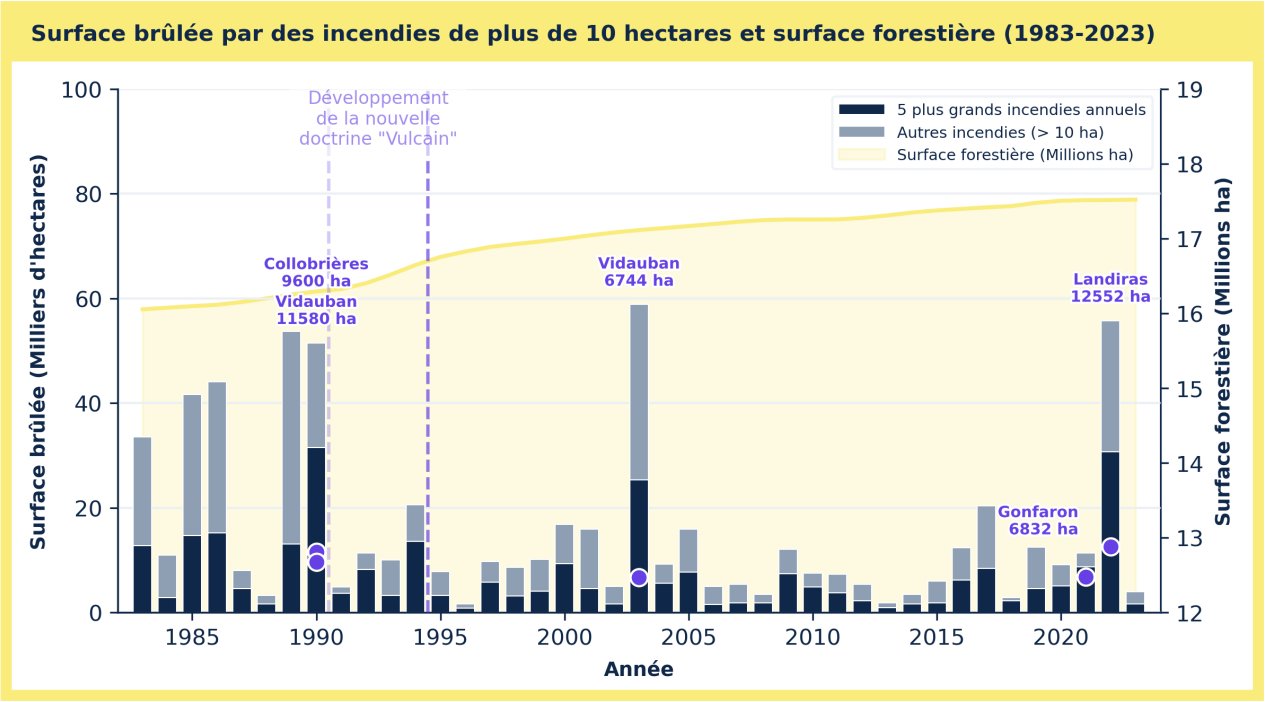


Figure 5 : Pertes économiques mondiales dues aux incendies entre 2000 et 2025 (Source : EM-DAT, U. Louvain, 2025).

Ces coûts totaux peuvent être scindés en coûts directs et en coûts indirects. Les premiers concernent les atteintes physiques aux personnes (décès, blessés), les impacts sur l'habitat (bâtis brûlés, valeur des maisons après l'incendie), sur les infrastructures (réseau routier par exemple) et les coûts de lutte contre les incendies. Leur évaluation fait l'objet d'un grand nombre d'articles empiriques, dont les analyses se concentrent en majorité sur la Californie. Un plus petit nombre d'articles s'intéressent à d'autres régions des États-Unis, ainsi qu'à l'Australie et l'Europe méditerranéenne (le Portugal en particulier). La question de la valeur des habitats avant/après incendie, en particulier, est assez fortement documentée. Ceci explique qu'une section lui est consacrée plus bas. Les coûts indirects sont moins étudiés, alors qu'ils constituent souvent la majorité de la charge financière. Ils portent sur l'impact des feux sur le marché du travail, sur la reconstruction, le capital productif, les systèmes de transport, la croissance économique régionale, voire nationale, sur les impacts sanitaires également que nous évoquons en introduction de ce chapitre.

3.2.3.1. L'impact des incendies sur les valeurs immobilières

La destruction des habitations reste l'une des conséquences directes les plus visibles et les plus impactantes pour les habitants, impliquant à la fois des aspects affectifs et financiers (Lee, Ma, et Li 2022). Pour les États-Unis, il est démontré que c'est dans la zone d'interface ville — espace naturel que se situent la plupart des destructions d'habitations, en particulier dans les États (comme la Californie) où les pertes sont les plus importantes (Kramer et al. 2018). La proximité à l'interface est d'ailleurs un facteur déterminant de la propension d'un incendie à engendrer la destruction de bâtiments en Californie (Syphard et al. 2022). Les coûts de réparation et de construction peuvent s'avérer conséquents pour les foyers les plus vulnérables financièrement, qui sont également ceux n'ayant pas d'assurance ou une assurance inadaptée. Si, pour la plupart des habitants, l'assurance permet de ne pas être en difficulté financière après un incendie, ce sont effectivement les plus vulnérables financièrement, mal ou pas assurés, qui ne sont pas en mesure de reconstruire ou de réparer leur habitation après l'incendie (Lee et al. 2022).

Un grand nombre de recherches empiriques, notamment aux États-Unis, a porté sur l'évolution de la valeur des habitations avant et après un incendie, en contrôlant les autres événements et caractéristiques qui pourraient l'influencer.

La méthode des prix hédoniques, connue dans le domaine de l'évaluation contingente (ici, à l'incendie), est très souvent mobilisée. Cette méthode d'évaluation consiste à considérer que le prix de vente d'une maison peut être décomposé en fonction du prix de chacune des caractéristiques observées de la maison. Lorsque des facteurs tels que le risque d'incendie sont inclus dans le modèle, son coefficient estimé révèle le prix que les individus doivent recevoir en compensation pour accepter ce risque, ou la valeur qu'ils lui accordent.

En utilisant cette méthode, Kiel et Matheson (2018) s'intéressent à l'incendie de Fourmile-Lefthand Canyon (comté de Boulder, Colorado) qui a détruit 169 maisons et causé 217 millions de dollars de dommages matériels en septembre 2010. Les auteurs montrent que le prix des maisons dans les zones à très haut risque, mais non touchées, accuse une baisse après l'incendie allant jusqu'à 21,7 % par rapport aux zones de risque faible. Les auteurs suggèrent qu'il est possible qu'avant l'incendie, la valeur que les acheteurs dans cette zone accordaient à des équipements tels que la vue et l'isolement était supérieure à celle qu'ils accordaient à la sécurité. Après qu'ils ont constaté ce qu'un incendie peut causer, il semble que ces pondérations se soient inversées. Leur perception du risque a ainsi évolué. En revanche, la perception du risque ne semble pas avoir changé pour les acheteurs dans les zones à risque élevé et moyen du comté de Boulder. L'impact financier sur les prix des maisons dans les zones à risque (moyen, fort et très fort) mais non touchées est important et évalué à 26 millions de dollars de baisse sur les valeurs immobilières (100 000 dollars en moyenne par maison sinistrée), des montants à rajouter aux 217 millions de pertes assurées suite aux incendies concernés par l'analyse.

Leurs résultats sont proches de ceux de bon nombre d'articles des années 2000 à 2017, qu'ils présentent dans leur revue de littérature.

Les articles plus récents de Dong (2024), de Hennighausen et James (2024) et de Shi et al. (2022) présentent des résultats qui complètent ceux de Kiel et Matheson (2018). En particulier, Dong (2024) travaille sur une base de données californienne relative à plus de 500 incendies majeurs ayant eu lieu sur une période de 6 ans. Ces données longitudinales lui permettent d'analyser l'évolution de la valeur des maisons dans les mêmes quartiers pendant 12 années consécutives (2010-2021). Il compare celles qui ont été brûlées au moins partiellement et celles qui sont dans un voisinage éloigné de moins de 5 miles (8 km) des zones d'incendies identifiées sur la période. Pour ces dernières maisons, son résultat principal fait ressortir une baisse statistiquement significative de 2,2 % de leur valeur. L'article de Dong (2024) constitue une contribution majeure dans la littérature en raison de l'ampleur de sa base de données, de la rigueur de sa méthodologie et de l'état de l'art approfondi proposé dans son introduction. La méthodologie est, par ailleurs, transposable à l'analyse de bases de données françaises.

Hennighausen et James (2024) intègrent dans leur analyse les effets migratoires de l'incendie de Camp Fire Paradise (Californie, 2018), qui a détruit plus de 18 000 structures et déplacé environ 50 000 personnes. En contrôlant l'effet (accroissement de la) taille des maisons et l'augmentation du prix du fait de la (re)construction récente, les auteurs montrent ainsi qu'au cours des six semaines qui ont suivi l'incendie, les prix dans la zone touchée ont, au contraire, augmenté d'environ 25 %. Les effets s'estompent à mesure que la distance par rapport à l'incendie augmente, et sont positifs jusqu'à 160 kilomètres. Dans cette étude le caractère particulièrement dramatique de l'incendie (plus de 50 morts, 9 maisons sur 10 brûlées) est impactant par rapport à d'autres incendies pour lesquels les habitants ont pu regagner des habitations endommagées mais réparables. Les auteurs suggèrent ainsi que la hausse des prix peut correspondre à une prise de conscience du risque réel qui, après un incendie aussi sévère, diminue à court terme faute de combustibles disponibles.

Enfin, Shi et al. (2022) obtiennent que la présence d'un district incendie (une société publique créée pour assurer la protection contre les incendies et qui a le pouvoir de contracter des dettes et de prélever des impôts aux États-Unis) dans une zone habitée d'interface augmente encore la valeur des habitations toutes choses égales par ailleurs.

La valeur des maisons post-incendie est également une information utile dans l'analyse du type de population qui construit ou reconstruit dans la zone sinistrée. La question de la gentrification, évoquée plus haut dans la section sur les conséquences sociales et qui se caractérise par un afflux de nouveaux résidents disposant de revenus et d'un niveau d'éducation plus élevés dans la région touchée par le feu, a fait l'objet d'un petit nombre

d'articles de recherche, dont les résultats sont discutés dans Lambrou et al. (2025). Ces auteurs s'intéressent à la manière dont le budget de reconstruction mobilisé par l'État fédéral après l'incendie de Camp Fire Paradise 2018 (Californie), qui est estimé à plus d'un milliard de dollars, a favorisé l'installation ou la réinstallation de catégories socio-professionnelles plus riches que celles qui y vivaient avant l'incendie. Lambrou et al. (2025) ont croisé plusieurs bases de données de recensement, de reconstruction, immobilières et fiscales, et ont mené 35 entretiens semi-structurés auprès de personnes et institutions impliquées de manière centrale dans le processus de reconstruction. Leurs résultats empiriques montrent que la valeur médiane des maisons était plus faible à Paradise avant mais également après l'incendie que dans la ville voisine de Chico et dans la capitale de l'État, Sacramento, située à 145 km. En revanche, cette valeur médiane a augmenté à un rythme nettement plus élevé qu'à Chico et Sacramento après l'incendie.

Concernant le déplacement des populations, cinq ans après l'incendie Camp Fire, seuls 35 % des ménages propriétaires avant l'incendie avaient reconstruit leur maison, alors qu'une majorité souhaitait revenir. Un grand nombre de ceux qui n'ont pu se réinstaller ont été identifiés comme socialement vulnérables.

Les auteurs concluent que le budget alloué a permis aux anciens et nouveaux résidents socialement favorisés de reconstruire dans la zone touchée par l'incendie, mais a créé des obstacles pour de nombreux résidents de longue date socialement vulnérables qui souhaitaient faire de même (procédures de demande complexes et longues, manque de communication claire et accessible, exigences strictes en matière de documentation, etc.). Les subventions fédérales ont ainsi largement contribué à la gentrification de la région touchée par l'incendie selon l'analyse de Lambrou et al. (2025).

Les recherches présentées portent majoritairement sur l'évaluation des valeurs immobilières avant et après un événement incendie enregistré. Les résultats sont contrastés selon que l'événement est considéré comme très grave (avec décès humains et/ou un grand nombre de maisons détruites) ou non. Ils peuvent également être mis en perspective avec ceux, certes plus datés mais bien publiés et originaux, de Donovan et Brown (2007). Les auteurs cherchent à mesurer l'effet de la publication, en juillet 2002, de cotes de risques d'incendie sur les valeurs immobilières dans les zones d'interface ville — espace naturel de Colorado Springs. L'étude a été permise par la mise à disposition du public d'évaluations du risque d'incendie pour 35 000 parcelles résidentielles situées en zone d'interface ville — espace naturel. Ces évaluations, construites autour de 25 variables différentes, ont été effectuées et publiées par les services de lutte contre l'incendie de Colorado Springs (*Colorado Springs Fire Department*). L'hypothèse de travail testée est celle d'une sous-estimation du risque incendie dans les prix immobiliers avant la publication de l'évaluation. Cette sous-estimation serait due, selon les études empiriques citées par les auteurs, à la transformation du paysage suite à la déforestation de certaines zones pour permettre la construction d'habitats, à l'absence d'estimations fiables des risques début des années 2000, ainsi qu'aux primes d'assurance habitation qui ne tiennent pas compte du risque d'incendie de végétation. Comme dans la majorité des articles qui ont porté sur les valeurs immobilières à partir des années 2000, les auteurs ont utilisé la méthode des prix hédoniques. Ils ont ainsi pu montrer qu'avant la publication de l'évaluation, les cotes de risque attribuées aux habitations étaient positivement corrélées à leurs prix : la valeur des aménités (paysage, vue, présence d'arbres, de verdure, proximité avec la forêt) rattachées à une parcelle ayant été prise en compte dans l'évaluation, les auteurs suggèrent que les valeurs d'agrément positives des habitats et les caractéristiques du quartier expliquaient une grande partie du prix de l'immobilier avant la publication, au détriment du risque réel d'incendie. Cette corrélation positive n'est plus observée après la publication de l'évaluation, ce qui suggère que la disponibilité des notes de risque d'incendie de végétation au niveau des parcelles a contribué à une prise de conscience accrue de ce risque.

Enfin, il est intéressant de citer les travaux de Dulin et al. (2025) qui analysent l'impact potentiellement aggravant du risque secondaire d'inondation post-incendie dans divers contextes géographiques, climatiques et météorologiques. Ils proposent ainsi une nouvelle méthode pour prendre en compte ces risques en cascade et quantifier l'effet potentiellement aggravant sur les coûts directs, en particulier sur les valeurs immobilières.

3.2.3.2. Les coûts directs de la lutte et de la réhabilitation

Deux autres types de coûts directs sont très étudiés dans la littérature : ils concernent la lutte contre l'incendie, ainsi que les investissements publics déployés pour la reconstruction et la réhabilitation des sites.

La densité plus ou moins forte des habitations influence fortement le coût de la lutte. Gude et al. (2013) étudient cet impact dans la région du Sierra Nevada en Californie. Leur échantillon comprend 303 jours d'informations sur les coûts totaux de lutte et les caractéristiques de 27 incendies. Le point différenciant de leur étude tient à la caractéristique journalière de leurs données sur les coûts, là où la plupart des analyses antérieures utilisent des données agrégées sur plusieurs jours, voire sur toute la période de l'incendie. Le résultat principal ne diffère pas pour autant : la présence des habitations, ainsi que leur valeur, ont un impact positif statistiquement significatif sur le coût de lutte contre les incendies.

L'interprétation de leurs résultats quantitatifs est particulièrement instructive. Un doublement du nombre de maisons (augmentation de 100 %) situées dans un rayon de six miles (9,65 km) autour d'un incendie est associé à une augmentation constante (en pourcentage) de 7 % des coûts de lutte contre les incendies. Ces chiffres signifient ainsi que le coût supplémentaire de lutte contre les incendies par habitation tend à être plus élevé si le nombre d'habitations passe de 10 à 20 plutôt que de 1 010 à 1 020 par exemple. Une explication suggérée par les auteurs tient à l'effort déjà engagé par les pompiers pour éteindre l'incendie. Un autre chiffre intéressant est celui du coût moyen quotidien de la lutte contre l'incendie dans leur échantillon : il s'élève à 816 439 dollars par jour.

La question du développement de l'habitat dans les zones d'interface ville — espace naturel en lien avec les coûts de lutte contre les incendies doit ainsi s'analyser au regard de la taille de la population déjà installée et du nombre de structures déjà existantes. Ceci implique, selon les auteurs, l'utilisation d'un zonier et pose la question de sa pertinence au regard des effets de concentration de populations dans des zones vulnérables.[2]

Il est important de noter que la grande majorité des études qui portent sur l'évaluation des coûts directs utilise des données réelles et permet de calculer des coûts moyens de lutte par habitat (rapportés à la densité de la zone considérée) ou par hectare de végétation brûlée. Les travaux de Belgodere et al. (2023) apportent deux éléments nouveaux. Le premier concerne le terrain : celui de la France et, plus particulièrement de la Corse, qui concentre 36 % des zones brûlées dans les départements méditerranéens français depuis 1973. Le second élément porte sur le type de coût étudié : les auteurs s'intéressent, non pas au coût moyen, mais au coût marginal de l'incendie. La question posée est celle du coût additionnel, à la hausse ou à la baisse par rapport au coût moyen, qu'un temps donné plus long d'incendie (1 heure par exemple) génère. Une telle étude peut être menée à partir de différentes simulations construites à partir de données de feux réels. Leur étude confirme que le coût marginal de l'incendie augmente dans le temps, les zones touchées par l'incendie dans ses dernières heures étant souvent les plus valorisées et les mieux protégées ex ante.

Ce coût additionnel évalué peut ensuite être mis en perspective avec le bénéfice d'une lutte précoce plus intense, autrement dit avec son bénéfice marginal.

En marge de ces études sur données réelles, il est intéressant de citer les travaux assez récents de Panagiota Papakosta et al. (2017) qui permettent de se libérer du besoin de bases de données les plus complètes possibles. Les auteurs proposent en effet une méthodologie de quantification des pertes économiques liées aux habitations sans avoir toutes les données, voire aucune donnée, mais en utilisant des distributions de probabilité sur les variables explicatives. L'objectif de leur modèle prédictif est d'être mobilisable sur un très grand nombre de sites sans que des études sur le terrain aient besoin d'être réalisées. Les distributions sont construites à partir de données réelles et de connaissances d'experts. Les variables expriment les caractéristiques du risque, les habitations exposées et leur vulnérabilité, ainsi que la lutte contre les incendies. Les auteurs appliquent ensuite leur

[2] Très récemment, le gouvernement californien a avancé sur la question de la définition de zones vulnérables au regard du comportement des assureurs qui, pour certains, ont décidé de quitter le marché californien (cf. le dossier du New York Times paru le 1er novembre 2025). L'état de l'art sur cette question de l'assurance est présenté dans le chapitre 6 de ce rapport.

modèle à l'île de Chypre. Les paramètres du modèle (distributions de probabilité initiales) sont élaborés à partir à la fois de données et de connaissances d'experts.

Outre le déploiement de ressources importantes sur les zones qui brûlent, la lutte contre les incendies se matérialise également en amont de l'incendie par le déclenchement de feux dirigés, dont les caractéristiques sont présentées dans le chapitre 6. Ils constituent en effet des moyens de prévention connus des incendies et présentent des coûts qui augmentent en présence d'une zone d'interface ville — espace naturel. Ce dernier constat a fait l'objet d'une des premières analyses quantitatives de l'impact des zones d'interface ville — espace naturel sur les coûts des feux dirigés par Berry et al. (2006), la toute première citée dans la littérature étant celle de Rideout et Omi (1995).

En considérant les données relatives aux projets de gestion des combustibles dans les États de l'Oregon et de Washington en 2000, 2001 et 2002, Berry et al. (2006) montrent que le coût des feux dirigés augmente de 139 % entre une zone non considérée comme une zone d'interface ville — espace naturel et une zone d'interface. Selon eux, il devient essentiel de se poser la question du financement des plans de brûlages dirigés lorsque ces derniers servent prioritairement à protéger des habitats privés. Ils remettent ainsi en question le mode de financement des programmes fédéraux par la fiscalité dans les zones d'interface ville — espace naturel et suggèrent que les propriétaires dans les zones vulnérables soient les premiers financeurs ciblés.

Enfin, si la plupart des articles portent leur attention sur les habitations privées, Luís Mário Ribeiro et al. (2020) et Lopes et al. (2022) cherchent à évaluer les dommages au bâti industriel. L'analyse de Luís Mário Ribeiro et al. (2020) a porté sur les structures artificielles dans la zone touchée par l'incendie de Pedrógão Grande au Portugal en 2017. Sur les 1043 structures analysées, environ 75 % relèvent de bâtiments à usage professionnel. En termes relatifs, le pourcentage le plus élevé de destruction de bâti professionnel a été observé dans les entrepôts agricoles (54,1 %) et les installations industrielles (53,3 %), avec des pourcentages pratiquement identiques au taux de destruction des structures vacantes (54,5 %), comme les résidences secondaires par exemple. Le nombre d'unités concernées diffère fortement, en revanche (72 pour les structures vacantes, 40 pour les structures agricoles et 8 pour l'industrie). Le montant des dégâts par unité détruite est également hétérogène.

Lopes et al. (2022) étendent l'analyse aux incendies de Pedrógão Grande et de Góis réunis ayant causé 64 décès, ravagé 490 bâtiments résidentiels et près de 50 bâtiments industriels. Les auteurs ont étudié six sites industriels sur la base de rapports techniques universitaires rédigés après les incendies de 2017, ainsi que de visites de ces sites effectuées par les auteurs eux-mêmes en 2020 (36 bâtiments ont été visités sur les 6 sites inspectés après reconstruction). Leur article dresse un panorama riche d'informations quant à l'impact des différents matériaux utilisés avant, mais également dans la reconstruction, sur la vulnérabilité des bâtiments industriels. Les auteurs soulignent que ces matériaux se retrouvent dans les constructions industrielles en Europe en général, ce qui rend leur étude intéressante pour la France en particulier. Par ailleurs, le fait de s'intéresser spécifiquement aux zones d'interface industrielles confère à cette étude une utilité scientifique supplémentaire eu égard à la situation des zones d'interface industrielles françaises, comme celle de la région de Marseille.

3.2.3.3. Les dommages indirects : les coûts les plus importants

Les coûts (ou dommages) indirects sont moins souvent analysés dans la littérature scientifique, alors qu'ils constituent très souvent la part la plus importante du coût total, comme le montre la littérature que nous présentons ici. Rappelons que les coûts indirects englobent l'impact de la destruction du capital productif, de l'interruption des systèmes de transport, de l'offre de main-d'œuvre, ou du chômage technique sur l'activité économique de la région touchée et des régions plus ou moins proches.

Dao-Ping Wang et al. (2020) combinent des modèles physiques, épidémiologiques et économiques sur les données des incendies californiens de 2018 pour estimer, outre la valeur des biens détruits et endommagés et les coûts sanitaires liés à la pollution atmosphérique, les pertes indirectes dues à des perturbations économiques des chaînes d'approvisionnement régionales et nationales (80 secteurs analysés dans les 58 comtés de Californie et dans le reste des États-Unis). Leurs estimations montrent que les dommages totaux se sont élevés à 148,5 milliards de dollars, ce qui correspond à 1,5 % du PIB (Produit Intérieur Brut) annuel de la Californie en 2018 et à 0,4 % du PIB américain. Ces coûts indirects représentent à eux seuls 59 % du coût total

(88,6 milliards de dollars). Les pertes en capital (infrastructures, habitats) s'élèvent quant à elles à 27,7 milliards de dollars (19 %) et les coûts de santé à 32,2 milliards de dollars (22 %). Par ailleurs, les auteurs montrent que ces coûts indirects affectent souvent des secteurs industriels et des lieux éloignés des incendies (plus de la moitié des pertes indirectes se sont produites en dehors de la Californie).

Sur le marché du travail plus spécifiquement, toujours à partir de données californiennes relatives aux incendies de 2008 dans le comté de Trinity, les travaux de Davis et al. (2014) constituent une référence particulièrement détaillée.

Leur hypothèse de travail originale énonce le fait que les efforts de lutte contre les incendies peuvent également stimuler l'activité économique, en particulier lorsque cette lutte mobilise des ressources locales. Les auteurs ont mené des entretiens semi-structurés et ont analysé les journaux et les rapports des agences afin de faire émerger des thèmes clés, pour lesquels ils ont ensuite collecté des données. Celles-ci ont été croisées avec les données récoltées sur le marché du travail entre 2004 et 2008.

Les résultats (voir figure 6) font état d'une croissance trimestrielle de l'emploi dans le comté et une croissance moyenne des salaires d'environ 4 % de plus que prévu avant incendie pendant les périodes où des opérations de lutte contre les incendies ont été menées. Aucun effet significatif des incendies n'a, en revanche, été obtenu sur la croissance de l'emploi fédéral, alors que la moyenne trimestrielle des salaires des employés fédéraux a été supérieure de près de 22 % aux prévisions pendant les trimestres marqués par les incendies. Par ailleurs, l'emploi dans le secteur privé des ressources naturelles a augmenté de près de 30 % de plus que prévu, tandis que le salaire moyen a baissé de 19 % par rapport à l'attendu avant incendie. La croissance de l'emploi dans les entreprises du secteur du commerce, des transports et des services publics, ainsi que dans le secteur des loisirs et de l'hôtellerie, n'a pas été significativement affectée par la présence d'activités de lutte contre les incendies ; en revanche, les salaires moyens dans ces deux secteurs ont augmenté de près de 9 % et 11 % de plus que prévu.

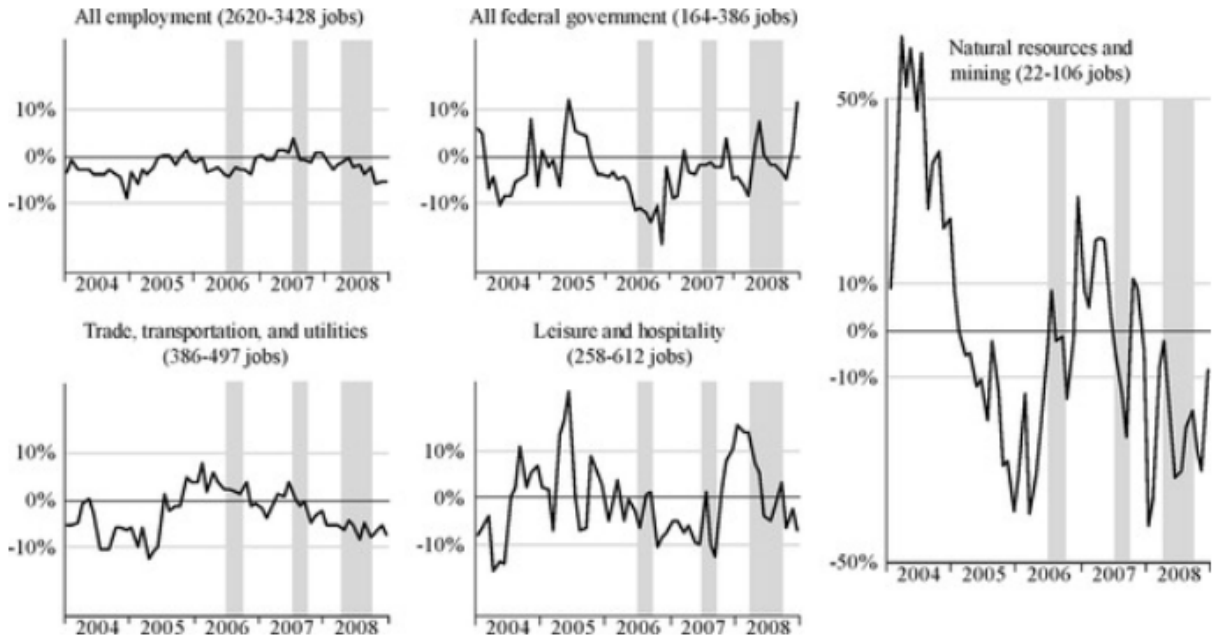


Figure 6 : Impacts économiques des incendies et dynamique trimestrielle de l'emploi et des salaires (Source : Davis et al. 2014).

Le territoire australien a fait l'objet de quelques analyses des coûts indirects, dont celle de Catherine Stephenson et al. (2013). Les auteurs amendent le modèle SEIA (*Socio-Economic Impact Assessment for emergencies*) initialement construit pour appréhender les coûts liés aux feux de la *Great Divide* en 2006 et 2007. Ils cherchent à évaluer cette fois les coûts socio-économiques de cinq grands feux de brousse ayant sévi en Australie entre

1983 et 2009 (*1983 Ash Wednesday Fires, 2003 Alpine and Canberra Fires, 2005/06 Grampians Fires, 2006/07 Great Divide Fires* et *2009 Black Saturday Fires*).

Les données utilisées concernent des données de géolocalisation, de dommages aux biens tangibles (maisons, tourisme, etc.), intangibles (l'environnement, la biodiversité), aux populations, des données de santé également, des données sur les coûts psychologiques. Des données sur les pertes d'exploitation liées aux arrêts d'activités des entreprises, sur les coûts relatifs au réseau de transport, sur ceux liés à l'arrêt des services publics, sont encore collectées, ce qui confère à cette base de données une envergure remarquable dans la littérature. Cette étude ne repose pas sur les zones d'interface ville — espace naturel en particulier, mais s'intéresse à l'impact des incendies sur l'économie. Elle se distingue par le modèle utilisé et la prise en compte quasi-exhaustive des différents types de coûts. Dans le contexte méditerranéen insulaire (Corse, Sardaigne, Baléares), Bacciu et al. (2021) soulignent pour leur part la vulnérabilité de l'économie bleue et touristique face aux incendies estivaux, les destructions de paysages et les fermetures préventives entraînant des pertes d'attractivité et de revenus indirects considérables pour les collectivités littorales.

À ces coûts indirects, mais explicites, doit être ajouté un impact indirect plus implicite des dépenses publiques de lutte contre l'incendie sur la valeur des habitations. L'article de Baylis et Boomhower (2019) est, à notre connaissance, le seul qui étudie explicitement dans quelle mesure ces dépenses publiques importantes subventionnent le développement dans les zones à risque. À partir des données administratives relatives à la lutte contre les incendies, les auteurs calculent ainsi les subventions implicites différenciées géographiquement accordées aux propriétaires dans l'ouest des États-Unis (11 États sont considérés : Arizona, Californie, Colorado, Idaho, Montana, Nouveau-Mexique, Nevada, Oregon, Utah, Washington, et le Wyoming). Ils combinent des données au niveau des parcelles avec des données administratives sur les dépenses historiques en matière de lutte contre les incendies et des données relatives aux dommages provenant du Munich RE NatCat Service (réassureur allemand, leader mondial).

Leur base de données contient un très grand nombre d'informations relatives à 4 581 feux pour 10,5 milliards de dollars de coûts de lutte et de protection de 9,1 millions de maisons dans les zones d'interface ville — espace naturel des 11 États concernés par l'étude. Leurs résultats montrent qu'entre 50 et 90 % des coûts d'intervention sont des coûts de protection des maisons. En permettant la reconstruction dans les zones sinistrées, le gouvernement contribue ainsi, selon les auteurs, à l'augmentation de ses propres coûts d'intervention. Leurs résultats montrent encore que la valeur actuelle nette estimée de cette subvention peut dépasser 20 % de la valeur d'une maison. Cette valeur augmente avec le risque d'incendie et diminue de manière forte avec la densité de développement. Pour autant, les propriétaires n'intègrent pas les coûts attendus de la protection future contre les incendies lorsqu'ils choisissent où vivre ou comment concevoir et entretenir leur maison. La garantie d'une protection fédérale génère ainsi un effet d'aléa moral : les personnes n'investissent pas au niveau requis pour protéger leur habitat, sachant qu'une protection existe au niveau communautaire et/ou fédéral. La lutte contre les incendies de forêt génère ainsi un transfert de richesse vers les propriétaires situés dans des zones à haut risque. En revanche, les faibles coûts marginaux de protection qui ont été mesurés par les auteurs dans les zones déjà développées impliquent des économies liées au développement groupé. En cela, ce résultat rejoint celui énoncé par Gude et al. (2013) et présenté plus haut.

4. Lacunes de connaissance et controverses

4.1. Controverses

L'évaluation des coûts des feux prescrits est bien documentée. Ces derniers génèrent néanmoins également des impacts négatifs qui doivent être pris en compte : inhalation de fumée, atteintes à la biodiversité, ou création de conditions favorables à de nouveaux incendies. Il convient à cet égard de faire le lien avec les enjeux de gouvernance et d'arbitrages entre objectifs de politiques publiques contradictoires (Chap. 8, Urbanisme, aménagement et gouvernance).

La littérature est partagée sur la question de l'impact des incendies sur les valeurs immobilières. Selon la sévérité des dégâts causés par un feu et en fonction des budgets alloués à la réhabilitation des sites, cet impact peut être négatif (prise de conscience du risque après un incendie par exemple) ou peut être positif sur une période de plusieurs mois (absence de combustible sur la période qui suit immédiatement l'incendie et donc risque perçu comme moins important, augmentation des moyens de lutte sur une zone reconstruite par rapport aux moyens alloués avant l'incendie).

4.2. Manques identifiés

Un nombre très limité de publications porte sur les effets directs et indirects des incendies à moyen voire long terme sur le marché du travail et sur l'emploi de populations plus vulnérables. La destruction de logements suite aux incendies entraîne la disparition du lieu de travail et de l'emploi pour le secteur du travail domestique, formel comme informel. Le cas des incendies à Pacific Palisades à Los Angeles en janvier 2025, quartier où le nombre d'employeurs pour l'emploi domestique est important (jardinier, garde d'enfants, femme de ménage, etc.), a été largement mis en évidence dans la presse nationale et internationale mais peu dans des publications scientifiques. En revanche, plusieurs rapports ont publié de premières analyses s'appuyant sur des données montrant que 10 000 personnes ont été concernées par une perte d'emploi dans les secteurs des différents incendies survenus dans le comté de Los Angeles en 2025.[3]

Par ailleurs, aucune publication scientifique ne traite à ce jour de l'impact des incendies — qu'il s'agisse des risques ou des événements enregistrés — sur les valeurs immobilières en France. La technique de l'évaluation conjointe, mobilisée dans les études portant sur les États-Unis, l'Australie ou le Portugal citées plus haut, serait toutefois transposable à une étude menée sur le territoire français.

5. Conclusion

Ce chapitre 4 s'est concentré sur les publications scientifiques relatives aux conséquences des incendies dans les interfaces ville — espace naturel, qu'elles soient environnementales, politiques, sociales ou économiques. Les études présentées montrent que ces différentes caractéristiques des conséquences interagissent entre elles. L'impact environnemental des incendies, par exemple, doit être considéré dans le contexte socio-économique de la zone d'interface concernée et de la région dans laquelle elle s'inscrit. Dans le même esprit, il est pertinent d'analyser les aspects culturels d'une population, sa manière d'appréhender le risque notamment, pour comprendre comment, et à quelle hauteur, elle peut être impactée économiquement et socialement par les incendies.

La première partie de ce chapitre porte sur les conséquences environnementales des feux. Elle fait l'hypothèse que, même si les sources d'ignition anthropiques se concentrent principalement dans les interfaces ville — nature, les conséquences d'un incendie sur la biodiversité peuvent être analysées de manière similaire, qu'il survienne en zone urbaine, périurbaine ou naturelle. La littérature scientifique ne distingue que très rarement la biodiversité urbaine dans ce cadre. La biodiversité, où qu'elle soit, semble surtout affectée par les caractéristiques de l'aléa, dont l'intensité, la fréquence ou la récurrence peuvent être plus fortes dans les interfaces.

Les effets sur les sols, l'hydrologie, l'érosion et la biodiversité existent mais ne sont ni uniformes ni systématiquement univoques. Les trajectoires environnementales et écologiques dépendent pour partie des feux et au moins autant de la nature du paysage et des écosystèmes, du contexte météorologique et de l'environnement humain. Les conséquences dégradantes les plus durables sont principalement associées aux incendies les plus sévères, aux récurrences élevées et à leur combinaison avec d'autres facteurs de vulnérabilité.

Le feu fait ainsi partie du fonctionnement de nombreux écosystèmes et a toujours contribué à structurer certains paysages. Dans les milieux méditerranéens ou tropicaux, des incendies peu fréquents et peu sévères peuvent

[3] Rapport du UCLA Labor Center, mars 2025. Research Brief — Draft

favoriser certaines espèces ou accroître pendant quelques années la diversité. À l'inverse, les incendies intenses ou répétés peuvent dégrader les sols, notamment par érosion après les pluies. Ils dégradent également les écosystèmes et homogénéisent les paysages, renforçant le risque futur d'incendie. Les interfaces ville — espace naturel méditerranéennes sont particulièrement concernées, tout comme le Sud-Ouest atlantique, avec ses 800 000 ha de plantations de pin maritime fortement inflammables.

La seconde grande partie de ce chapitre s'intéresse aux conséquences humaines, socio-économiques et politiques des incendies dans les zones d'interface ville — espace naturel. La littérature scientifique montre comment les événements extrêmes, bien que rares, concentrent les pertes humaines : 66 décès au Portugal (incendie de Pedrógão Grande, 2017), 102 en Grèce (incendie de Mati, 2018) ; 85 décès civils et plus de 18 000 structures détruites en Californie (Camp Fire 2018) et plus de 400 décès supplémentaires attribués aux fumées en Australie (en 2019-2020). Les études montrent encore que les victimes civiles décèdent le plus souvent dans des habitations vulnérables ou lors d'évacuations trop tardives.

Par ailleurs, l'analyse des déplacements des sinistrés fait état de fortes tensions dans les communes d'accueil (Californie 2018) et les effets en cascade, durables, révélateurs d'interdépendances, vont au-delà de la zone de l'incendie. Ils concernent notamment les infrastructures critiques : coupures électriques, ruptures de télécommunications, perturbations des transports, interruption de la distribution d'eau, difficultés d'accès des secours ou d'évacuation. Ces effets conditionnent la résilience des territoires urbanisés et sont, pourtant, moins étudiés que les dommages aux habitations. La littérature converge également pour souligner que les impacts humains et sociaux sont fortement amplificateurs d'inégalités (États-Unis). Ces bouleversements font évoluer les systèmes de gestion du risque, mais se traduisent par des tensions qui peuvent conduire à des crises politiques aiguës, comme en Grèce.

La littérature scientifique qui s'intéresse aux coûts économiques fait le constat d'une augmentation de 360 % des pertes économiques annuelles moyennes liées aux incendies de végétation entre les périodes 2000-2014 et 2015-2024 dans les pays membres de l'OCDE. Les incendies de janvier 2025 en Californie ont, par ailleurs, causé environ 40 milliards de dollars de pertes assurées sur 65 milliards de pertes économiques. Aux États-Unis, où se concentrent les études sur les impacts, les incendies ont entraîné le retrait des assureurs dans certaines zones vulnérables. Aux coûts directs largement étudiés dans la littérature (pertes humaines, destruction des habitats, destruction de la végétation) s'ajoutent les coûts indirects. Ils sont bien moins souvent étudiés alors qu'ils peuvent représenter jusqu'à 75 % du coût total (perturbations de l'activité économique, du marché du travail, etc.). L'analyse des coûts de lutte montre enfin que les ressources déployées sont fortement influencées par la présence et la valeur des habitations, avec un coût marginal qui baisse avec la densité du tissu urbain.

En conclusion de ce chapitre, les incendies extrêmes, étendus ou répétés amplifient les impacts écologiques (homogénéisation des milieux), sociaux (pertes humaines et inégalités) et économiques (coûts en forte croissance), dépassant le seul périmètre touché.

6. À retenir

Les événements d'incendie les plus intenses, étendus ou récurrents exercent des répercussions cumulatives majeures — dégradation et homogénéisation des milieux naturels, exacerbation des inégalités humaines et sociales, envolée des dépenses de lutte et des pertes économiques indirectes — dont la portée dépasse largement le périmètre immédiat des surfaces brûlées.

Les travaux traitant des effets environnementaux des feux de végétation ne sont pas toujours spécifiques aux zones d'interface ville — espace naturel, mais les enseignements des études menées sont souvent transposables aux problématiques de ces interfaces.

L'analyse de la littérature scientifique, surtout la plus récente, souligne l'importance de la prise en compte des attributs des incendies et de la typologie des systèmes pour jauger les conséquences. Les principaux attributs des feux pris en compte sont leurs surfaces et leur sévérité. La fréquence ou la récurrence est rarement considérée. Les incendies de végétation en zone d'interface urbaine sont parfois causes d'érosion des sols et

d'altération de leurs propriétés, telles que la diminution de l'infiltration de l'eau (liée à une augmentation de l'hydrophobicité) ou la dégradation de leur cohésion.

Après un incendie, la réponse de la biodiversité s'avère contrastée selon les contextes et les taxons : si certaines perturbations favorisent temporairement des cortèges pyrophiles ou augmentent la richesse locale, des feux trop intenses ou trop récurrents entraînent à l'inverse une perte de diversité et une dégradation durable des habitats.

À l'échelle mondiale, la population humaine directement exposée aux incendies de forêt entre 2002 et 2021 a augmenté de 40 %, tandis que la superficie brûlée a diminué de 26 %.

Les incendies mettent en exergue et/ou aggravent les inégalités. Les populations les plus fragiles sont celles qui subissent à moyen et à long terme les effets néfastes des incendies, tant au niveau de la reconstruction de leur logement que de leur situation économique.

L'analyse des déplacements des sinistrés montre de fortes tensions dans les communes d'accueil (Californie 2018). Les effets en cascade, durables, révélateurs d'interdépendances, vont au-delà de la zone de l'incendie. Ils concernent notamment les infrastructures critiques : coupures électriques, ruptures de télécommunications, perturbations des transports, interruption de la distribution d'eau, difficultés d'accès des secours ou d'évacuation. Ces effets sont moins étudiés que les dommages aux habitations, bien qu'ils conditionnent la résilience des territoires urbanisés.

La littérature économique des années 2000-2010 montre que la valeur des habitations dans les zones vulnérables (touchées par un incendie de végétation ou proches d'une zone touchée) diminue après l'événement. La littérature plus récente, des années 2020, fait état d'une augmentation des prix dans certaines zones touchées.

Les coûts indirects (impact sur le marché du travail, déplacement de populations, impact sur l'activité économique), concernent un territoire plus vaste (parfois tout le pays) que le seul touché par l'incendie, contrairement aux coûts directs (population touchée, dégâts aux habitations, aux infrastructures), et ils représentent jusqu'à 75 % des coûts économiques totaux. Ils sont moins étudiés dans la littérature scientifique.

La présence d'habitats ainsi que leur valeur influencent positivement les ressources déployées pour lutter contre l'incendie ainsi que le coût total de la lutte, mais le coût marginal de protection de nouvelles habitations diminue.

7. Liste des références du chapitre IV

Abraham, Joji, Kim Dowling, et Singarayer Florentine. 2017. « The Unquantified Risk of Post-Fire Metal Concentration in Soil: a Review ». *Water Air and Soil Pollution*. doi : 10.1007/s11270-017-3338-0.

Agbeshie, Alex Amerh, Simon Abugre, Thomas Atta-Darkwa, et Richard Awuah. 2022. « A Review of the Effects of Forest Fire on Soil Properties ». *Journal of Forestry Research* 33(5) : 1419-41. doi : 10.1007/s11676-022-01475-4.

Akter, Sonia, et R. Quentin Grafton. 2021. « Do fires discriminate? Socio-economic disadvantage, wildfire hazard exposure and the Australian 2019—20 'Black Summer' fires ». *Climatic Change*. doi : 10.1007/s10584-021-03064-6.

Albrecht, Frederike. 2017. « Government accountability and natural disasters: The impact of natural hazard events on political trust and satisfaction with governments in Europe ». *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy* 8(4):381-410. doi : 10.1002/rhc3.12122.

Archibald, Sally, Caroline E. R. Lehmann, Claire M. Belcher, William J. Bond, Ross A. Bradstock, Anne-Laure Daniau, Kyle G. Dexter, Elisabeth J. Forrestel, Michelle Greve, Tianhua He, Steven I. Higgins, William A. Hoffmann, Byron B. Lamont, Daniel J. McGlinn, Glenn R. Moncrieff, Colin P. Osborne, Juli G. Pausas, Owen Price, Brad S. Ripley, Brendan M. Rogers, Dylan W. Schwilk, Marcelo F. Simon, Merritt R. Turetsky, Guido

R. van der Werf, et Amy E. Zanne. 2018. « Biological and geophysical feedbacks with fire in the Earth system ». *Environmental Research Letters*. doi : 10.1088/1748-9326/aa9ead.

Bacciu, Valentina, Maria Hatzaki, Anna Karali, Adeline Cauchy, Christos Giannakopoulos, Donatella Spano, et Élodie Briche. 2021. « Investigating the Climate-Related Risk of Forest Fires for Mediterranean Islands' Blue Economy ». *Sustainability*. doi : 10.3390/su131810004.

Balch, Jennifer K., Virginia Iglesias, Adam L. Mahood, Maxwell C. Cook, Cibele Amaral, Amy DeCastro, Stefan Leyk, Tyler L. McIntosh, R. Chelsea Nagy, Lise St. Denis, Ty Tuff, Erick Verleye, A. Park Williams, et Crystal A. Kolden. 2024. « The Fastest-Growing and Most Destructive Fires in the US (2001 to 2020) ». *Science* 386(6720) : 425-31. doi : 10.1126/science.adk5737.

Bar-Massada, Avi, Volker C. Radeloff, et Susan I. Stewart. 2014. « Biotic and abiotic effects of human settlements in the wildland-urban interface ». *BioScience*. doi : 10.1093/biosci/biu039.

Baylis, Patrick, et Judson P. Boomhower. 2019. « Moral Hazard, Wildfires, and the Economic Incidence of Natural Disasters ». *National Bureau of Economic Research*. doi : 10.3386/w26550.

Belgodere, Antoine, Frédéric Allaire, Jean-Baptiste Filippi, Vivien Mallet, et Florian Guéniot. 2023. « On the Marginal Cost of the Duration of a Wildfire ». *Journal of Forest Economics* 38(3) : 265-92. doi : 10.1561/112.00000565.

Berry, Alison H., Geoffrey H. Donovan, et Hayley Hesseln. 2006. « Prescribed Burning Costs and the WUI: Economic Effects in the Pacific Northwest ». *Western Journal of Applied Forestry*. doi : 10.1093/wjaf/21.2.72.

Brooks, Matthew L., Carla M. D'Antonio, David M. Richardson, James B. Grace, Jon E. Keeley, Joseph M. DiTOMASO, Richard J. Hobbs, Mike Pellant, et David Pyke. 2004. « Effects of Invasive Alien Plants on Fire Regimes ». *BioScience* 54(7) : 677. doi : 10,164 1/0006-3568 (2004)054 [0677 : EOIAPO]2.0.CO ; 2.

Carroll, Matthew S., Lorie L. Higgins, Patricia J. Cohn, et James Burchfield. 2006. « Community Wildfire Events as a Source of Social Conflict* ». *Rural Sociology* 71(2) : 261-80. doi : 10.1526/003601106777789701.

Cawson, J. G., G. J. Sheridan, H. G. Smith, et P. N. J. Lane. 2012. « Surface Runoff and Erosion after Prescribed Burning and the Effect of Different Fire Regimes in Forests and Shrublands: A Review ». *International Journal of Wildland Fire* 21(7) : 857-72. doi : 10.1071/WF11160.

Certini, Giacomo. 2005. « Effects of fire on properties of forest soils: a review ». *Oecologia*. doi : 10.1007/s00442-004-1788-8.

Charpentier, Anne, Marine Kreder, Aurélien Besnard, Perrine Gauthier, et Claudine Bouffet. 2020. « How Cortaderia Selloana, an Ornamental Plant Considered Highly Invasive, Fails to Spread from Urban to Natural Habitats in Southern France ». *Urban Ecosystems* 23(6) : 1181-90. doi : 10.1007/s11252-020-01003-4.

Connell, Joseph 1978. « Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs: High Diversity of Trees and Corals Is Maintained Only in a Nonequilibrium State. » *Science* 199(4335) : 1302-10. doi : 10.1126/science.199.4335.1302.

Davies, Ian P., Ryan D. Haugo, James C. Robertson, et Phillip S. Levin. 2018. « The unequal vulnerability of communities of color to wildfire. » *PLOS ONE*. doi : 10.1371/journal.pone.0205825.

Davis, Emily Jane, Cassandra Moseley, Max Nielsen-Pincus, et Pamela J. Jakes. 2014. « The Community Economic Impacts of Large Wildfires: A Case Study from Trinity County, California ». *Society & Natural Resources*. doi : 10.1080/08941920.2014.905812.

Dittrich, Ruth, et Stuart McCallum. 2020. « How to Measure the Economic Health Cost of Wildfires — A Systematic Review of the Literature for Northern America ». *International Journal of Wildland Fire* 29(11) : 961. doi : 10.1071/WF19091.

Dong, Hongwei. 2024. « Climate Change and Real Estate Markets: An Empirical Study of the Impacts of Wildfires on Home Values in California ». *Landscape and Urban Planning* 247:105062. doi : 10.1016/j.landurbplan.2024.105062.

Donovan, Geoffrey H., et Thomas C. Brown. 2007. « Be careful what you wish for: the legacy of Smokey Bear ». *Frontiers in Ecology and the Environment*. doi : 10.1890/1540-9295 (2007) 5 [73:bcwywf]2.0.co ; 2.

Dulin, Sam, Madison Smith, Beth Ellinport, Benjamin Trump, Jesse M. Keenan, et Igor Linkov. 2025. « Quantifying the Compounding Effects of Natural Hazard Events: A Case Study on Wildfires and Floods in California ». *Npj Natural Hazards* 2(1) : 40. doi : 10.1038/s44304-025-00090-7.

Efthimiou, Nikolaos, Emmanouil Psomiadis, et Panos Panagos. 2020. « Fire Severity and Soil Erosion Susceptibility Mapping Using Multi-Temporal Earth Observation Data: The Case of Mati Fatal Wildfire in Eastern Attica, Greece ». *CATENA* 187:104320. doi : 10.1016/j.catena.2019.104320.

Escobedo, Francisco J., Kamini Yadav, Alessandro Ossola, Ryan Klein, et Stacy Drury. 2024. « Urban Forest Cover and Ecosystem Service Response to Fire Varies across California Communities ». *Urban Forestry & Urban Greening* 101:128547. doi : 10.1016/j.ufug.2024.128547.

Espinosa, Juncal, Tatek Dejene, Mercedes Guijarro, Xím Cerdá, Javier Madrigal, et Pablo Martín-Pinto. 2023. « Fungal Diversity and Community Composition Responses to the Reintroduction of Fire in a Non-Managed Mediterranean Shrubland Ecosystem ». *Forest Ecosystems* 10:100110-100110. doi : 10.1016/j.fecs.2023.100110.

Fernández, Cristina. 2022. « Soil Fire Severity Is More Relevant than Fire Frequency in Explaining Soil, Carbon and Nitrogen Losses and Vegetation Recovery after Wildfire in NW Spain ». *Journal of Environmental Management* 327:116876-116876. doi : 10.1016/j.jenvman.2022.116876.

Fernández, Cristina, José A. Vega, Teresa Fontúrbel, Enrique Jiménez, et José Ramón Rodríguez Pérez. 2008. « Immediate effects of prescribed burning, chopping and clearing on runoff, infiltration and erosion in a shrubland area in Galicia (NW Spain) ». *Land Degradation & Development*. doi : 10.1002/ldr.855.

Fernández-Guisuraga, José Manuel, et Leonor Calvo. 2023. « Fuel Build-up Promotes an Increase in Fire Severity of Reburned Areas in Fire-Prone Ecosystems of the Western Mediterranean Basin ». *Fire Ecology* 19(1). doi : 10.1186/s 42408-023-00232-0.

Fernández-Guisuraga, José Manuel, Paulo M. Fernandes, Reyes Tárrega, David Beltrán-Marcos, et Leonor Calvo. 2023. « Vegetation Recovery Drivers at Short-Term after Fire Are Plant Community-Dependent in Mediterranean Burned Landscapes ». *Forest Ecology and Management* 539:121034-121034. doi : 10.1016/j.foreco.2023.121034.

Fournier, Thomas, Jordan Fèvre, Frédérique Carcaillet, et Christopher Carcaillet. 2020. « For a Few Years More: Reductions in Plant Diversity 70 Years after the Last Fire in Mediterranean Forests ». *Plant Ecology* 221(7) : 559-76. doi : 10.1007/s11258-020-01034-z.

Francos, Marcos, Paulo Pereira, Meritxell Alcañiz, et Xavier Úbeda. 2018. « Post-wildfire management effects on short-term evolution of soil properties (Catalonia, Spain, SW-Europe) ». *Science of The Total Environment* 633:285- 92. doi : 10.1016/j.scitotenv.2018.03.195.

García-Redondo, Concepción, Paula Fernández-Moure, Miguel Cánibe Iglesias, Luís Tapia, Alberto Gil-Carrera, Alba Lombao, Montserrat Díaz-Raviña, et Adrián Regos. 2023. « Burn Severity and Land-Use Legacy Influence Bird Abundance in the Atlantic-Mediterranean Biogeographic Transition ». *Environmental Research* 233 :116510-116510. doi : 10.1016/j.envres.2023.116510.

Gil-Tena, Assu, Núria Aquilué, Andrea Duane, Miquel De Cáceres, et Lluís Brotons. 2016. « Mediterranean fire regime effects on pine-oak forest landscape mosaics under global change in NE Spain ». *European Journal of Forest Research*. doi : 10.1007/s10342-016-0943-1.

Gonçalves, Carlos, Monique Borges, et João Lourenço Marques. 2021. « Post-crisis Resilient Governance in Centro region (Portugal) after 2017 wildfires ». *Investigaciones Regionales-Journal of Regional Research* (51) : 129-47. doi : 10.38191/iirr-jorr.21.022.

Gude, Patricia H., Kingsford Jones, Ray Rasker, et Mark C. Greenwood. 2013. « Evidence for the effect of homes on wildfire suppression costs ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf11095.

Hai, Jiaying, Zhang Ling, Cong Gao, Han Wang, et Jian Wu. 2023. « How Does Fire Suppression Alter the Wildfire Regime? A Systematic Review ». *Fire* 6(11) : 424-424. doi : 10.3390/fire6110424.

Handmer, John, et Saffron O'Neill. 2016. « Examining bushfire policy in action: Preparedness and behaviour in the 2009 Black Saturday fires ». *Environmental Science & Policy*. doi : 10.1016/j.envsci.2016.05.011.

Haynes, Katharine, Karen Short, Gavriil Xanthopoulos, Domingos Viegas, Luis Mário Ribeiro, et Raphaele Blanchi. 2020. « Wildfires and WUI Fire Fatalities ». P. 1-16 in *Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires*, édité par S. L. Manzello. Cham : Springer International Publishing.

He, Tianhua, Byron B. Lamont, et Juli G. Pausas. 2019. « Fire as a key driver of Earth's biodiversity ». *Biological Reviews*. doi : 10.1111/brv.12544.

Hennighausen, Hannah, et Alexander James. 2024. « Catastrophic Fires, Human Displacement, and Real Estate Prices in California ». *Journal of Housing Economics* 66:102023. doi : 10.1016/j.jhe.2024.102023.

Hino, Miyuki, et Christopher Field. 2023. « Fire frequency and vulnerability in California ». *PLOS Climate*. doi : 10.1371/journal.pclm.0000087.

Hood, Christopher. 2011. *The Blame Game: Spin, Bureaucracy, and Self-Preservation in Government*. Princeton, N.J : Princeton University Press.

Hubert, Mali M., Jennifer A. Schweitzer, Xingli Giam, et Monica Papeş. 2023. « Contrasting Effects of Urbanization and Fire on Understory Plant Communities in the Natural and Wildland—Urban Interface ». *Ecosphere* 14(5) : e4520. doi : 10.1002/ecs2.4520.

Hunter, Molly E., Philip N. Omi, Erik J. Martinson, et Geneva W. Chong. 2006. « Establishment of non-native plant species after wildfires: effects of fuel treatments, abiotic and biotic factors, and post-fire grass seeding treatments. » *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf05074.

Hurteau, Matthew D., Malcolm P. North, George W. Koch, et Bruce A. Hungate. 2019. « Opinion : Managing for disturbance stabilizes forest carbon. » *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. doi : 10.1073/pnas.1905146116.

Huston, Michael. 1979. « A General Hypothesis of Species Diversity ». *The American Naturalist* 113(1):81-101. doi : 10.1086/283366.

Ireton, Greg, Ahmed Iftekhar, et Esther Charlesworth. 2014. « Reflections on Residential Rebuilding After the Victorian Black Saturday Bushfires ». *Open House International*. doi : 10.1108/ohi-03-2014-b0008.

Jacquet, Karine, et Roger Prodon. 2009. « Measuring the Postfire Resilience of a Bird—Vegetation System: A 28-Year Study in a Mediterranean Oak Woodland ». *Oecologia* 161(4) : 801-11. doi : 10.1007/s00442-009-1422-x.

Jones, Amber, et Iain Walker. 2023. « Place Attachment, Identity Threat, and Wellbeing in Bushfire Affected Areas ». *Wellbeing, Space and Society* 5:100179. doi : 10.1016/j.wss.2023.100179.

Karyotakis, Minos-Athanasios, et Kevin Lo. 2024. « The Political Ecology of Wildfire: Media and the Politics of Blame in the Evros Wildfires in Greece ». *Trees, Forests and People* 18:100682. doi : 10.1016/j.tfp.2024.100682.

Keeley, Jon E., Melanie Baer-Keeley, et C. J. Fotheringham. 2005. « ALIEN PLANT DYNAMICS FOLLOWING FIRE IN MEDITERRANEAN-CLIMATE CALIFORNIA SHRUBLANDS ». *Ecological Applications*. doi : 10.1890/04-1222.

Keeley, Jon E., C. J. Fotheringham, et Melanie Baer-Keeley. 2005. « Factors affecting plant diversity during post-fire recovery and succession of mediterranean-climate shrublands in California, USA ». *Diversity and Distributions*. doi : 10.1111/j.1366-9516.2005.00200.x.

Kemter, Matthias, Melanie Fischer, Lisa Luna, Elisabeth Schönfeldt, Johannes Vogel, Abhirup Banerjee, Oliver Korup, et Kirsten Thonicke. 2021. « Cascading Hazards in the Aftermath of Australia's 2019/2020 Black Summer Wildfires ». *Earth's Future*. doi : 10.1029/2020ef001884.

Kiel, Katherine A., et Victor A. Matheson. 2018. « The Effect of Natural Disasters on Housing Prices: An Examination of the Fourmile Canyon Fire ». *Journal of Forest Economics* 33:1-7. doi : 10.1016/j.jfe.2018.09.002.

Kirsch, Gustavo, Amanda G. Anjos, Renata Ruaro, Nélson Abrantes, et Bruno R. S. Figueiredo. 2024. « Ashes in Freshwater Ecosystems: A Systematic Review of Their Impacts on Fish ». *Water Air & Soil Pollution* 235(8). doi : 10.1007/s11270-024-07308-w.

Kocher, Susan D., et Van Butsic. 2017. « Governance of Land Use Planning to Reduce Fire Risk to Homes Mediterranean France and California ». *Land*. doi : 10.3390/land6020024.

Kooistra, Chad M., Troy E. Hall, Travis B. Paveglio, et Michael A. Pickering. 2018. « Understanding the Factors that Influence Perceptions of Post-Wildfire Landscape Recovery Across 25 Wildfires in the Northwestern United States ». *Environmental Management*. doi : 10.1007/s00267-017-0962-9.

Kramer, H. Anu, Miranda H. Mockrin, Patricia M. Alexandre, Susan I. Stewart, et Volker C. Radeloff. 2018. « Where wildfires destroy buildings in the US relative to the wildland—urban interface and national fire outreach programs ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf17135.

Kreider, Mark R., Philip E. Higuera, Sean A. Parks, William L. Rice, Nadia White, et Andrew J. Larson. 2024. « Fire Suppression Makes Wildfires More Severe and Accentuates Impacts of Climate Change and Fuel Accumulation ». *Nature Communications* 15(1) : 2412. doi : 10.1038/s41467-024-46702-0.

Kulig, Judith C., Ivan Townshend, Dana S. Edge, et William Reimer. 2013. « Impacts of wildfires: Aftermath at individual and community levels? » *The Australian journal of emergency management*. https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.512185669960277.

Labossiere, Leanne M. M., et Tara K. McGee. 2017. « Innovative wildfire mitigation by municipal governments: Two case studies in Western Canada ». *International journal of disaster risk reduction*. doi : 10.1016/j.ijdrr.2017.03.009.

Lambrou, Nicole, Crystal Kolden, et Anastasia Loukaitou-Sideris. 2025. « Disaster Recovery Gentrification in Post-Wildfire Landscapes: The Case of Paradise, CA ». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 118:105235. doi : 10.1016/j.ijdrr.2025.105235.

Lazarina, Maria, Jelle Devalez, Lazaros Neokosmidis, Stefanos P. Sgardelis, Athanasios S. Kallimanis, Thomas Tscheulin, Panagiotis Tsalkatis, Marina Kourtidou, Vangelis Mizerakis, Georgios Nakas, Palaiologos Palaiologou, Konstantinos Kalabokidis, Ante Vujic, et Theodora Petanidou. 2019. « Moderate Fire Severity Is Best for the Diversity of Most of the Pollinator Guilds in Mediterranean Pine Forests ». *Ecology* 100(3) : e02615. doi : 10.1002/ecy.2615.

Lee, Ji Yun, Fangjiao Ma, et Yue Li. 2022. « Understanding homeowner proactive actions for managing wildfire risks ». *Natural Hazards*. doi : 10.1007/s11069-022-05436-2.

Leys, Bérangère, Lauriane Ribas-Deulofeu, Laurent Dezileau, et Christopher Carcaillet. 2024. « Top-down control of climate on long-term interactions between fires, tree-cover and soil erosion in a Mediterranean mountain, Corsica ». *Quaternary Science Reviews* 331:108602. doi : 10.1016/j.quascirev.2024.108602.

Liang, Yutong, Deep Sengupta, Mark J. Campmier, David M. Lunderberg, Joshua S. Apte, et Allen H. Goldstein. 2021. « Wildfire Smoke Impacts on Indoor Air Quality Assessed Using Crowdsourced Data in California ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118(36) : e2106478118. doi : 10.1073/pnas.2106478118.

Lin, Yang, Lei Fang, Wangming Zhou, Zeyu Qiao, Yu Chang, Xinran Yu, Yuanyuan Li, Ping Ren, et Jiangtao Xiao. 2024. « Evaluating the Long-Term Effects of near-Natural Restoration on Post-Fire Forest Dynamics in a Wildland-Urban Interface Landscape ». *Ecological Indicators* 160:111777. doi : 10.1016/j.ecolind.2024.111777.

Lopes, Rúben F. R., João Paulo C. Rodrigues, Aline Lopes Camargo, et António José B. Tadeu. 2022. « Resilience of Industrial Buildings to Wildland-Urban Interface Fires ». *IOP conference series*. doi : 10.1088/1755-1315/1101/2/022034.

Lowe, Mary-Anne, Gavan McGrath, et Matthias Leopold. 2021. « The Impact of Soil Water Repellency and Slope upon Runoff and Erosion ». *Soil and Tillage Research* 205:104756. doi : 10.1016/j.still.2020.104756.

Lucas-Borja, Manuel Esteban, Cristina Fernández, Pedro Antonio Plaza-Alvarez, Bruno Gianmarco Carrà, et Demetrio Antonio Zema. 2022. « Variability of Soil Properties with Fire Severity in Pine Forests and Reforested Areas under Mediterranean Conditions ». *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 70(4) : 462-74. doi : 10.2478/johh-2022-0028.

Malkisnon, Dan, Lea Wittenberg, Ofer Beeri, et Ronel Barzilai. 2011. « Effects of Repeated Fires on the Structure, Composition, and Dynamics of Mediterranean Maquis: Short— and Long-Term Perspectives ». *Ecosystems*. doi : 10.1007/s10021-011-9424-z.

Mallinis, Giorgos, Ioannis Z. Gitas, Georgios Tasionas, et Fotios Maris. 2016. « Multitemporal Monitoring of Land Degradation Risk Due to Soil Loss in a Fire-Prone Mediterranean Landscape Using Multi-decadal Landsat Imagery ». *Water Resources Management*. doi : 10.1007/s11269-016-1224-y.

Maringer, Janet, Marco Conedera, Maurizio Mencuccini, Davide Ascoli, Dirk R. Schmatz, et Thomas Wohlgemuth. 2016. « Resilience of European beech forests (Fagus sylvatica L.) after fire in a global change context ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf15127.

Martínez, Sofía I., Cristina P. Contreras, Sara E. Acevedo, et Carlos A. Bonilla. 2022. « Unveiling Soil Temperature Reached during a Wildfire Event Using Ex-Post Chemical and Hydraulic Soil Analysis ». *Science of The Total Environment* 822:153654. doi : 10.1016/j.scitotenv.2022.153654.

Martín-Pinto, Pablo, Cristina Fernández, María Santos Vicente, Teresa Fontúrbel, Juan Rueda, Aitor Vázquez-Veloso, Tim Stadler, Olaya Mediavilla, et Ignacio Sanz-Benito. 2023. « Unaltered Fungal Community after Fire Prevention Treatments over Widespread Mediterranean Rockroses (Halimium Lasianthum) ». *Scientific Reports* 13(1). doi : 10.1038/s41598-023-27945-1.

McLennan, Blythe, et John Handmer. 2012. « Reframing responsibility-sharing for bushfire risk management in Australia after Black Saturday ». *Environmental Hazards*. doi : 10.1080/17477891.2011.608835.

Méndez, Michael, Genevieve Flores-Haro, et Lucas Zucker. 2020. « The (in)visible victims of disaster: Understanding the vulnerability of undocumented Latino/a and indigenous immigrants ». *Geoforum*. doi : 10.1016/j.geoforum.2020.07.007.

Mietkiewicz, Nathan, Jennifer K. Balch, Tania Schoennagel, Stefan Leyk, Lise Ann St. Denis, et Bethany A. Bradley. 2020. « In the line of fire: consequences of human-ignited wildfires to homes in the U.S. (1992-2015) ». *Fire*. doi : 10.3390/fire3030050.

Miller, Jesse E. D., Heather T. Root, et Hugh D. Safford. 2018. « Altered fire regimes cause long-term lichen diversity losses. » *Global Change Biology*. doi : 10.1111/gcb.14393.

Miraglia, Simone Georges El Khouri, Daniela Debone, Clara Ribeiro, Rui M. Barbosa, Ronan Adler Tavella, Flávio Manoel Rodrigues da Silva Júnior, et Marisa Freitas. 2025. « A Population under Smoke: Fire Events Trigger Severe Air Pollution in Portugal ». *Environmental Science and Pollution Research*. doi : 10.1007/s11356-025-36481-6.

Mockrin, Miranda H., Hillary K. Fishler, et Susan I. Stewart. 2018. « Does Wildfire Open a Policy Window? Local Government and Community Adaptation After Fire in the United States ». *Environmental Management* 62(2) : 210-28. doi : 10.1007/s00267-018-1030-9.

Mockrin, Miranda H., Susan I. Stewart, Volker C. Radeloff, Roger B. Hammer, et Patricia M. Alexandre. 2015. « Adapting to Wildfire: Rebuilding After Home Loss ». *Society & Natural Resources* 28(8) : 839-56. doi : 10.1080/08941920.2015.1014596.

Molina-Terrén, Domingo M., Gavriil Xanthopoulos, Michalis Diakakis, Luis Ribeiro, David Caballero, Giuseppe M. Delogu, Domingos X. Viegas, Carlos A. Silva, et Adrián Cardil. 2019. « Analysis of Forest Fire Fatalities in Southern Europe: Spain, Portugal, Greece and Sardinia (Italy) ». *International Journal of Wildland Fire* 28(2) : 85. doi : 10.1071/WF18004.

Morehouse, Barbara J., Martha L. Henderson, Kostas Kalabokidis, et Theodoros Iosifides. 2011. « Wildland Fire Governance: Perspectives from Greece ». *Journal of Environmental Policy & Planning*. doi : 10.1080/1523908x.2011.611678.

Morris, Rowena H., Ross A. Bradstock, Deirdre Dragovich, Meredith K. Henderson, Trent D. Penman, et Bertram Ostendorf. 2014. « Environmental Assessment of Erosion Following Prescribed Burning in the Mount Lofty Ranges, Australia ». *International Journal of Wildland Fire* 23(1) : 104-16. doi : 10.1071/WF13011.

Moya, D., S. González-De Vega, F. García-Orenes, A. Morugán-Coronado, V. Arcenegui, J. Mataix-Solera, M. E. Lucas-Borja, et J. De las Heras. 2018. « Temporal characterisation of soil-plant natural recovery related to fire severity in burned *Pinus halepensis* Mill. forests ». *Science of The Total Environment* 640-641 : 42-51. doi : 10.1016/j.scitotenv.2018.05.212.

Nawrotzki, Raphael J., Hannah Brenkert-Smith, Lori M. Hunter, et Patricia A. Champ. 2014. « Wildfire-Migration Dynamics: Lessons from Colorado's Fourmile Canyon Fire. » *Society & Natural Resources*. doi : 10.1080/08941920.2013.842275.

Neary, Daniel G. 2019. « Forest Soil Disturbance: Implications of Factors Contributing to the Wildland Fire Nexus ». *Soil Science Society of America Journal* 83(S1):S228-43. doi : 10.2136/sssaj2018.12.0471.

Nolan, Rachael H., Michael Battaglia, David M. J. S. Bowman, Hamish Clarke, Katharine Haynes, Mark K. J. Ooi, Owen Price, Grant J. Williamson, Joshua Whittaker, Michael Bedward, Matthias M. Boer, Vanessa I. Cavanagh, Luke Collins, Rebecca K. Gibson, Anne Griebel, Meaghan E. Jenkins, David A. Keith, Allen P. Mcilwee, Trent D. Penman, Stephanie Samson, Mark G. Tozer, et Ross A. Bradstock. 2021. « What Do the Australian Black Summer Fires Signify for the Global Fire Crisis? » *Fire*. doi : 10.3390/fire4040097.

Ocampo-Zuleta, Korina, Juli G. Pausas, et Susana Paula. 2024. « A Global Database of Plant Flammability Traits ». *Global Ecology and Biogeography* 33(3) : 412-25. doi : 10.1111/geb.13799.

Ondik, Mercedes, Mark K. J. Ooi, et Miriam Muñoz-Rojas. 2023. « Soil Microbial Community Composition and Functions Are Disrupted by Fire and Land Use in a Mediterranean Woodland ». *The Science of The Total Environment* 895:165088-165088. doi : 10.1016/j.scitotenv.2023.165088.

Papakosta, Panagiota, Gavriil Xanthopoulos, et Daniel Straub. 2017. « Probabilistic prediction of wildfire economic losses to housing in Cyprus using Bayesian network analysis ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf15113.

Pärtel, Meelis, Riin Tamme, Carlos P. Carmona, Kersti Riibak, Mari Moora, Jonathan A. Bennett, Alessandro Chiarucci, Milan Chytrý, Francesco De Bello, Ove Eriksson, Susan Harrison, Robert John Lewis, Angela T. Moles, Maarja Öpik, Jodi N. Price, Vistorina Amputu, Diana Askarizadeh, Zohreh Atashgahi, Isabelle Aubin, Francisco M. Azcárate, Matthew D. Barrett, Maral Bashirzadeh, Zoltán Bátori, Natalie Beenaerts, Kolja Bergholz, Kristine Birkeli, Idoia Biurrun, José M. Blanco-Moreno, Kathryn J. Bloodworth, Laura Boisvert-Marsh, Bazartseren Boldgiv, Pedro H. S. Brancalion, Francis Q. Brearley, Charlotte Brown, C. Guillermo Bueno, Gabriella Buffa, James F. Cahill, Juan A. Campos, Giacomo Cangelmi, Michele Carbognani, Christopher Carcaillet, Bruno E. L. Cerabolini, Richard Chevalier, Jan S. Clavel, José M. Costa, Sara A. O. Cousins, Jan Čuda, Mariana Dairel, Michele Dalle Fratte, Alena Danilova, John Davison, Balázs Deák, Silvia Del Vecchio, Iwona Dembicz, Jürgen Dengler, Jiri Dolezal, Xavier Domene, Miroslav Dvorsky, Hamid Ejtehadi, Lucas Enrico, Dmitrii Epikhin, Anu Eskelinen, Franz Essl, Gaohua Fan, Edy Fantinato, Fatih Fazlioglu, Eduardo Fernández-Pascual, Arianna Ferrara, Alessandra Fidelis, Markus Fischer, Maren Flagmeier, T'ai G. W. Forte, Lauchlan H. Fraser, Junichi Fujinuma, Fernando F. Furquim, Berle Garris, Heath W. Garris, Melisa A. Giorgis, Gianpietro Giusso Del Galdo, Ana González-Robles, Megan K. Good, Moisès Guardiola, Riccardo Guarino, Irene Guerrero, Joannès Guillemot, Behlül Güler, Yinjie Guo, Stef Haesen, Martin Hejda, Ruben H. Heleno, Toke T. Høye, Richard Hrivnák, Yingxin Huang, John T. Hunter, Dmytro Iakushenko, Ricardo Ibáñez, Nele Ingerpuu, Severin D. H. Irl, Eva Janíková, Florian Jansen, Florian Jeltsch, Anke Jentsch, Borja Jiménez-Alfaro, Madli Jõks, Mohammad H. Jouri, Sahar Karami, Negin Katal, András Kelemen, Bulat I. Khairullin, Anzar A. Khuroo, Kimberly J. Komatsu, Marie Konečná, Ene Kook, Lotte Korell, Natalia Koroleva, Kirill A. Korznikov, Maria V. Kozhevnikova, Łukasz Kozub, Lauri Laanisto, Helena Lager, Vojtech Lanta, Romina G. Lasagno, Jonas J. Lembrechts, Liping Li, Aleš Lisner, Houjia Liu, Kun Liu, Xuhe Liu, Manuel Esteban Lucas-Borja, Kristin Ludewig, Katalin Lukács, Jona Luther-Mosebach, Petr Macek, Michela Marignani, Richard Michalet, Tamás Miglécz, Jesper Erenskjold Moeslund, Karlien Moeys, Daniel Montesinos, Eduardo Moreno-Jiménez, Ivan Moysiyenko, Ladislav Mucina, Miriam Muñoz-Rojas, Raytha A. Murillo, Sylvia M. Nambahu, Lena Neuenkamp, Signe Normand, Arkadiusz Nowak, Paloma Nuche, Tatjana Oja, Vladimir G. Onipchenko, Kalina L. Pachedjieva, Bruno Paganeli, Begoña Peco, Ana M. L. Peralta, Aaron Pérez-Haase, Pablo L. Peri, Alessandro Petraglia, Gwendolyn Peyre, Pedro Antonio Plaza-Álvarez, Jan Plue, Honor C. Prentice, Vadim E. Prokhorov, Dajana Radujković, Soroor Rahmanian, Triin Reitalu, Michael Ristow, Agnès A. Robin, Ana Belén Robles, Daniel A. Rodríguez Ginart, Raúl Román, Ruben E. Roos, Leonardo Rosati, Jiří Sádlo, Karina Salimbayeva, Rut Sánchez De Dios, Khaliun Sanchir, Cornelia Sattler, John D. Scasta, Ute Schmiedel, Julian Schrader, Nick L. Schultz, Giacomo Sellan, Josep M. Serra-Diaz, Giulia Silan, Hana Skálová, Nadiia Skobel, Judit Sonkoly, Kateřina Štajerová, Ivana Svitková, Sebastian Świerszcz, Andrew J. Tanentzap, Fallon M. Tanentzap, Rubén Tarifa, Pablo Tejero, Dzhamal K. Tekeev, Michael Tholin, Ruben S. Thormodsæter, Yichen Tian, Alla Tokaryuk, Csaba Tölgyesi, Marcello Tomaselli, Enrico Tordoni, Péter Török, Béla Tóthmérész, Aurèle Toussaint, Blaise Touzard, Diego P. F. Trindade, James L. Tsakalos, Sevda Türkiş, Enrique Valencia, Mercedes Valerio, Orsolya Valkó, Koenraad Van Meerbeek, Vigdis Vandvik, Jesus Villellas, Risto Virtanen, Michaela Vítková, Martin Vojík, Andreas Von Hessberg, Jonathan Von Oppen, Viktoria Wagner, Ji-Zhong Wan, Chun-Jing Wang, Sajad A. Wani, Lina Weiss, Tricia Wevill, Sa Xiao, Oscar Zárate Martínez, et Martin Zobel. 2025. « Global Impoverishment of Natural Vegetation Revealed by Dark Diversity ». *Nature* 641(8064) : 917-24. doi : 10.1038/s41586-025-08814-5.

Pausas, Juli G., Ross A. Bradstock, David A. Keith, et Jon E. Keeley. 2004. « PLANT FUNCTIONAL TRAITS IN RELATION TO FIRE IN CROWN-FIRE ECOSYSTEMS ». *Ecology*. doi : 10.1890/02-4094.

Pausas, Juli G., Joan Campanyà, Joan Llovet, Anselm Rodrigo, et V. Ramón Vallejo. 2008. « Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? — A review ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf07151.

Peña-Molina, Esther, Daniel Moya, Álvaro Fajardo-Cantos, Fuensanta García-Orenes, Jorge Matáix-Solera, Victoria Arcenegui, Manuel Esteban Lucas-Borja, et Jorge de las Heras. 2024. « Burn Severity and Postfire

Salvage Logging Effects on Vegetation and Soil System in a Short-Term Period in Mediterranean Pine Forests ». *Fire* 7(4) : 127-127. doi : 10.3390/fire7040127.

Peña-Molina, Esther, Daniel Moya, Eva Marino, José Luis Pensado Tomé, Álvaro Fajardo-Cantos, J. González-Romero, Manuel Esteban Lucas-Borja, et Jorge de las Heras. 2024. « Fire Vulnerability, Resilience, and Recovery Rates of Mediterranean Pine Forests Using a 33-Year Time Series of Satellite Imagery ». *Remote Sensing* 16(10) : 1718-1718. doi : 10.3390/rs16101718.

Peña-Molina, Esther, Daniel Moya, Agustín Merino, Álvaro Fajardo-Cantos, Asunción Díaz-Montero, Fuensanta García-Orenes, Manuel Esteban Lucas-Borja, et Jorge De Las Heras. 2024. « Fire and Salvage Logging Increased Recalcitrant Soil Organic Matter and Reduced Soil Functionality in Mediterranean Pine Forests. » *Forest Ecology and Management* 573:122344. doi : 10.1016/j.foreco.2024.122344.

Pérez, Beatriz, Alberto Cruz, Federico Fernández-González, et José M. Moreno. 2003. « Effects of the recent land-use history on the postfire vegetation of uplands in Central Spain ». *Forest Ecology and Management*. doi : 10.1016/s0378-1127(03)00069-0.

Prendergast-Miller, Miranda T., Alexandre B. de Menezes, Lynne M. Macdonald, Peter Toscas, Andrew Bissett, Geoff Baker, Mark Farrell, Alan E. Richardson, Tim Wark, et Peter H. Thrall. 2017. « Wildfire impact: Natural experiment reveals differential short-term changes in soil microbial communities ». *Soil Biology and Biochemistry* 109:1-13. doi : 10.1016/j.soilbio.2017.01.027.

Prodon, Roger, et Ricardo Diaz-Delgado. 2021. « Assessing the Postfire Resilience of a Mediterranean Forest from Satellite and Ground Data (NDVI, Vegetation Profile, Avifauna) ». *Écoscience* 28(1) : 81-91. doi : 10.1080/11956860.2021.1871826.

Prowse, Thomas A. A., Stuart J. Collard, Alice Blackwood, Patrick J. O'Connor, Steven Delean, Megan Barnes, Phillip Cassey, et Hugh P. Possingham. 2017. « Prescribed Burning Impacts Avian Diversity and Disadvantages Woodland-Specialist Birds Unless Long-Unburnt Habitat Is Retained ». *Biological Conservation* 215:268- 76. doi : 10.1016/j.biocon.2017.09.005.

Puga, João, Francisco Moreira, Jan Jacob Keizer, et Nélson Abrantes. 2024. « Immediate Impacts of Wildfires on Ground-Dwelling Macroinvertebrate Communities under Stones in Mediterranean Oak Forests ». *Environmental Management* 74(4) : 684-98. doi : 10.1007/s00267-024-02006-z.

Rao, Jakki Narasimha, et Tanushree Parsai. 2025. « Pollution and Toxicity of Heavy Metals in Wildfires-Affected Soil and Surface Water: A Review and Meta-Analysis ». *Environmental Pollution* 125845-125845. doi : 10.1016/j.envpol.2025.125845.

Ravi, Sujith, Paolo D'Odorico, Ted M. Zobeck, et Thomas M. Over. 2009. « The effect of fire-induced soil hydrophobicity on wind erosion in a semiarid grassland: Experimental observations and theoretical framework ». *Geomorphology* 105(1) : 80-86. doi : 10.1016/j.geomorph.2007.12.010.

Ribeiro, Luís Mário, André Filipe Branco Rodrigues, Davi Lucas, et Domingos X. Viegas. 2020. « The Impact on Structures of the Pedrógão Grande Fire Complex in June 2017 (Portugal) ». *Fire*. doi : 10.3390/fire3040057.

Rideout, Douglas B., et Philip N. Omi. 1995. « Estimating the Cost of Fuels Treatment ». *Forest Science* 41(4) : 664-74. doi : 10.1093/forestscience/41.4.664.

Robinson, Natasha M., Steve W. J. Leonard, Euan G. Ritchie, Michelle Bassett, Evelyn K. Chia, Sebastian Buckingham, Heloise Gibb, Andrew F. Bennett, et Michael F. Clarke. 2013. « REVIEW : Refuges for fauna in fire-prone landscapes: their ecological function and importance ». *Journal of Applied Ecology*. doi : 10.1111/1365-2664.12153.

Roces-Díaz, José V., Cristina Santín, Jordi Martínez-Vilalta, et Stefan H. Doerr. 2021. « A global synthesis of fire effects on ecosystem services of forests and woodlands ». *Frontiers in Ecology and the Environment*. doi : 10.1002/fee.2349.

Roshan, Ajmal, et Ashis Biswas. 2023. « Fire-Induced Geochemical Changes in Soil: Implication for the Element Cycling ». *Science of The Total Environment* 868:161714. doi : 10.1016/j.scitotenv.2023.161714.

Roxburgh, Stephen H., Katriona Shea, et J. Bastow Wilson. 2004. « THE INTERMEDIATE DISTURBANCE HYPOTHESIS: PATCH DYNAMICS AND MECHANISMS OF SPECIES COEXISTENCE ». *Ecology* 85(2) : 359-71. doi : 10.1890/03-0266.

Salesa, David, Jaime Baeza, et Víctor M. Santana. 2024. « Fire Severity and Prolonged Drought Do Not Interact to Reduce Plant Regeneration Capacity but Alter Community Composition in a Mediterranean Shrubland ». *Fire Ecology* 20(1). doi : 10.1186/s42408-024-00292-w.

Santín, Cristina, et Stefan H. Doerr. 2016. « Fire Effects on Soils: The Human Dimension ». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 371(1696) : 20150171. doi : 10.1098/rstb.2015.0171.

Sayedi, Sayedeh Sara, Benjamin W. Abbott, Boris Vannière, Bérangère Leys, Daniele Colombaroli, Graciela Gil Romera, Michał Słowiński, Julie C. Aleman, Olivier Blarquez, Angelica Feurdean, Kendrick Brown, Tuomas Aakala, Teija Alenius, Kathryn Allen, Maja Andric, Yves Bergeron, Siria Biagioni, Richard Bradshaw, Laurent Bremond, Elodie Brisset, Joseph Brooks, Sandra O. Brugger, Thomas Brussel, Haidee Cadd, Eleonora Cagliero, Christopher Carcaillet, Vachel Carter, Filipe X. Catry, Antoine Champreux, Emeline Chaste, Raphaël Daniel Chavardès, Melissa Chipman, Marco Conedera, Simon Connor, Mark Constantine, Colin Courtney Mustaphi, Abraham N. Dabengwa, William Daniels, Erik De Boer, Elisabeth Dietze, Joan Estrany, Paulo Fernandes, Walter Finsinger, Suzette G. A. Flantua, Paul Fox-Hughes, Dorian M. Gaboriau, Eugenia M.Gayo, Martin. P. Girardin, Jeffrey Glenn, Ramesh Glückler, Catalina González-Arango, Mariangelica Groves, Douglas S. Hamilton, Rebecca Jenner Hamilton, Stijn Hantson, K. Anggi Hapsari, Mark Hardiman, Donna Hawthorne, Kira Hoffman, Jun Inoue, A. Tyler Karp, Patrik Krebs, Charuta Kulkarni, Niina Kuosmanen, Terri Lacourse, Marie-Pierre Ledru, Marion Lestienne, Colin Long, José Antonio López-Sáez, Nicholas Loughlin, Mats Niklasson, Javier Madrigal, S. Yoshi Maezumi, Katarzyna Marcisz, Michela Mariani, David McWethy, Grant Meyer, Chiara Molinari, Encarni Montoya, Scott Mooney, Cesar Morales-Molino, Jesse Morris, Patrick Moss, Imma Oliveras, José Miguel Pereira, Gianni Boris Pezzatti, Nadine Pickarski, Roberta Pini, Emma Rehn, Cécile C. Remy, Jordi Revelles, Damien Rius, Vincent Robin, Yanming Ruan, Natalia Rudaya, Jeremy Russell-Smith, Heikki Seppä, Lyudmila Shumilovskikh, William T.Sommers, Çağatay Tavşanoğlu, Charles Umbanhowar, Erickson Urquiaga, Dunia Urrego, Richard S. Vachula, Tuomo Wallenius, Chao You, et Anne-Laure Daniau. 2024. « Assessing Changes in Global Fire Regimes ». *Fire Ecology* 20(1):18. doi : 10.1186/s42408-023-00237-9.

Shakesby, Richard A. 2011. « Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions ». *Earth-Science Reviews*. doi : 10.1016/j.earscirev.2011.01.001.

Shi, Longzhong, Bo Chen, Xuan Chen, et Zhuo Chen. 2022. « Assessing the Impact of Wildfires on Property Values in Wildland-Urban Intermix and Interface in Colorado: A Hedonic Approach ». *Journal of Environmental Management* 319:115672. doi : 10.1016/j.jenvman.2022.115672.

Skouras, Spyros, et Nicos Christodoulakis. 2014. « Electoral misgovernance cycles : evidence from wildfires and tax evasion in Greece ». *Public Choice* 159(3) : 533-59. doi : 10.1007/s11127-013-0071-0.

Spearing, Lauryn A., et Kasey M. Faust. 2020. « Cascading system impacts of the 2018 Camp Fire in California: The interdependent provision of infrastructure services to displaced populations ». *International journal of disaster risk reduction*. doi : 10.1016/j.ijdrr.2020.101822.

Stephenson, Catherine, John Handmer, et Robyn Betts. 2013. « Estimating the economic, social and environmental impacts of wildfires in Australia ». *Environmental Hazards*. doi : 10.1080/17477891.2012.703490.

Synolakis, Costas Emmanuel, et Georgios Marios Karagiannis. 2024. « Wildfire risk management in the era of climate change ». *PNAS nexus* 3(5) : page 151. doi : 10.1093/pnas-nexus/pgae151.

Syphard, Alexandra D., Van Butsic, Avi Bar-Massada, Jon E. Keeley, Jeff A. Tracey, et Robert N. Fisher. 2016. « Setting Priorities for Private Land Conservation in Fire-Prone Landscapes: Are Fire Risk Reduction and Biodiversity Conservation Competing or Compatible Objectives? » *Ecology and Society* 21(3) : art 2. doi : 10.5751/ES-08410-210302.

Syphard, Alexandra D., Jon E. Keeley, Mike Gough, Mitchell Lazarz, et John Rogan. 2022. « What Makes Wildfires Destructive in California? » *Fire* 5(5) : 133. doi : 10.3390/fire5050133.

Teymoor Seydi, Seyd, John T. Abatzoglou, Matthew W. Jones, Crystal A. Kolden, Gabriel Filippelli, Matthew D. Hurteau, Amir AghaKouchak, Charles H. Luce, Chiyuan Miao, et Mojtaba Sadegh. 2025. « Increasing Global Human Exposure to Wildland Fires despite Declining Burned Area ». *Science* 389(6762) : 826-29. doi : 10.1126/science.adu6408.

Torre, Ignasi, Alexis Ribas, et Roger Puig-Gironès. 2023. « Effects of Post-Fire Management on a Mediterranean Small Mammal Community ». *Fire* 6(1) : 34-34. doi : 10.3390/fire6010034.

Triantafillidou, Amalia, et Prodromos Yannas. 2023. « Coping with natural disasters: Political leadership framing of the 2018 wildfires in Greece ». *Journal of Contingencies and Crisis Management* 31(2) : 212-25. doi : 10.1111/1468-5973.12431.

Troy, Austin, Jason J. Moghaddas, D. A. Schmidt, J. Shane Romsos, David B. Sapsis, William L. Brewer, et Tadashi Moody. 2022. « An analysis of factors influencing structure loss resulting from the 2018 Camp Fire ». *null*. doi : 10.1071/wf21176.

Tutan, Melih Nadi. 2025. « Blame Games of Weather-Related Disasters: A Qualitative Research on Political Rhetoric of Government and Opposition in Türkiye ». *Review of Policy Research*. doi : 10.1111/ropr.70031.

Ulery, April L., Robert C. Graham, Brett R. Goforth, et Kenneth R. Hubbert. 2017. « Fire Effects on Cation Exchange Capacity of California Forest and Woodland Soils ». *Geoderma* 286:125- 30. doi : 10.1016/j.geoderma.2016.10.028.

Vallejo, V. Ramón, Margarita Arianoutsou, et Francisco Moreira. 2012. « Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types ». *Managing Forest Ecosystems*. doi : 10.1007/978-94-007-2208-8_5.

Viljur, M. L., S. R. Abella, M. Adamek, et J. B. R. Alencar. 2022. « The Effect of Natural Disturbances on Forest Biodiversity: an Ecological Synthesis ». *Biological Reviews 97 (2022) 1930-1947*. doi : 10.1111/Brv.12876.

Wang, Dao-Ping, Dabo Guan, Shupeng Zhu, Michael Mac Kinnon, Guannan Geng, Qiang Zhang, Jing Meng, Heran Zheng, Tianyang Lei, Shuai Shao, Peng Gong, et Steven J. Davis. 2020. « Economic footprint of California wildfires in 2018 ». *Nature Sustainability*. doi : 10.1038/s41893-020-00646-7.

Wardle, David A., Greger Hörnberg, Olle Zackrisson, Maarit Kalela-Brundin, et David A. Coomes. 2003. « Long-Term Effects of Wildfire on Ecosystem Properties Across an Island Area Gradient ». *Science* 300(5621) : 972-75. doi : 10.1126/science.1082709.

Wardle, David A., Lawrence R. Walker, et Richard D. Bardgett. 2004. « Ecosystem Properties and Forest Decline in Contrasting Long-Term Chronosequences ». *Science* 305(5683) : 509-13. doi : 10.1126/science.1098778.

Whittaker, Joshua, et John Handmer. 2010. « Community Bushfire Safety: A Review of Post-black Saturday Research ». *The Australian journal of emergency management*.

Whittaker, Joshua, Katharine Haynes, John Handmer, et Jim McLennan. 2013. « Community Safety during the 2009 Australian “Black Saturday” Bushfires: An Analysis of Household Preparedness and Response ». *International Journal of Wildland Fire* 22(6) : 841. doi : 10.1071/WF12010.

Williams, C. Jason, Frederick B. Pierson, Peter R. Robichaud, et Jan Boll. 2014. « Hydrologic and erosion responses to wildfire along the rangeland-xeric forest continuum in the western US: a review and model of hydrologic vulnerability. » *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf12161.

Wu, Jinfeng, Jantiene Baartman, et João Pedro Nunes. 2020. « Comparing the impacts of wildfire and meteorological variability on hydrological and erosion responses in a Mediterranean catchment ». *Land Degradation & Development*. doi : 10.1002/ldr.3732.

Xu, Junxiang, Divya Jayakumar Nair, et S. Travis Waller. 2025. « Implementing Equitable Wildfire Response Plans ». *Science* 388(6743) : 158-59. doi : 10.1126/science.adv8893.