Chapitre 3 : Vulnérabilités

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

Rapport de l'expertise scientifique collective

III. Vulnérabilités

Table des matières du chapitre III

III. Vulnérabilités 109
1. Introduction 110
2. Présentation du corpus du chapitre 111
3. Analyse & discussion 112

3.1. À l'échelle du territoire 112

3.1.1. Vulnérabilité et zonages 112
3.1.2. Évaluation de la vulnérabilité 114

3.1.2.1. Vulnérabilité des constructions 114
3.1.2.2. Méthodes d'évaluation 115

3.1.3. Évolutions territoriales et urbanisation non contrôlée, facteurs majeurs de vulnérabilité 116

3.2. Vulnérabilité du bâti et des constructions 119

3.2.1. Les bâtiments résidentiels 119

3.2.1.1. Les facteurs environnementaux 119
3.2.1.2. Les facteurs structurels 120
3.2.1.3. Les facteurs en lien avec la végétation et les combustibles artificiels 123
3.2.1.4. Les actions de défense 125

3.2.2. Les bâtiments industriels 125
3.2.3. Les campings 127
3.2.4. Habitats informels 128

3.3. Vulnérabilité sociale et inégalités face aux incendies 129

3.3.1. Le développement des travaux d'évaluation de la vulnérabilité sociale 129

3.3.2. Les disparités spatiales face au risque 131
3.3.3. Les déterminants de la vulnérabilité sociale 132

3.4. Perception du risque et vulnérabilité humaine 133

3.4.1. Perception du risque 133
3.4.2. Facteurs contextuels et environnementaux 134
3.4.3. Facteurs socio-démographiques et individuels 135
3.4.4. Expérience 136
3.4.5. Aspects sociaux de la perception du risque 136

4. Lacunes de connaissance et controverses 136
5. Conclusion 137
6. À retenir 138

6.1. Vulnérabilité du bâti 138
6.2. Vulnérabilité sociale 139

7. Liste des références du chapitre III 139

Essentiels

La vulnérabilité est la propension d'un enjeu (humain, matériel ou environnemental) à subir des dommages face à un aléa**. La vulnérabilité aux incendies est multifactorielle, multi-échelles (individu, bâtiment, quartier, agglomération) et évolutive**. L'évaluer est un défi majeur de la gestion du risque car, selon les critères d'évaluation retenus, les zones urbaines identifiées comme vulnérables ne sont pas les mêmes, ce qui peut influencer les priorités d'action.
La **vulnérabilité des constructions résulte de facteurs environnementaux, structurels, liés aux combustibles proches et aux actions de défense.** D'un point de vue structurel, les toitures et l'enveloppe des bâtiments sont les éléments les plus vulnérables, en particulier lorsqu'ils intègrent des matériaux combustibles ou comportent des ouvertures. Par ailleurs, la présence de végétation, de débris ou de matériaux inflammables à proximité immédiate des constructions favorise la propagation du feu et accroît leur vulnérabilité.
La littérature scientifique montre que le risque et sa gestion peuvent aggraver les inégalités sociales. **Cela met en évidence l'importance de prendre en considération la vulnérabilité sociale, c'est-à-dire la capacité des populations à se protéger et à se remettre d'un incendie**. Cela suppose d'analyser les facteurs de leur exposition, leurs caractéristiques socio-démographiques et leur perception du risque à des échelles territoriales fines, utiles pour les décideurs et les gestionnaires locaux.

1. Introduction

La vulnérabilité constitue l'un des concepts centraux de l'analyse du risque incendie. Elle peut être définie comme la propension d'un enjeu — humain, matériel, économique ou environnemental — à subir des dommages sous l'effet d'un aléa donné. Dans le domaine des risques naturels, la vulnérabilité est généralement considérée comme un état de fragilité préexistant à la catastrophe, qui conditionne l'ampleur des impacts susceptibles d'être observés lors de l'événement (Lambrou et al. 2023). Elle dépend à la fois de l'exposition de l'enjeu à l'aléa et de sa sensibilité intrinsèque aux sollicitations engendrées. Dans le cas des incendies de végétation, l'exposition est notamment liée à la proximité des combustibles, à l'intensité potentielle du feu ou encore à la fréquence des événements, tandis que la sensibilité dépend des caractéristiques physiques, sociales ou fonctionnelles des enjeux concernés.

La notion de vulnérabilité a toutefois connu une évolution importante au cours des dernières décennies. Si les premières approches se concentraient principalement sur les dommages potentiels subis par les enjeux exposés, des travaux plus récents intègrent également la capacité des individus, des organisations et des territoires à faire face à l'événement, à s'y adapter et à se relever après son occurrence. La vulnérabilité ne se réduit donc plus uniquement à une susceptibilité aux dommages, mais englobe également les capacités de préparation, de réponse et de résilience.
Parmi les cadres conceptuels les plus influents, celui proposé par Cutter et al. (2003) distingue plusieurs dimensions complémentaires de la vulnérabilité. Les auteurs identifient notamment une composante biophysique, liée aux caractéristiques physiques des enjeux et de leur environnement, une composante sociale, associée aux caractéristiques démographiques, économiques et culturelles des populations, ainsi qu'une composante spatiale, qui traduit les variations géographiques de ces différentes formes de vulnérabilité. Cette approche souligne que la vulnérabilité n'est jamais uniformément répartie dans l'espace et qu'elle résulte de l'interaction entre les caractéristiques des territoires, des populations et des aléas auxquels ils sont exposés.
Dans le contexte des incendies de végétation, la vulnérabilité revêt ainsi un caractère multidimensionnel. Elle possède tout d'abord une dimension sociale, qui renvoie à la capacité des populations à anticiper, comprendre et gérer le risque. Les caractéristiques socio-économiques des habitants, leur âge, leur état de santé, leur mobilité, leur niveau de revenu, leur origine ethnique, leur langue ou encore leur perception et connaissance du risque influencent directement leur exposition et leur capacité à réagir lors d'un incendie.

La vulnérabilité des sociétés présente également une dimension structurelle. Elle dépend alors des caractéristiques du bâti, des matériaux utilisés, des choix architecturaux, de l'organisation des espaces urbanisés ou encore de la présence de végétation et de combustibles à proximité des constructions. Les modalités de protection disponibles, qu'il s'agisse des équipements de lutte, de l'accessibilité des secours ou des aménagements préventifs, constituent également des déterminants majeurs du niveau de vulnérabilité observé.
Enfin, la vulnérabilité possède une dimension spatiale marquée. Les territoires ne sont pas exposés de manière homogène aux incendies de végétation. Les zones situées à l'interface entre les espaces urbanisés et les milieux naturels concentrent généralement les niveaux de vulnérabilité les plus élevés en raison de la proximité entre les enjeux humains et les combustibles végétaux. C'est là que se situe la plus grande part des populations exposées, des destructions d'habitations et des pertes économiques (Kramer et al. 2018), bien qu'au niveau mondial, les zones d'interfaces ville — espace naturel ne couvrent que 4,7 % de la surface terrestre (Teymoor Seydi et al. 2025) (voir le Chap. 4, Conséquences). Cette dimension spatiale se manifeste à différentes échelles. À l'échelle des agglomérations, les secteurs périurbains ou en front d'urbanisation constituent souvent les zones les plus vulnérables, là où l'urbanisation progresse au contact direct des espaces naturels (Alexandre, Stewart, Stewart, et al. 2016). À l'échelle du quartier, la vulnérabilité varie selon les formes urbaines, la densité du bâti ou l'organisation du réseau viaire (Beverly et al. 2010 ; Braziunas et al. 2020a ; Samora-Arvela et al. 2023). À l'échelle de la parcelle ou du bâtiment, elle dépend davantage des caractéristiques constructives, de l'environnement immédiat et des mesures de protection mises en œuvre (Àgueda et al. 2023 ; Papathoma-Köhle et al. 2022 ; Price et al. 2021 ; Samora-Arvela et al. 2023 ; Syphard et Keeley 2019).
La vulnérabilité présente également une forte dimension temporelle. Elle évolue sous l'effet des transformations territoriales, des dynamiques d'urbanisation, de l'abandon de certaines activités agricoles ou pastorales, des changements d'usage du sol ou encore de l'évolution des peuplements végétaux (Lampin-Maillet et al. 2010 ; Moreira et al. 2011). Les zones d'interface ville — espace naturel sont ainsi des espaces particulièrement dynamiques dont le niveau de vulnérabilité peut évoluer rapidement au cours du temps. Cette évolution permanente complique son évaluation et nécessite de considérer la vulnérabilité comme un processus plutôt que comme un état figé.
L'évaluation et la cartographie de la vulnérabilité constituent aujourd'hui un enjeu majeur pour la prévention et la gestion des incendies de végétation. Elles permettent d'identifier les territoires, les populations et les infrastructures les plus exposés, de hiérarchiser les actions de prévention et d'orienter les stratégies de protection. Toutefois, les méthodes mobilisées demeurent très diverses et reposent sur des approches parfois contrastées, allant des analyses statistiques fondées sur les retours d'expérience post-incendie aux méthodes multicritères, aux approches fondées sur l'expertise ou encore aux modèles physiques d'endommagement.
Ce chapitre vise à dresser un état des connaissances relatives aux différentes dimensions de la vulnérabilité aux incendies de végétation. Il s'intéresse successivement à la vulnérabilité des territoires, des populations et des constructions, en analysant les principaux facteurs identifiés par la littérature scientifique, les méthodes développées pour les évaluer ainsi que les limites et les perspectives des approches actuellement mobilisées.

2. Présentation du corpus du chapitre

L'analyse de la vulnérabilité aux incendies de végétation repose sur un corpus d'environ 130 publications scientifiques publiées entre 1987 et 2025. La grande majorité des travaux a toutefois été publiée après les années 2010 (90 %), témoignant de l'intérêt croissant porté à la vulnérabilité dans un contexte marqué par l'augmentation des dommages liés aux incendies et par l'extension des interfaces ville — espace naturel.

Le corpus couvre plusieurs dimensions de la vulnérabilité. Une trentaine de publications est consacrée aux méthodes de cartographie et d'évaluation territoriale de la vulnérabilité. Elles portent principalement sur la construction d'indicateurs spatialisés, les approches multicritères, les systèmes d'information géographique et les méthodes d'aide à la décision appliquées à la gestion du risque incendie. Une dizaine d'articles traite également du rôle de l'informalité dans la vulnérabilité territoriale. La vulnérabilité des constructions constitue un champ d'étude particulièrement développé au sein de ce corpus. Cette thématique s'appuie sur une quarantaine de publications scientifiques parues entre 2000 et 2025, portant majoritairement sur les habitations exposées aux

incendies dans les interfaces ville — espace naturel. Seule une dizaine de publications concernent d'autres catégories d'enjeux bâtis, telles que les bâtiments industriels, les campings, les hébergements légers ou les habitats informels. Enfin, une quarantaine de publications, incluant des revues de littérature, traitent de la vulnérabilité sociale, de perception du risque, des comportements des populations exposées et des capacités d'adaptation des individus face aux incendies.

L'analyse met en évidence une évolution progressive des approches mobilisées pour caractériser la vulnérabilité. Les premiers travaux se concentrent principalement sur les dimensions physiques et spatiales de l'exposition au feu. Progressivement, les modèles intègrent des critères relatifs aux capacités de protection et de réponse, tels que la présence d'un espace défendable autour des constructions, l'accessibilité des secours ou encore les possibilités d'évacuation des populations (Galiana-Martín et Karlsson 2012 ; Nunes et al. 2023). Les dimensions socio-économiques sont également de plus en plus prises en compte, aussi bien à l'échelle territoriale, à travers l'identification des valeurs à protéger (infrastructures, activités économiques, biodiversité ou patrimoine culturel), qu'à l'échelle individuelle, à travers l'évaluation des capacités de préparation, de prévention et de réaction des populations exposées (Galiana-Martín et Karlsson 2012). En revanche, les approches abordant explicitement la vulnérabilité sous l'angle des inégalités sociales demeurent moins nombreuses et très récentes puisqu'elles se développent principalement après 2018 (Thomas et al. 2022).

Le corpus mobilisé couvre une grande diversité de contextes géographiques. Les études analysées concernent principalement les régions méditerranéennes européennes (France, Portugal, Espagne, Grèce et Italie), mais également l'Amérique du Nord (États-Unis et Canada), l'Australie et, dans une moindre mesure, l'Afrique du Sud. Cette diversité géographique permet de confronter des contextes environnementaux, des formes d'urbanisation, des systèmes constructifs et des dispositifs de gestion du risque parfois très différents. Les grands incendies récents survenus en Grèce (Mati), au Portugal (Pedrógão Grande), en Californie, en Australie ou encore en Afrique du Sud constituent ainsi des terrains d'étude majeurs pour la compréhension des mécanismes de vulnérabilité.

Enfin, ce chapitre mobilise plusieurs analogies et transpositions entre contextes géographiques. Les connaissances produites en Amérique du Nord et en Australie sont fréquemment utilisées pour analyser la vulnérabilité des constructions européennes, notamment concernant l'exposition aux brandons, la vulnérabilité des ouvertures ou l'efficacité des espaces défendables. De même, les travaux réalisés dans les pays méditerranéens sont mobilisés pour analyser les liens entre urbanisation diffuse, transformations des usages du sol et augmentation de la vulnérabilité dans les interfaces végétation-habitat. Ces transpositions doivent toutefois être interprétées avec prudence, les contextes climatiques, les systèmes constructifs, les formes urbaines et les organisations de la lutte contre les incendies pouvant différer sensiblement d'un territoire à l'autre.

3. Analyse & discussion

3.1. À l'échelle du territoire

3.1.1. Vulnérabilité et zonages

La littérature propose plusieurs approches de diagnostic de la vulnérabilité, préalable à toute démarche de maîtrise du risque. Il peut s'agir d'évaluer la vulnérabilité globale de territoires locaux pour l'élaboration de politiques d'aménagement du territoire ou de gestion du risque au niveau d'échelle supérieure (régionaux ou nationaux), de tracer une carte de la vulnérabilité du territoire lui-même pour l'aide à la planification opérationnelle locale, ou encore d'évaluer la vulnérabilité de chacun des enjeux pour définir des actions de réduction de la vulnérabilité.

Les enjeux territoriaux susceptibles d'être affectés par un incendie de végétation sont de nature très diverse. Ils peuvent être géoréférencés ou non. La littérature définit souvent des classes d'enjeux auxquelles sont associés des modèles spécifiques d'évaluation de la vulnérabilité : bâtiments résidentiels, infrastructures, écosystèmes, unités de production industrielle ou agricole, établissements recevant du public, etc. Ces classes peuvent être

organisées dans une hiérarchie sémantique permettant d'évaluer de grandes catégories de vulnérabilité territoriale. Indépendamment de l'aléa, les géographes de la vulnérabilité, tels qu'Anonyme (2011) ou Leone et Vinet (2006) (qui ne travaillent pas spécifiquement sur le risque incendie, mais dont les travaux font référence) distinguent notamment la vulnérabilité économique, qui agrège la vulnérabilité des entreprises, commerces et unités de production ; la vulnérabilité fonctionnelle, qui regroupe celle des infrastructures ; la vulnérabilité naturelle, associée aux différents types d'écosystèmes ; la vulnérabilité patrimoniale ; et enfin la vulnérabilité humaine, qui concerne les sites accueillant ou concentrant des personnes.

Dans les approches non géo-référencées, la vulnérabilité globale d'un territoire est parfois évaluée à travers des indicateurs statistiques tels que la population par classe d'âge, les indicateurs économiques par secteur d'activité ou encore le nombre de sites naturels protégés. Plus fréquemment, un indicateur agrégé de vulnérabilité territoriale (ou de chacune des grandes classes de vulnérabilité) est calculé à partir de la somme des vulnérabilités des enjeux présents sur le territoire, pondérées par une valeur attribuée (marchande, patrimoniale, contingente, etc.) (Riera et Mogas 2004) ou par un indicateur d'importance (fonctionnelle, patrimoniale, sociale, etc.). Le nombre d'enfants dans une école, le nombre de patients dans un hôpital exposé ou encore la surface d'écosystèmes forestiers concernés constituent des exemples de quantificateurs utilisés. Samuel Rufat[1] souligne néanmoins de nombreuses limites méthodologiques, notamment le fait qu'un même enjeu peut appartenir simultanément à plusieurs classes de vulnérabilité.

Les méthodes de cartographie de la vulnérabilité reposent également sur l'évaluation des enjeux géoréférencés. Ces derniers peuvent être représentés sous forme ponctuelle (points de vulnérabilité) ou surfacique (zones de vulnérabilité). Des méthodes d'interpolation spatiale des indicateurs sont également utilisées afin de rendre compte de l'autocorrélation spatiale de la vulnérabilité (Chas-Amil et al. 2022 ; Gaither et al. 2011 ; Poudyal et al. 2012 ; Rivière et al. 2023). Les résultats sont généralement fournis sous la forme de cartes, à différentes échelles, constituant des outils d'aide à la décision pour la planification territoriale et la gestion du risque.

À l'échelle territoriale, la vulnérabilité globale peut être évaluée en agrégeant la vulnérabilité des différentes classes d'enjeux présentes sur le territoire : enjeux humains (maisons, écoles, hôpitaux, etc.), enjeux économiques, fonctionnels, environnementaux ou patrimoniaux. Les enjeux liés aux personnes sont généralement considérés comme « surdéterminants ». Dans cette perspective, Haas et al. (2013) proposent une méthode d'évaluation spatialisée des enjeux humains lorsque les données de recensement disponibles ne présentent pas une résolution spatiale suffisante, en utilisant des techniques d'interpolation spatiale pondérée (dasymétrie).

Les zonages opérationnels tels que ceux utilisés en France par les services d'incendie et de secours ou pour les Plans de Prévention du Risque Incendie de Forêt (PPRIF), reposent également sur la combinaison de données spatiales relatives au ratio bâti-végétation et à l'inventaire des structures à défendre, telles que les habitations, les établissements recevant du public ou les infrastructures critiques (routes, lignes électriques, etc.) (Lampin-Maillet et al. 2011). Dans ce cadre, la densité constitue un paramètre clé, car elle combine à la fois le rapport entre végétation et constructions et l'espacement entre les structures, lequel influence la propagation du feu ainsi que les modalités d'intervention des secours. Ces critères permettent de différencier les stratégies de défense selon les formes d'habitat, notamment les zones pavillonnaires, qui sont majoritaires en France, les habitats isolés ou encore les habitats diffus.

Les résultats de ces approches sont généralement représentés sous forme cartographique et constituent des outils d'aide à la décision pour la planification territoriale et la gestion du risque. La figure 1 présente un exemple issu des travaux de Rivière et al. (2023) appliqués à l'ancienne région Languedoc-Roussillon, à la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et à la Collectivité de Corse. Cet exemple montre que le choix des indicateurs et des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité à l'échelle des territoires conditionne directement la géographie des zones identifiées comme vulnérables, ce qui influence par conséquent les priorités d'action publique (Hino et Field 2023).

[1] Samuel Rufat, Pascale Metzger, Vulnérabilité, territoire, population. De la critique aux politiques publiques. Collection Sciences, ISTE Editions.

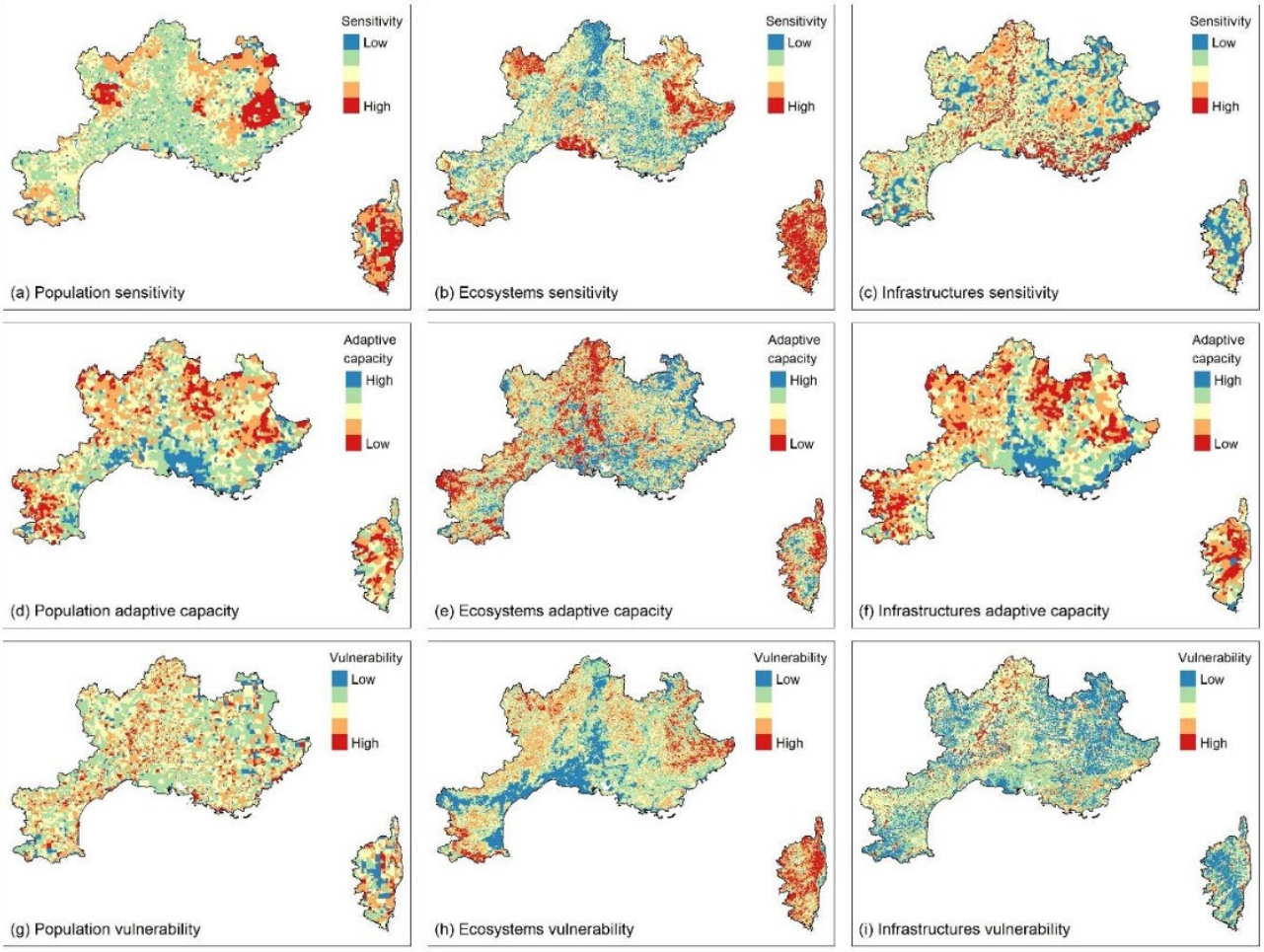


Figure 1 : Cartes de sensibilité, capacité d'adaptation et vulnérabilité pour trois enjeux étudiés - la population (a, d et g), les écosystèmes (b, e et h) et les infrastructures (c, f et i). La vulnérabilité est obtenue en croisant exposition, sensibilité et capacité d'adaptation. Les zones en rouge indiquent une forte vulnérabilité (Rivière et al. 2023).

En France, la planification territoriale de gestion du risque d'incendie mise en œuvre dans les PPRIF repose généralement sur le croisement d'une carte d'aléa avec une cartographie des principaux enjeux exposés (zones bâties, zones de concentration de population, sites d'intérêt particulier, infrastructures, etc.). Ces enjeux sont pondérés à l'aide d'indicateurs d'importance ou de valeur, tels que le nombre de personnes concernées, la présence de populations vulnérables ou encore la valeur patrimoniale des biens. Les cartes ainsi produites constituent davantage des cartes d'enjeux ou de sensibilité territoriale que de véritables cartes de vulnérabilité prenant en compte les paramètres et les dynamiques sociales et territoriales (Bouisset 2011). Les travaux scientifiques consacrés à l'évaluation de la vulnérabilité visent précisément à compléter ces approches en intégrant la capacité des différents enjeux à résister, s'adapter ou être endommagés lors d'un incendie. Ils contribuent ainsi à l'amélioration des cartographies opérationnelles destinées à la prévention et à la gestion du risque.

3.1.2. Évaluation de la vulnérabilité

3.1.2.1. Vulnérabilité des constructions

La vulnérabilité des constructions en interface ville — espace naturel résulte de l'interaction entre les caractéristiques structurelles des bâtiments, leur environnement immédiat, leur exposition à l'aléa incendie et les capacités de défense mobilisables. Dans la pratique, la vulnérabilité de l'interface bâti-végétation est souvent évaluée à partir de la somme des vulnérabilités des entités foncières résidentielles bâties formant l'interface, c'est-à-dire les habitations et leur espace d'agrément (jardin). Les autres classes d'enjeux sont également prises en compte et cartographiées individuellement (sites agricoles, industriels ou touristiques tels que les campings), leur vulnérabilité étant évaluée à l'aide d'approches spécifiques (Almeida et al. 2017 ; Dossi et al. 2022).

Certains enjeux sont considérés comme « surdéterminants », quel que soit l'aléa considéré. C'est en particulier le cas des sites accueillant des personnes, notamment lorsqu'elles sont considérées comme particulièrement vulnérables (enfants dans une école, patients d'un hôpital, résidents d'un établissement d'hébergement pour personnes âgées) (Rivière et al. 2023). Les maisons d'habitation relèvent également de cette catégorie lorsqu'aucune évacuation n'a été réalisée (Blanchi, Leonard, et Leicester 2006 ; Haynes et al. 2020 ; Whittaker et al. 2017). La vulnérabilité de ces enjeux présente en outre une forte composante temporelle. Elle évolue depuis l'échelle horaire jusqu'à l'échelle pluriannuelle, la présence ou l'absence des personnes au cours de la journée ou selon les saisons constituant un facteur déterminant de la vulnérabilité instantanée. Certaines recherches portant sur la vulnérabilité à des risques naturels autres que les incendies de végétation visent ainsi à produire des modèles de vulnérabilité dynamique, à l'instar des modèles d'aléa instantané, en intégrant la probabilité de présence des populations à un instant donné.
La vulnérabilité dépend également de la défendabilité des enjeux. La défendabilité correspond à l'aptitude d'un enjeu à être protégé par des actions de lutte. Selon les auteurs, elle peut être considérée comme une composante de la vulnérabilité ou comme une composante distincte du risque. Dans son acception la plus large, elle intègre l'ensemble des actions susceptibles d'être mises en œuvre pour défendre l'enjeu, y compris les actions d'autodéfense (présence d'une motopompe ou d'une piscine) (Ramsay, McArthur, et Dowling 1987). Plusieurs travaux identifient comme facteur majeur de défendabilité la présence d'un espace défendable débroussaillé autour des constructions (Penman et al. 2019 ; Syphard, Brennan, et Keeley 2014). En France, le guide de doctrine opérationnelle du ministère de l'Intérieur[2] exclut les moyens d'autodéfense dans l'évaluation de la défendabilité. Seuls les facteurs mobilisables par les services de lutte institutionnels sont pris en compte. On trouve ainsi trois critères : l'état du débroussaillement, la proximité des ressources en eau utilisables pour la lutte et l'accessibilité des moyens de secours. Les travaux menés en France montrent par ailleurs que l'absence de végétation dans la zone soumise aux Obligations Légales de Débroussaillement (OLD), généralement fixées à 50 m autour des constructions, permet de réduire fortement l'exposition au rayonnement thermique. Les dommages observés sont alors principalement associés à la persistance de continuités végétales au sein de cette zone et aux phénomènes de projection de brandons. Néanmoins, il convient de noter les limites de l'évaluation de la défendabilité : les critères restent théoriques et ne rendent pas compte de la variabilité des situations réelles d'incendie (conditions d'accès dégradées par des embouteillages, manque de moyens d'intervention disponibles, etc.) qui font que tout ce qui est en principe défendable ne peut en réalité pas toujours être défendu (Bouisset et Vanneufville 2018).

3.1.2.2. Méthodes d'évaluation

L'exposition des constructions dépend des sollicitations susceptibles d'être engendrées par l'incendie. À l'échelle territoriale, elle est notamment liée à la surface de l'espace naturel en contact avec le bâti ainsi qu'à la longueur de cette interface. À des échelles plus fines, les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des enjeux individualisés reposent sur plusieurs approches complémentaires : les démarches de simulation d'endommagement (Vacca et al. 2020), les approches statistiques fondées sur l'analyse des occurrences de dommages observés (relevés post-incendie) (Menemenlis, Palaiologou, et Kalabokidis 2023 ; Papathoma-Köhle et al. 2022) ainsi que les méthodes multicritères (Benali et al. 2023 ; Oliveira et al. 2018). Ces approches peuvent être mobilisées séparément ou combinées afin de produire des modèles hybrides.

Les démarches de simulations d'endommagement visent à reproduire les sollicitations auxquelles les constructions sont soumises lors d'un incendie afin d'évaluer leur comportement face aux flux thermiques, aux flammes ou aux projections de brandons. La vulnérabilité est ainsi être évaluée à l'aide de modèles physiques visant à représenter les flux thermiques transmis depuis la végétation en combustion vers les constructions, en tenant compte des effets d'occultation, des discontinuités ou, au contraire, des continuités de combustible, telles que les haies ou la canopée. L'approche proposée par Vacca et al. (2020) s'inscrit dans cette logique dite « performancielle » et vise à identifier, à l'échelle de la parcelle, les configurations les plus vulnérables en fonction de scénarios de référence représentatifs des incendies d'interface en Europe.

[2] Ministère de l'Intérieur, Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises, 2021, « Guide de doctrine opérationnelle. Feux de forêts et d'espaces naturels. 1ère édition. Février 2021.

Les approches statistiques reposent quant à elles sur l'analyse de bases de données post-incendie documentant les dommages observés. De nombreux travaux ont ainsi développé des modèles visant à estimer la probabilité ou le niveau d'endommagement des bâtiments en fonction de paramètres environnementaux (végétation, pente, exposition au vent), mais également de caractéristiques constructives telles que les matériaux, la géométrie ou les dispositifs de protection (Menemenlis et al. 2023 ; Papathoma-Köhle et al. 2022). Papathoma-Köhle et al. (2022) ont ainsi développé un indice de vulnérabilité physique fondé sur des données empiriques issues de l'incendie de Mati en Grèce. Leur analyse met en évidence le rôle prépondérant du matériau de toiture, qui contribue à hauteur de 33 % à la vulnérabilité totale, suivi par le type de structure (23 %) et la pente du terrain (14 %), la distance à la forêt constituant un facteur secondaire. Les situations les plus défavorables combinent ainsi une maison non défendue, une forêt située à moins de 10 m et une végétation dense dans un rayon de 40 m, conduisant à un taux d'impact de 71 %, contre seulement 3 % dans les configurations les plus favorables. Dans une approche comparable, Dimitrios Menemenlis et al. (2023) proposent un indice structuré autour de cinq sous-indices relatifs aux combustibles, à la topographie et à la météorologie, à l'enveloppe du bâtiment, à l'espace défendable, aux systèmes de protection active et aux infrastructures communautaires. Les résultats soulignent le poids important des aménagements de l'espace défendable et des caractéristiques de l'enveloppe du bâti dans la vulnérabilité globale des constructions.
En contexte européen, la rareté relative des événements destructeurs jusqu'à une période récente a toutefois limité la disponibilité de jeux de données suffisamment fournis pour produire des modèles statistiques robustes. Ces limites ont conduit au développement de méthodes fondées sur l'expertise. Les approches multicritères reposant sur le « dire d'experts » ont ainsi été largement mobilisées pour l'évaluation de la vulnérabilité des constructions en interface ville — espace naturel (Benali et al. 2023 ; Oliveira et al. 2018). Ces approches visent à identifier, organiser et pondérer un ensemble de critères jugés pertinents pour une classe d'enjeux donnée. Les critères retenus concernent généralement les caractéristiques intrinsèques du bâtiment, son environnement immédiat, son exposition et sa défendabilité, ainsi que certaines composantes humaines, telles que le nombre de résidents, leur âge, leur état de santé ou leur niveau de connaissance du risque. Ces critères peuvent être agrégés au sein d'indices de vulnérabilité ou combinés à des approches statistiques pour produire des modèles hybrides. Afin de prendre en compte les incertitudes associées à l'évaluation de la vulnérabilité, les approches fondées sur la logique floue permettent d'intégrer l'imprécision inhérente aux évaluations expertes et aux observations post-incendie (Àgueda et al. 2023) et peuvent être combinés à des approches statistiques afin de produire des modèles expérimentaux validés (Vacca et al. 2020).

3.1.3. Évolutions territoriales et urbanisation non contrôlée, facteurs majeurs de vulnérabilité

Une des difficultés de l'évaluation de la vulnérabilité réside dans son caractère évolutif. La maîtrise, ou, au contraire l'absence de maîtrise, des processus d'urbanisation constitue à cet égard un facteur déterminant de son évolution.

L'informalité est une composante essentielle des modes de construction de la ville et participe ainsi à la vulnérabilité urbaine face au risque incendie. L'informalité des constructions est un mécanisme qui mérite d'être étudié en soi, car il caractérise les limites du système de régulation du développement urbain. L'informalité peut se définir comme un horizon limite de la maîtrise politique et administrative des autorités publiques dans leur capacité à gérer et à organiser les modalités du développement urbain. Au sens strict, ce terme qualifie ce qui échappe aux règles formelles et n'est pas synonyme d'illégalité.
En France, pionnier historique de la maîtrise cadastrale, l'État se positionne comme un agent régulateur central, relayé localement par des collectivités territoriales garantes de la mise en œuvre des principes d'un aménagement normalisé et régulé. Les études sur le développement urbain informel sont rares, car le phénomène est considéré comme marginal. Ce positionnement de principe rend délicates l'objectivation statistique du phénomène et sa caractérisation spatiale. Les métriques manquent (Imbert, Chapon, et Mialocq 2018 ; Kuffer 2023). Dans un cadre français, la notion d'informalité peut couvrir de nombreuses situations intermédiaires (hors illégal pur, bidonvilles, squats, ZAD), telles les zones « grises », à mi-chemin entre légal et illégal (Porter et al. 2011 ;

Terrin et Wagner 2023). Parmi les dérives, on trouve pêle-mêle les écarts aux permis de construire (qui peuvent concerner les plus aisés), les changements d'usage de bâtiments non déclarés, l'informel toléré sur les zones à forte pression (cabanons, chalets agrandis), les annexes devenues permanentes (chalets, mobile homes, bungalows).

Un autre registre d'informalité concerne le cadastre, qui est un outil fiscal, non juridique. Les appropriations sauvages en France consistent en glissements parcellaires progressifs (déplacement de clôture, débords, ou les occupations de terres sans titre, friches agricoles occupées, bois communaux privatisés). Ces situations sont fréquentes en milieu périurbain car elles cumulent les dérogations au code de l'urbanisme, au code forestier et au code rural (Code Rural et de la Pêche Maritime).

Historiquement, la phase de développement informel (auto-constructions pavillonnaires essentiellement) remonte aux années de croissance d'après-guerre. L'informalité glisse ensuite d'un phénomène de masse (la ville « hors plan ») à un phénomène d'interstices — ce qui est essentiellement le cas en France aujourd'hui. Concrètement, en matière de risque incendie, les Obligations Légales de Débroussaillement seront mises en défaut dans deux situations types : villas et propriétés individuelles qui jouent sur les règlements pour préserver l'agrément du cadre végétal ; et les constructions précaires sur terrains marginaux faiblement contrôlés (friches urbaines, agricoles ou marges forestières).

Crozat (2009a) se penche précisément sur l'habitat illégal en France. L'auteur propose d'aborder l'interface sous un angle novateur, « hors cadre », à travers la dérégulation, révélatrice d'enjeux sous-jacents. Les cabanes et la « cabanisation » sont un anti-modèle aux périphéries urbaines des lotissements et pavillons structurés ainsi qu'à l'habitat touristique classique. Les cabanes sont une sorte de « revanche des pauvres », au prix d'une augmentation du risque environnemental, tant du point de vue des causes que des conséquences humaines en cas d'incendie. Les installations illégales (Fig. 2) sont souvent périphériques aux espaces classés, protégés, ou concernent des secteurs non constructibles (basses vallées des fleuves). La présence des cabanes est essentiellement manifeste dans les zones sous tension (littoral), et s'immisce dans les paysages sous une forme mixte habitat de loisir — résidence principale. L'auteur se livre à un exercice d'évaluation quantitatif risqué, mais extrêmement utile : il considère que 5 à 10 000 logements dans l'Hérault seraient concernés et 20 à 30 000 personnes dans une région de 2,5 millions d'habitants (1 habitant sur 100). Ces estimations s'appuient sur différentes enquêtes. Sont concernés les travailleurs pauvres, SDF, gitans et les retraités peu fortunés. Les études n'intègrent pas les populations installées à l'année dans les campings.

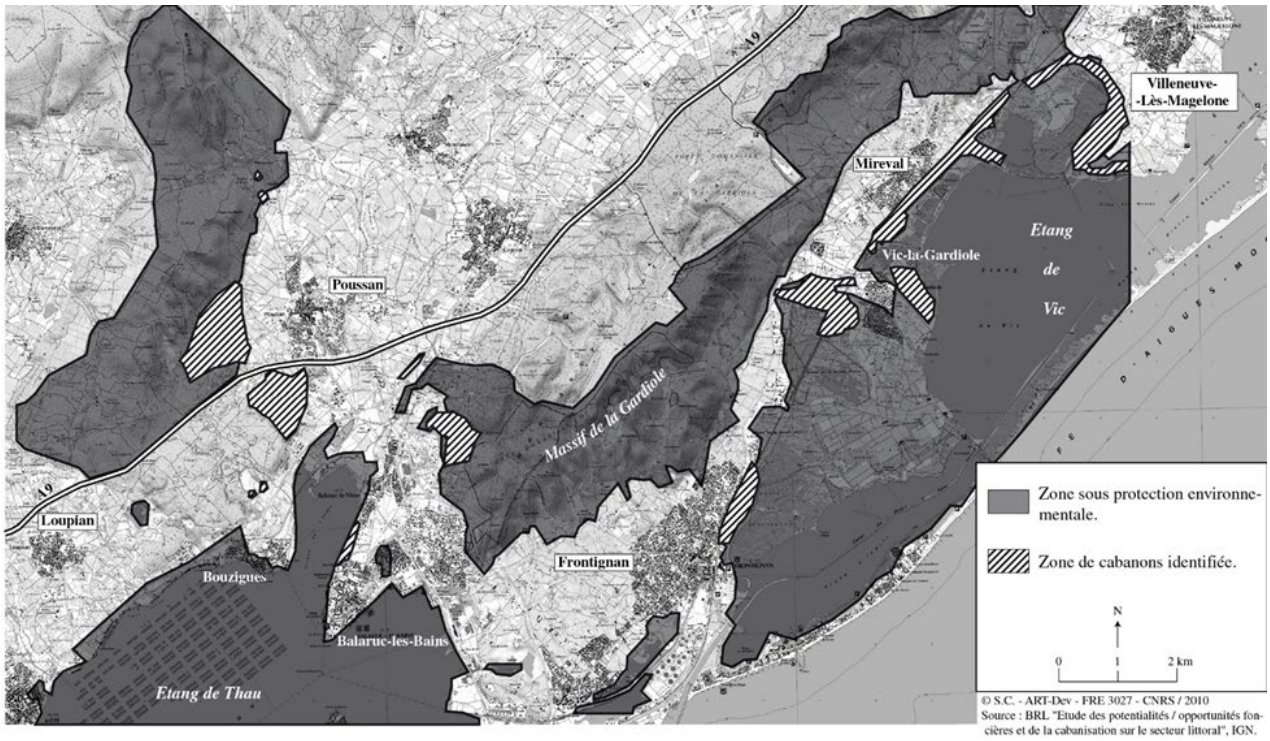


Figure 2 : Zones de cabanisation présentées par D. Crozat (2009 b) entre Montpellier et Sète.

Imbert et al. (2018) interrogent le lien complexe entre marginalité spatiale, marginalité des modes de vie et informalité de l'habitat en Ariège. Le risque peut être maximal quand la marginalité sociale se traduit par un habitat totalement intégré dans des zones forestières (cabane, yourte, etc.). Mésini (2011) ajoute une analyse fine des cadres juridiques qui gouvernent habitants, habitats et terrains en fonction de leurs statuts respectifs. L'auteur pointe cinq points d'achoppement sur lesquels l'action publique se focalise. Les enjeux sont (1) sociaux (exclusion des populations) ; (2) sécuritaires (incendies, inondations) ; (3) hygiène et salubrité (raccordements aux réseaux) ; (4) touristiques (dévalorisation de l'image de la commune) ; (5) financiers (non-perception des taxes). Habitat informel et formel tendent parfois à se dissocier par évitement (recherche de marginalité spatiale aux confins du monde rural), mais ils peuvent cohabiter de façon « organique » sur des espaces soumis à de fortes tensions spéculatives, ce qui est souvent le cas dans les interfaces urbaines littorales.

Il n'existe pas de littérature spécifiquement dédiée au croisement entre ville informelle et vulnérabilité aux incendies en France. À l'international, nous trouvons (Gonzalez-Mathiesen et March 2021 ; Manzello et Suzuki 2022 ; Quiroz, Walls, et Cicione 2021 ; Twigg et al. 2017) parmi beaucoup d'autres, mais la quasi-totalité des références portent sur les villes du Sud global. Dans les pays méditerranéens fortement touchés par les incendies, l'informalité du développement urbain et la maîtrise plus ténue de l'aménagement sont des thématiques largement étudiées. Cette question cristallise les modalités du rapport de force entre société civile et État. L'urbanisme informel est vu comme une réponse sociale efficace face à l'insuffisance de l'action publique (Criqui 2016 ; Porter et al. 2011).

L'informalité a un lien intrinsèque avec les grands incendies destructeurs dans la plupart des pays méditerranéens. Colantoni et al. (2016), et surtout Triantis (2022) s'appliquent à articuler la notion de vulnérabilité spatiale avec celle d'informalité. En Grèce en particulier, l'indétermination ancienne des droits fonciers à l'origine du développement urbain informel est présentée comme intrinsèquement liée à une augmentation du risque (voir Zoom sur Athènes).

Zoom sur l'informalité à Athènes

La situation critique de la périphérie athénienne témoigne d'une vulnérabilité couplée de l'informalité du développement urbain et de la gestion des couvertures végétales (Salvati 2014). Elle conjugue densité très forte du nombre de feux et taille maximale des incendies — la conjonction des deux phénomènes étant contre-intuitive : plus les incendies se rapprochent de la métropole, plus ils gagnent en intensité et en superficie affectée (30,5 ha de terre brûlée par incendie en zone périurbaine, 8,3 ha en zone métropolitaine lointaine [*fringe*], contre 1,5 ha en zone rurale) sur la période 2000-2011.

Les pratiques de l'informalité sont multiples et couvrent à la fois les relations coutumières de solidarité traditionnelles, les relations clientélistes et la corruption. Ces pratiques concernent indifféremment les populations défavorisées et celles, aisées, qui maîtrisent parfaitement les leviers du système. La contrepartie est une pratique décalée de l'urbanisme de planification : les zones « hors plan » se développent « spontanément » avant d'être légalisées (Burgel et Darques 2024 ; Karadimitriou et Pagonis 2019).

Triantis (2022) retrace la trajectoire de vulnérabilité du territoire qui a conduit au désastre de l'incendie de Mati en juillet 2018 (plus de 100 décès, des dégâts considérables) et montre que la vulnérabilité du secteur était maximale : topographie complexe, biomasse élevée, mix urbain-tourisme, forte concentration humaine, valeur foncière élevée et spéculation, micro-parcellaire, faible qualité du bâti, réseaux de rues étroites, absence de plan urbain, multiples infractions au droit et absence de zonage incendies.

3.2. Vulnérabilité du bâti et des constructions

L'évaluation de la vulnérabilité du bâti se fonde généralement sur des approches statistiques établies à partir de l'observation des dommages subis par les constructions exposées, mis en relation avec un ensemble de variables explicatives. Les données relatives aux dommages proviennent principalement d'études post-incendie réalisées dans différents pays (Àgueda et al. 2023 ; Alexandre, Stewart, Stewart, et al. 2016 ; Beverly et al. 2010 ; Gibbons et al. 2012 ; Knapp et al. 2021 ; Kramer et al. 2019 ; Laranjeira et Cruz 2014 ; Maranghides et al. 2015 ; Molina-Terrén et al. 2019 ; Papathoma-Köhle et al. 2022 ; Price et al. 2021 ; Quiroz et al. 2023 ; Ribeiro et al. 2020 ; Samora-Arvela et al. 2023 ; Syphard et Keeley 2019 ; Troy et al. 2022 ; Vacca et al. 2020).

Ces travaux reposent sur des observations de terrain complétées par des enquêtes menées auprès des résidents et des opérationnels après le passage d'un incendie. Ils décrivent l'environnement initial, les dommages observés et les actions de défense mises en œuvre. L'imagerie aérienne a parfois également été utilisée afin d'améliorer la précision des relevés (Ahmed, Rahaman, et Hassan 2018 ; Knapp et al. 2021 ; McNamara, Mell, et Maranghides 2020). L'ensemble de ces études fournit les données nécessaires à la compréhension et à la modélisation de la vulnérabilité des constructions et permet d'identifier les principales zones vulnérables des bâtiments (Hakes et al. 2017 ; Laranjeira et Cruz 2014 ; Troy et al. 2022). La majorité des publications porte sur les constructions résidentielles. Les bâtiments industriels (Lopes et al. 2022) ou les habitats de loisir ou informels restent peu étudiés (Almeida et al. 2017 ; Troy et al. 2022).
Les analyses montrent que les habitations principales sont généralement mieux défendues que les résidences secondaires ou les bâtiments agricoles, souvent laissés sans surveillance lors des incendies (Ribeiro et al. 2020 ; Samora-Arvela et al. 2023). Les bâtiments de petite surface, comme les hangars ou les garages, présentent une vulnérabilité plus élevée (Samora-Arvela et al. 2023). Les annexes sont moins protégées que les maisons, car les résidents concentrent leurs efforts de défense sur leur habitation principale. Elles sont ainsi plus fréquemment endommagées lors du passage du feu (Ribeiro et al. 2020).
Les résultats mettent également en évidence plusieurs facteurs influençant la vulnérabilité des constructions dans les zones d'interface ville — espace naturel. Les premiers sont environnementaux et incluent la présence d'une pente, la densité et la forme urbaine, la proximité de la forêt et l'organisation des réseaux routiers (Alexandre, Stewart, Mockrin, et al. 2016 ; Beverly et al. 2010 ; Braziunas et al. 2020 b ; Knapp et al. 2021 ; Menemenlis et al. 2023 ; Price et al. 2021 ; Samora-Arvela et al. 2023). Les facteurs structurels, tels que les matériaux utilisés ou les caractéristiques architecturales, jouent également un rôle déterminant (Hakes et al. 2017 ; Knapp et al. 2021 ; Laranjeira et Cruz 2014 ; Maranghides et al. 2015 ; Papathoma-Köhle et al. 2022 ; Syphard et Keeley 2019). Un troisième ensemble de facteurs concerne la végétation ou les combustibles artificiels présents à proximité des constructions (Escobedo et al. 2025 ; Gibbons et al. 2012 ; Knapp et al. 2021 ; Kramer et al. 2019 ; Laranjeira et Cruz 2014 ; Papathoma-Köhle et al. 2022 ; Price et al. 2021). Enfin, les actions de défense, qu'il s'agisse de la préparation des abords ou des interventions durant l'incendie, influencent directement les niveaux de dommages observés (Maranghides et al. 2015 ; Menemenlis et al. 2023 ; Price et al. 2021 ; Quiroz et al. 2023).
Dans la suite seront présentées les connaissances relatives aux constructions résidentielles, avant d'aborder la vulnérabilité des bâtiments industriels, des campings et des habitats informels.

3.2.1. Les bâtiments résidentiels

3.2.1.1. Les facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux jouent un rôle déterminant dans la vulnérabilité des constructions situées en interface ville — espace naturel. Les bâtiments situés à proximité immédiate de zones boisées sont plus vulnérables (Price et al. 2021 ; Samora-Arvela et al. 2023). Price et al. (2021) placent d'ailleurs ce paramètre au deuxième rang des facteurs expliquant la destruction des constructions. Selon Beverly et al. (2010), les habitations situées à moins de 30 m de végétaux sont particulièrement exposées au rayonnement thermique. Par contre, la distance d'exposition aux brandons varie suivant l'espèce de végétaux en feu. Les peuplements de pins

produisent des cônes capables de générer des brandons pouvant allumer des foyers secondaires jusqu'à 500 m de distance (Ganteaume et al. 2011) alors que les brandons créés lors de l'incendie de forêts de chêne ou d'eucalyptus n'agissent que sur de courtes distances (inférieures à 100 m).

La topographie constitue un autre facteur majeur. La pente du terrain contribue significativement à la vulnérabilité des structures (Alexandre, Stewart, Mockrin, et al. 2016 ; Menemenlis et al. 2023 ; Papathoma-Köhle et al. 2022 ; Troy et al. 2022). Les bâtiments situés au sommet d'une pente reçoivent un flux thermique plus important, ce qui augmente leur exposition au feu (Menemenlis et al. 2023). Papathoma-Köhle et al. (2022) estiment que la pente explique 14 % de la vulnérabilité observée. Troy et al. (2022) montrent une augmentation du risque de destruction comprise entre 54 % et 77 % selon l'inclinaison du terrain.
La configuration urbaine influence également l'exposition. Beverly et al. (2010) distinguent des morphologies plus ou moins favorables. Les quartiers compacts et circulaires présentent les niveaux d'exposition les plus faibles, tandis que les formes étirées ou lobées, caractérisées par un rapport périmètre/surface élevé, sont les plus vulnérables. Les bâtiments situés en périphérie des quartiers considérés sont également plus vulnérables (Alexandre, Stewart, Mockrin, et al. 2016).
La densité du bâti joue également un rôle, mais ses effets varient selon les contextes constructifs. En Europe, plusieurs travaux montrent que la vulnérabilité diminue lorsque la densité d'habitation augmente (Alexandre, Stewart, Mockrin, et al. 2016 ; Braziunas et al. 2020 b ; Samora-Arvela et al. 2023). Les simulations réalisées par Braziunas et al. (2020 b) indiquent que les maisons regroupées sont moins exposées que les habitations isolées, avec une réduction de vulnérabilité estimée à 76 % selon le degré de concentration du bâti. Cette tendance s'explique notamment par l'absence d'allumage structure-structure dans des contextes où les matériaux de construction sont majoritairement incombustibles (Ribeiro et al. 2020). En revanche, dans des régions où les systèmes constructifs sont plus combustibles, comme aux États-Unis, ou en Australie (Price et Bradstock 2013), les zones concentrant de nombreux bâtiments peuvent présenter un risque plus élevé, notamment en raison de la propagation du feu de bâtiment à bâtiment et de la production accrue de brandons (Caton et al. 2017 ; Knapp et al. 2021). Plus généralement, les arrangements spatiaux formés par les bâtiments sont des déterminants des occurrences de dommages (Syphard et al. 2012, 2013).
Enfin, les conditions d'accessibilité interviennent également dans la vulnérabilité des constructions. L'éloignement des routes principales ou secondaires limite l'accès des secours, ce qui augmente la probabilité de dommages importants (Samora-Arvela et al. 2023).

3.2.1.2. Les facteurs structurels

La vulnérabilité structurelle des bâtiments exposés aux incendies en interface ville — espace naturel varie fortement selon les pays, en lien avec la diversité des systèmes constructifs et des traditions architecturales. Dans les contextes nord-américains ou australiens, la présence importante de matériaux combustibles, tels que les bardages en bois, les toitures en bardeaux, les terrasses ou les clôtures en bois, favorise l'allumage direct des constructions sous l'effet des flammes ou des brandons (Manzello et Suzuki 2012), ainsi qu'une propagation rapide du feu à l'ensemble de la structure (Laranjeira et Cruz 2014). À l'inverse, en Europe méditerranéenne, où prédominent des parois massives et des matériaux incombustibles, les dommages résultent plus fréquemment de la pénétration du feu ou des brandons par des ouvertures ou des défauts localisés de l'enveloppe bâtie, tels que des tuiles déplacées ou des fissures (Laranjeira et Cruz 2014).

L'importance des caractéristiques constructives est confirmée par de nombreuses études post-incendie. Aux États-Unis, Syphard et Keeley (2019) montrent que les éléments architecturaux et la configuration de l'enveloppe constituent les facteurs les plus déterminants de la vulnérabilité des bâtiments face aux brandons. En France, si le bâti traditionnel repose majoritairement sur des matériaux incombustibles (brique, parpaings, pierre, tuiles en terre cuite), l'évolution récente des pratiques constructives, notamment le développement de l'isolation thermique par l'extérieur, parfois associée à des bardages combustibles ou à l'utilisation de matériaux biosourcés, introduit de nouvelles vulnérabilités vis-à-vis des incendies de végétation. Dans ce contexte, les enseignements issus des retours d'expérience nord-américains et australiens apparaissent particulièrement pertinents pour anticiper et évaluer les risques associés à ces nouveaux systèmes constructifs.

Les retours d'expérience post-incendie ont permis d'identifier les éléments les plus vulnérables des habitations exposées aux feux de végétation (voir figure 3). Les points sensibles se concentrent principalement au niveau des toitures, des façades, des menuiseries et des ouvertures dédiées à la ventilation, qui constituent autant de voies potentielles de pénétration des flammes ou des brandons dans le bâtiment.



Figure 3 : Maison vulnérable. La vulnérabilité de la maison dépend de son environnement et des méthodes constructives. La présence de végétation, qu'elle soit naturelle ou ornementale, ainsi que de matériaux combustibles (clôture, abri, tas de bois...) favorisent la propagation du feu à travers les différentes zones situées entre la maison et l'espace naturel (immédiate, intermédiaire et étendue, voir Chap. 6, Prévention)

Les toitures représentent l'un des points d'allumage les plus critiques lors des incendies en interface ville — espace naturel. L'étude post-incendie conduite après le feu de Pedrógão Grande au Portugal par Ribeiro et al. (2020) montre que 61 % des départs de feu sur les habitations ont été localisés au niveau des toitures, soulignant leur rôle central dans l'embrasement des structures.

La nature des matériaux de couverture influence fortement cette vulnérabilité (Cohen 2000). Les toitures en matériaux combustibles, en particulier les bardeaux de bois, sont très sensibles à l'attaque des brandons : elles s'enflamment facilement et peuvent produire des brandons secondaires, comme le confirment plusieurs travaux nord-américains (Hakes et al. 2017 ; Menemenlis et al. 2023 ; Syphard et Keeley 2019). Les toitures en chaume présentent également un niveau de vulnérabilité très élevé (Quiroz et al. 2023). Troy et al. (2022) montrent que, comparées à des toitures incombustibles, les toitures en bois augmentent le risque de destruction de 539 %, tandis que les toitures en asphalte l'augmentent de 75 %.

Les toitures réputées résistantes, telles que les couvertures en tuiles de terre cuite ou en béton, ne sont pas exemptes de vulnérabilités. Les expérimentations grandeur nature menées avec le générateur de brandons Dragon du NIST par Sayaka Suzuki et Samuel L. Manzello (2017) montrent que les brandons peuvent s'accumuler sous l'effet du vent dans les interstices entre les tuiles. En se consumant, ces brandons peuvent devenir suffisamment petits pour pénétrer sous les tuiles, atteignant les éléments en bois de la charpente. Ces essais mettent en évidence des allumages couvants des liteaux, susceptibles d'affecter la structure à plus long terme, même en l'absence de flamme.

La géométrie de la toiture influence également la probabilité d'allumage. Les toitures comportant des noues, des angles rentrants ou, plus généralement, des zones favorables à l'accumulation de débris ou de brandons présentent un risque accru (Laranjeira et Cruz 2014 ; Maranghides et al. 2015 ; Papathoma-Köhle et al. 2022 ; Vacca et al. 2020). Les essais réalisés par Manzello et al. (2008) montrent notamment que des angles de 60° ou 90° favorisent l'accumulation de brandons et peuvent entraîner un allumage couvant de matériaux de type OSB ou la fusion de bardeaux en asphalte, même sans contact direct avec les flammes.

Les études post-incendie mettent également en évidence le rôle aggravant de la présence de débris végétaux secs dans les gouttières. Laranjeira et Cruz (2014), Vacca et al. (2020) et Hakes et al. (2017) montrent que ces matériaux combustibles peuvent être enflammés par des brandons. Les flammes issues de leur combustion peuvent atteindre la jonction toit-gouttière et favoriser la propagation du feu à la structure (Manzello et al. 2008). Troy et al. (2022) estiment ainsi que la présence de tels débris multiplie le risque de destruction par un facteur compris entre 2,5 et 3,7.

Les ouvrants constituent également des points de vulnérabilité majeurs de l'enveloppe des bâtiments exposés aux incendies en interface ville — espace naturel. Ils peuvent devenir des voies d'entrée pour les flammes ou les brandons, qu'ils soient laissés ouverts ou maintenus fermés (Laranjeira et Cruz 2014). Lors de l'incendie de Pedrógão Grande au Portugal, Ribeiro et al. (2018, 2020) estiment que 16 % des habitations détruites ou endommagées l'ont été à la suite d'un allumage survenu au niveau des fenêtres, faisant de ces ouvertures la deuxième cause de dommages après les toitures.

Les fenêtres laissées ouvertes représentent l'un des risques les plus critiques observés dans les retours d'expérience européens (Laranjeira et Cruz 2014 ; Vacca et al. 2020). Dans ces situations, les flammes ou les brandons transportés par le vent peuvent pénétrer directement à l'intérieur du bâtiment et enflammer des éléments combustibles légers, tels que les rideaux, les papiers, les textiles ou le mobilier, entraînant un embrasement rapide du volume intérieur (Vacca et al. 2020). Même lorsqu'elles sont fermées, la résistance des fenêtres au feu varie fortement selon leurs caractéristiques, notamment le matériau du cadre, les dimensions et le type de vitrage (Laranjeira et Cruz 2014). Les études post-incendie montrent de manière convergente que les fenêtres en simple vitrage sont particulièrement vulnérables au rayonnement thermique, susceptible d'entraîner leur rupture et de permettre la pénétration des flammes ou des brandons (Hakes et al. 2017 ; Laranjeira et Cruz 2014 ; Menemenlis et al. 2023 ; Ribeiro et al. 2020 ; Syphard et Keeley 2019 ; Vacca et al. 2020 ; Vieira et al. 2022). À l'inverse, l'usage de double vitrage améliore significativement la résistance au feu des habitations. Troy et al. (2022) estiment que le remplacement d'un simple vitrage par un double vitrage permet de réduire le risque de dommages de 23 à 49 %, selon les configurations. L'absence de protections extérieures, telles que des volets battants, persiennes ou volets roulants résistants au feu, constitue un facteur supplémentaire de vulnérabilité. Dimitrios Menemenlis et al. (2023) montrent que les ouvertures dépourvues de tels dispositifs sont significativement plus exposées à la rupture des vitrages et à la pénétration de brandons.

Les ouvertures de ventilation sont également largement identifiées comme des points de vulnérabilité majeurs des constructions exposées aux feux de végétation (Dossi et al. 2022 ; Hakes et al. 2017 ; Laranjeira et Cruz 2014 ; Ribeiro et al. 2020 ; Syphard et Keeley 2019 ; Vacca et al. 2020 ; Vieira et al. 2022). Les études post-incendie et expérimentales montrent que l'entrée de brandons à l'intérieur des bâtiments est fréquemment associée à ces ouvertures, en particulier lorsqu'elles ne sont pas équipées de grilles de protection fines (Hakes et al. 2017 ; Laranjeira et Cruz 2014 ; Menemenlis et al. 2023 ; Ribeiro et al. 2020 ; Syphard et Keeley 2019 ; Vacca et al. 2020 ; Vieira et al. 2022).

Les cheminées constituent également des points d'entrée privilégiés pour les brandons lorsqu'elles ne disposent pas de dispositifs de protection adaptés (Laranjeira et Cruz 2014 ; Menemenlis et al. 2023). Les brandons transportés par le vent peuvent en effet pénétrer dans l'enveloppe du bâtiment par les évents de ventilation, les ouvertures en toiture ou les cheminées, s'accumuler dans les combles ou les volumes intérieurs et entraîner des départs de feu à l'intérieur des constructions (Manzello et al. 2011). Les analyses statistiques confirment le rôle déterminant de ces ouvertures dans la vulnérabilité globale des bâtiments. Troy et al. (2022) montrent que les constructions sans évent ou avec des évents protégés présentent un risque de dommage diminué d'environ 77 %.

Enfin, les caractéristiques des façades constituent un facteur important de la vulnérabilité des constructions exposées aux feux en interface ville — espace naturel. Plusieurs études mettent en évidence une relation entre les matériaux de parement extérieur et les niveaux de dommages observés après incendie (Dossi et al. 2022 ; Hakes et al. 2017 ; Maranghides et al. 2015 ; Syphard et Keeley 2019 ; Vacca et al. 2020). Les bardages combustibles, tels que les façades en vinyle, en bois ou en matériaux composites, sont particulièrement sensibles aux différentes formes d'exposition au feu. Ils peuvent être affectés à la fois par le rayonnement thermique émis par le front de flamme et par l'attaque des brandons (Hakes et al. 2017 ; Maranghides et al. 2015 ; Syphard et Keeley 2019). Ces derniers peuvent s'accumuler au pied des façades ou dans les discontinuités du parement, augmentant localement les flux thermiques et la probabilité d'endommagement des murs extérieurs (Hakes et al. 2017 ; Maranghides et al. 2015). À l'inverse, l'utilisation de bardages résistants au feu est associée à une diminution de la vulnérabilité des constructions. Troy et al. (2022) montrent que la présence de ce type de parements induit une réduction du risque de dommage comprise entre 26 % et 31 %, selon les configurations étudiées. La géométrie des façades intervient également dans la vulnérabilité des bâtiments. Les travaux de Hakes et al. (2017) et de Alexander Maranghides et al. (2015) montrent que la présence d'angles rentrants est associée à une augmentation de la vulnérabilité. Ces configurations favorisent l'accumulation de brandons et de débris combustibles, ainsi qu'une exposition accrue au rayonnement thermique, augmentant la probabilité d'endommagement localisé des façades.

Pour finir, l'état général d'entretien des constructions influence directement leur vulnérabilité. Les études post-incendie montrent que la présence de fissures, d'interstices, de tuiles déplacées ou cassées favorise l'entrée des brandons et accroît la probabilité d'allumage (Àgueda et al. 2023 ; Quiroz et al. 2023 ; Ribeiro et al. 2020 ; Vacca et al. 2020 ; Vieira et al. 2022). Simona Dossi et al. (2022) ont ainsi montré qu'au Portugal, un faible niveau d'entretien des constructions, incluant l'accumulation de débris combustibles et la présence de défauts dans l'enveloppe du bâti, est associé à une vulnérabilité accrue face aux incendies en interface ville — espace naturel.

3.2.1.3. Les facteurs en lien avec la végétation et les combustibles artificiels

La vulnérabilité des constructions exposées aux incendies en interface ville — espace naturel dépend également fortement de la nature, de la quantité et de l'agencement des combustibles présents dans leur environnement immédiat, qu'il s'agisse de végétation ou de combustibles artificiels. De nombreuses études montrent que ces éléments, situés à proximité directe du bâti, peuvent jouer un rôle déterminant dans les mécanismes d'allumage et dans l'intensification de l'exposition thermique des structures (voir figure 3 Maison vulnérable) (Àgueda et al. 2023 ; Hakes et al. 2017 ; Kramer et al. 2019 ; Laranjeira et Cruz 2014 ; Papathoma-Köhle et al. 2022 ; Price et al. 2021 ; Quiroz et al. 2023 ; Samora-Arvela et al. 2023 ; Vacca et al. 2020).

La présence de végétation en contact ou à très faible distance des bâtiments constitue un facteur de vulnérabilité largement documenté. Les inventaires post-incendie montrent que les constructions entourées d'arbres situés à moins de deux mètres, de branches touchant les façades, d'herbes hautes ou d'arbustes inflammables présentent des niveaux de dommages plus élevés (Menemenlis et al. 2023). La présence de conifères à proximité immédiate du bâti est également associée à une vulnérabilité accrue, en raison de leur potentiel de production de brandons et de la continuité des combustibles. Plusieurs travaux indiquent que l'augmentation de la couverture végétale dans un rayon de 40 m autour des habitations accroît la probabilité de perte des maisons (Gibbons et al. 2012), en particulier lorsque cette végétation est organisée en groupes d'arbres continus.

Les caractéristiques du combustible végétal jouent également un rôle important. Alexandre et al. (2016) ont montré que les zones présentant un fort pourcentage de végétation hautement inflammable et des paysages continus de combustibles sont associées à un risque accru pour les constructions. Escobedo et al. (2025) ont mis en évidence que la vulnérabilité augmente lorsque la végétation environnante est sèche, tandis que la présence d'arbres à forte humidité situés à proximité immédiate des bâtiments peut, dans certains cas, être associée à une meilleure survie des constructions, ces arbres agissant comme écran thermique ou comme barrière aux brandons sans participer activement à la propagation du feu. Les espèces végétales présentes à proximité des constructions contribuent directement à leur vulnérabilité face aux incendies. La propension d'un végétal à participer à un incendie est généralement caractérisée à travers quatre critères complémentaires de réaction au feu (Toy-Opazo et al. 2024) : l'inflammabilité, qui décrit son aptitude à s'enflammer ; la combustibilité, qui caractérise l'intensité de la combustion ; la durabilité de la combustion, qui traduit sa capacité à maintenir cette combustion dans le temps ; et la consumabilité, qui correspond à la fraction de biomasse effectivement consommée lors de l'incendie. Ces notions seront développées plus en détail dans la partie consacrée à la prévention (voir Chap. 6, Prévention). Dans un contexte nord-américain, Anna L. Behm et al. (2004) identifient plusieurs espèces spontanées de sous-bois associées aux formations résineuses et feuillues présentant une forte inflammabilité. Certaines espèces, comme le houx glabre (*Ilex glabra*), se distinguent notamment par une importante énergie thermique qu'elles sont susceptibles de libérer lors de leur combustion. Dans le contexte australien, Anthony Bartlett (2012) souligne quant à lui les risques associés au pin de Monterey (*Pinus radiata*), une espèce introduite dont la vulnérabilité est notamment liée à sa forte production de brandons.

De plus, l'efficacité des actions de débroussaillement sur la réduction de la vulnérabilité dépend fortement de leur mise en œuvre. Luís Mário Ribeiro et al. (2020) ont montré que le débroussaillement n'est efficace que lorsqu'il est réalisé de manière complète et cohérente autour des constructions. La simple réduction partielle de la végétation ne permet pas de limiter significativement la vulnérabilité lorsque des combustibles persistent à proximité immédiate du bâti. Escobedo et al. (2025) ont également observé que les maisons situées à proximité de sols dépourvus de végétation, mais pouvant inclure du paillis ou des terrasses, présentent une vulnérabilité plus faible lorsque la surface de couverture minérale dépasse 20 % dans un rayon inférieur à 2 m autour de la construction.

Au-delà de la végétation, de nombreux combustibles artificiels situés dans l'environnement proche des bâtiments contribuent également à accroître leur vulnérabilité. Les terrasses en matériaux combustibles, telles que celles en bois ou en matériaux composites, sont fréquemment identifiées comme des éléments critiques (Dossi et al. 2022 ; Hakes et al. 2017 ; Maranghides et al. 2015 ; Syphard et Keeley 2019). Les études montrent que les interstices entre les lames de terrasse, ainsi que les zones situées sous les terrasses, où s'accumulent des débris végétaux ou d'autres matériaux combustibles, constituent des points particulièrement propices à l'allumage (Hasburgh, Stone, et Zelinka 2017). Les attaques de brandons affectent préférentiellement les bords des terrasses et les interstices entre les planches, où les particules incandescentes peuvent s'accumuler et initier une combustion (Meerpoel-Pietri, Tihay-Felicelli, et Santoni 2021). Une terrasse en feu peut générer un flux thermique suffisant pour enflammer un mur adjacent, en particulier lorsque celui-ci est constitué de matériaux combustibles et dépourvu de protection spécifique (Hasburgh et al. 2017). Les analyses statistiques confirment l'importance de ces structures : Troy et al. (2022) ont montré que la présence d'une terrasse en bois est associée à une augmentation du risque de dommage comprise entre 78 % et 141 %, tandis que Simona Dossi et al. (2022) ont également observé une vulnérabilité accrue des constructions en présence de terrasses combustibles.

Les clôtures constituent un autre vecteur potentiel de propagation du feu vers les bâtiments. Plusieurs études post-incendie montrent que les clôtures combustibles peuvent transmettre le feu jusqu'aux façades ou aux ouvertures des constructions (Hakes et al. 2017 ; Maranghides et al. 2015). Troy et al. (2022) ont mis en évidence que la présence de clôtures combustibles accroît le risque de dommages d'environ 64 %, alors que certaines clôtures non combustibles peuvent, dans certains contextes, limiter la propagation du feu. Les travaux expérimentaux de Suzuki et al. (2016) montrent que la présence de paillis au pied des clôtures favorise leur allumage lors d'attaques de brandons. Même en l'absence de paillis, les brandons peuvent s'accumuler à la base des clôtures ou dans les zones de jonction entre planches et éléments de renfort, entraînant une combustion avec

flamme. Les clôtures en feu peuvent ensuite produire leurs propres brandons, contribuant à la propagation de l'incendie.
La présence de structures secondaires à proximité immédiate des habitations constitue également un facteur aggravant. Les hangars, garages ou zones de stockage accolés aux bâtiments principaux créent des espaces semi-confinés favorables à l'accumulation de combustibles et à l'intensification des flux thermiques, augmentant ainsi la vulnérabilité des constructions principales (Maranghides et al. 2015 ; Vacca et al. 2020).
Les véhicules stationnés à proximité des constructions représentent également des sources importantes de combustible. Filkov et al. (2023) expliquent que les véhicules contiennent de nombreux matériaux hautement combustibles, tels que les mousses, les plastiques, les caoutchoucs et les carburants liquides. Les véhicules en feu peuvent générer des jets de flammes capables d'enflammer des véhicules voisins à une distance de l'ordre de 50 cm. Des coulées de carburant ou de plastique en fusion peuvent également propager les flammes au sol, tandis que les véhicules en feu peuvent provoquer l'embrasement de structures proches dans les parkings ou les zones résidentielles denses.
D'autres objets combustibles situés autour des constructions, tels que le mobilier de jardin, les jouets pour enfants ou les équipements en plastique, peuvent également contribuer à accroître la vulnérabilité des bâtiments. Filkov et al. (2023) expliquent que ces éléments peuvent produire des flammes élevées, susceptibles d'atteindre les façades, les volets ou les toitures, ou de fondre et d'étendre la zone en combustion au pied des murs.
Enfin, la présence de réservoirs de gaz de pétrole liquéfié (GPL) à proximité des habitations constitue un facteur de risque spécifique. Plusieurs incendies récents en zones d'interface ont montré que ces infrastructures peuvent être fortement impactées par les feux de végétation, entraînant l'ouverture des soupapes de sécurité et la formation de jets de flamme intenses (Barbosa et al. 2022 ; Price et al. 2021 ; Scarponi et al. 2020). Bien qu'aucune explosion n'ait été observée dans les cas étudiés, ces situations augmentent fortement la charge thermique sur l'environnement immédiat et peuvent aggraver les dommages aux constructions voisines.

3.2.1.4. Les actions de défense

Les actions de défense mises en œuvre ou non lors des incendies constituent un facteur majeur de la vulnérabilité des constructions situées en interface ville — espace naturel. Les analyses post-incendie montrent que le niveau de dommages subis par les bâtiments dépend en partie de la présence d'interventions actives, réalisées par les services de secours, par les résidents ou par les deux. Price et al. (2021) ont montré que le fait qu'une construction ait fait l'objet d'actions de défense figure parmi les facteurs les plus influents pour expliquer sa survie lors d'un incendie. Les retours d'expérience décrivent plusieurs types d'actions de défense visant à limiter l'exposition des constructions au feu. Les travaux d'Alexander Maranghides et al. (2015) identifient notamment l'extinction de foyers localisés dans la végétation ou sur des éléments combustibles proches des bâtiments, le confinement du feu dans des zones limitées afin d'éviter sa propagation vers les structures, ainsi que la pré-humidification de la végétation et des abords immédiats. Ces actions contribuent à réduire localement l'intensité du feu et la charge thermique exercée sur les constructions. L'efficacité de l'humidification de la végétation est également mise en évidence par Natalia Flores Quiroz et al. (2023), qui ont montré, lors du feu de Knysna en Afrique du Sud, que cette pratique était associée à une diminution des dommages sur certaines habitations.

La capacité à mettre en œuvre ces actions dépend fortement des moyens disponibles et des conditions d'accessibilité. Dimitrios Menemenlis et al. (2023) montrent que les bâtiments sont plus vulnérables en l'absence de réservoirs d'eau dédiés ou de systèmes d'extinction fixes, tels que les sprinklers extérieurs. Les caractéristiques des voies d'accès constituent également un facteur limitant : des routes de largeur inférieure à 3 m peuvent empêcher l'intervention des engins de lutte contre l'incendie, tandis que l'absence de borne incendie dans un rayon de 200 m autour des constructions réduit les possibilités d'intervention efficace (Menemenlis et al. 2023).

3.2.2. Les bâtiments industriels

La vulnérabilité des bâtiments industriels exposés aux incendies en interface ville — espace naturel demeure encore peu documentée dans la littérature scientifique, en comparaison des travaux consacrés aux constructions résidentielles. Les études disponibles restent limitées et portent majoritairement sur des retours d'expérience post-incendie, en particulier à la suite des grands feux survenus au Portugal en 2017 (Lopes et al. 2022 ;

Ribeiro et al. 2020). Ces travaux mettent néanmoins en évidence des mécanismes de vulnérabilité spécifiques aux bâtiments industriels, liés à leurs systèmes constructifs, à leurs matériaux et à la configuration de leurs enveloppes.

Les analyses menées par Lopes et al. (2022) montrent que les bâtiments industriels affectés sont majoritairement constitués de structures en acier ou en béton armé. Les zones les plus vulnérables sont principalement les toitures, les façades et les ouvertures, qui constituent des points d'entrée privilégiés pour le feu et les brandons. Dans le cas des structures en acier, les dommages observés incluent le flambage des poutres et des poteaux sous l'effet de l'échauffement, pouvant conduire à une perte de stabilité globale et, dans les cas les plus sévères, à un effondrement partiel ou total. Les déformations des panneaux métalliques de façade ou de toiture peuvent également provoquer des brèches dans l'enveloppe du bâtiment, facilitant la pénétration des flammes, des gaz chauds et des brandons à l'intérieur des halls industriels.
Pour les structures en béton armé, les principaux mécanismes d'endommagement identifiés sont l'écaillage et la fissuration du béton sous l'effet des hautes températures (Lopes et al. 2022). Ces phénomènes peuvent entraîner l'exposition des armatures métalliques, avec une réduction progressive de la capacité portante des éléments structuraux et, dans certaines situations, un risque d'effondrement. Les structures en bois, bien que minoritaires dans les bâtiments industriels étudiés, ont été observées comme étant entièrement consommées par le feu. À l'inverse, les bâtiments en maçonnerie ont globalement conservé leur capacité structurelle, malgré la combustion éventuelle des éléments de toiture ou de plancher en bois (Lopes et al. 2022).
Les matériaux de parement et de couverture jouent également un rôle déterminant dans la vulnérabilité des bâtiments industriels (Lopes et al. 2022). Les façades et toitures constituées de panneaux sandwich à noyau en polyuréthane (PUR ou PIR) présentent une vulnérabilité élevée : après la rupture de la peau extérieure métallique, le noyau isolant combustible peut favoriser une propagation horizontale et verticale de l'incendie, tout en facilitant l'entrée du feu dans le bâtiment. À l'inverse, les dalles de pierre utilisées en couverture n'ont montré aucun dommage ni contribution à la propagation du feu. Les plaques de fibrociment, quant à elles, n'ont pas favorisé la propagation ni la pénétration directe de l'incendie à l'intérieur des bâtiments, mais ont contribué à une augmentation significative de la température ambiante intérieure, pouvant entraîner l'effondrement des éléments porteurs de la toiture lorsque le feu avait pénétré par d'autres voies.
Les équipements installés en toiture constituent également des éléments vulnérables. Lopes et al. (2022) ont rapporté des dommages fréquents sur les systèmes de climatisation, ainsi que sur l'isolation des tuyauteries en cuivre, exposées aux gaz chauds et aux flux thermiques. Par ailleurs, la présence généralisée de lanterneaux ou lucarnes en polycarbonate, observée sur environ 75 % des toitures industrielles étudiées, apparaît comme un facteur aggravant. Ces éléments, constitués de matériaux combustibles, sont souvent endommagés lors du passage du feu et deviennent des points d'entrée privilégiés pour les brandons, favorisant des départs de feu à l'intérieur des bâtiments.
Au-delà des bâtiments eux-mêmes, certaines infrastructures industrielles présentent une vulnérabilité particulière face aux incendies de végétation. Eleanor M. Hennessy et Mikhail Chester (2025) soulignent que les infrastructures électriques, telles que les centrales, les postes électriques et les lignes de transport et de distribution, sont exposées à des risques directs lors du passage du feu, mais également à des aléas post-incendie. Les coulées de débris déclenchées par les pluies suivant les incendies peuvent gravement affecter ces installations en endommageant les fondations, en submergeant les équipements ou en bloquant les accès, compliquant ainsi les interventions d'urgence et les opérations de réparation. Cette vulnérabilité est particulièrement marquée pour les infrastructures situées sur des pentes fortes ou en zones boisées, où l'exposition combinée au feu et aux phénomènes post-incendie génère un risque cumulatif élevé pour la continuité du service.

3.2.3. Les campings

La vulnérabilité des campings et des hébergements légers face aux incendies est encore peu documentée dans la littérature scientifique. Les travaux disponibles montrent pourtant que ces installations constituent à la fois des lieux potentiels d'ignition et des espaces particulièrement exposés en cas d'arrivée d'un feu de végétation.

Selon l'analyse de Jenkins et al. (2023) menée sur trois États américains entre 1992 et 2020, les incendies liés aux activités récréatives représentent 12 % des feux d'origine humaine et 8 % des surfaces brûlées. Les départs de feu sont majoritairement associés à des foyers de camp mal éteints, laissés sans surveillance ou contenant des braises persistantes. Ces allumages peuvent évoluer en incendies de grande ampleur dans des milieux dominés par des arbustes ou des graminées, où la propagation est rapide. Almeida et al. (2017) ont complété ce constat en soulignant l'importance des comportements individuels : usage inadapté de feux de bois ou de barbecues, mauvaise manipulation du gaz pour la cuisson, défaut d'entretien des équipements (graisses accumulées, installations électriques détériorées). Ces pratiques augmentent la probabilité d'allumage initial et contribuent à la dangerosité des zones de camping en période sèche.
Les campings peuvent également être directement affectés par l'intrusion d'un incendie extérieur. L'exemple du camping de Los Alfaques en Espagne, décrit par Almeida et al. (2017), illustre la vulnérabilité élevée de ces structures. Plusieurs facteurs concourent à cette sensibilité. Les campings sont fréquemment implantés au sein de zones boisées, où l'accumulation d'aiguilles de pin, de feuilles sèches et de débris assure une continuité combustible entre le milieu naturel et les installations. Ils concentrent par ailleurs une quantité importante de matériaux combustibles : tentes en polyester, polyamide ou polyuréthane, sacs de couchage, matelas en mousse, bâches et auvents constitués de matériaux à forte énergie calorifique.
Les tests expérimentaux réalisés par Almeida et al. (2017) ont mis en évidence la grande variabilité des valeurs calorifiques des matériaux utilisés (22,45 à 45,45 MJ/kg) et des temps d'ignition courts (118 à 224 secondes), révélant leur forte propension à l'allumage et à la propagation. Les plis et irrégularités des toiles favorisent également l'accumulation de brandons et peuvent conduire à l'apparition de points chauds ou à la perforation des surfaces. De plus, la présence de matériaux combustibles à l'intérieur des tentes (matelas, textiles) peut entraîner une combustion intégrale rapide, même lorsque la toile est classée « faiblement inflammable ». L'espacement réduit entre tentes et caravanes facilite aussi la transmission du feu par conduction, convection ou projection de brandons. Enfin, sous l'effet du vent, une tente enflammée peut être arrachée et transportée, devenant un vecteur secondaire de propagation.
Les structures légères, telles que les mobil-homes ou les caravanes, présentent également une vulnérabilité élevée lorsqu'elles sont exposées à un incendie extérieur. Elles sont en effet majoritairement construites à partir de matériaux légers et combustibles, ce qui favorise leur ignition sous l'effet du rayonnement thermique ou de l'attaque de brandons. La présence d'un espace non protégé sous ces structures constitue un point de faiblesse supplémentaire : les flammes peuvent s'y propager et atteindre rapidement le plancher, comme l'ont montré les travaux de Moore (1981). Par ailleurs, les façades comportent fréquemment des portes coulissantes et des fenêtres, généralement dépourvues de protections. Ces éléments sont particulièrement sensibles au rayonnement thermique, ce qui peut conduire à la rupture des vitrages et permettre l'entrée directe de flammes ou de brandons à l'intérieur du logement.
Les travaux de Troy et al. (2022) ont montré que les mobil-homes sont de quatre à six fois plus susceptibles d'être détruits que les habitations conventionnelles. Cette forte vulnérabilité se traduit également par un taux de mortalité plus élevé. Plusieurs facteurs l'expliquent : une propagation interne très rapide du feu en raison de la configuration compacte des espaces, une production importante de fumées et de gaz toxiques résultant de la combustion des nombreux matériaux plastiques présents à l'intérieur, ainsi qu'un nombre limité d'issues de secours (Moore 1981). En effet, ces structures disposent rarement de plus de deux portes extérieures et les fenêtres, à l'exception des baies vitrées du séjour, sont souvent de petite taille, ce qui complique l'évacuation en situation d'urgence.

3.2.4. Habitats informels

En France, la loi n° 2014-366 du 24 mars 2014 définit l'habitat informel comme un ensemble de locaux ou installations à usage d'habitation édifiés majoritairement sans droit ni titre, dépourvus d'alimentation en eau potable, de réseaux d'assainissement, de voiries adaptées et d'équipements collectifs garantissant des conditions satisfaisantes de salubrité et de sécurité.

La vulnérabilité des habitats informels face aux incendies de végétation n'est pas documentée dans la littérature scientifique. À ce jour, aucune étude n'analyse spécifiquement la résistance ou le comportement de ces structures lorsqu'elles sont exposées à un incendie de végétation. En revanche, plusieurs travaux portent sur les incendies survenant à l'intérieur des campements informels, où l'allumage est intrinsèque aux habitations. Walls et al. (2017) ont identifié les principales sources d'ignition : flammes nues (18,3 %), défaillances électriques (17,3 %), cuisson (7,6 %), chauffage (5,7 %), incendies criminels (5,5 %), tabagisme (2,5 %), opérations de soudage (1,3 %) et foudre (0,9 %). Ces données constituent la base des connaissances actuelles relatives à la dynamique du feu dans ces environnements.
Plusieurs facteurs structurels et contextuels contribuent à la forte vulnérabilité de ces habitats. Les constructions sont réalisées hors cadre réglementaire et utilisent des matériaux disponibles localement : tôles minces en acier, bois ou planches récupérées, carton ou plastique utilisés comme isolants (Walls et al. 2017). Ces matériaux présentent une inflammabilité élevée, ce qui favorise la propagation rapide du feu (Cicione, Walls, et Kahanji 2019 ; Kahanji, Walls, et Cicione 2019 ; Wang et al. 2021). De plus, la plupart de ces habitations étant dépourvues de sécurisation foncière, les habitants investissent rarement dans des améliorations structurelles ou des dispositifs de protection (Affif et March 2025).
À l'intérieur ou à proximité immédiate, on trouve de nombreux combustibles domestiques (mobilier, matelas, bouteilles de gaz...) qui alimentent le sinistre une fois l'allumage initié (Cicione et al. 2019 ; De Koker et al. 2020 ; Kahanji et al. 2019 ; Walls et al. 2017 ; Wang et al. 2021). Les travaux de Wang et al. (2021) montrent que les matériaux présents dans les habitats informels possèdent des flux critiques d'inflammation très faibles, confirmant leur allumage rapide pour des niveaux modérés de rayonnement thermique.
La densité très élevée des habitations constitue un autre facteur déterminant. Les distances de séparation, très souvent inférieures à 2 m, facilitent l'allumage de structure à structure sous l'effet du rayonnement thermique ou de l'impact des flammes. Cette configuration est confirmée par les études expérimentales et les retours d'expérience de Walls et al. (2017), Cicione et al. (2019), Affif et March (2025), De Koker et al. (2020), Kahanji et al. (2019).
Les essais réalisés pour caractériser le comportement au feu de ces habitations confortent ces observations. Walls et al., Cicione et al., Wang et al. et De Koker et al. ont reproduit à échelle réelle des structures représentatives comportant une porte et une fenêtre en bois ou en acier, allumées soit par un bûcher soit par un combustible domestique comme un matelas (Cicione et al. 2019 ; De Koker et al. 2020 ; Walls et al. 2017 ; Wang et al. 2021). Ces essais montrent que la porosité des parois favorise la ventilation du feu et la formation de jets de flamme, renforçant l'exposition des constructions voisines. Les structures en bois ou en acier peuvent s'effondrer rapidement sous l'effet de la chaleur (Cicione et al. 2019 ; Walls et al. 2017), ce qui accroît encore la propagation en générant des débris incandescents susceptibles d'enflammer les structures adjacentes.
Les conditions d'accès et de lutte contre l'incendie aggravent encore cette vulnérabilité. Les habitations disposent rarement d'une alimentation en eau suffisante ou adaptée à la lutte initiale, et la pression disponible est souvent très faible (Affif et March 2025 ; Kahanji et al. 2019). Les accès sont étroits ou encombrés, rendant difficile l'intervention des services de secours (Affif et March 2025). La présence de branchements électriques illégaux, souvent situés en hauteur ou au sol, constitue un obstacle supplémentaire et représente un danger pour les intervenants (Kahanji et al. 2019).
L'ensemble des études convergent ainsi vers un même constat : les habitats précaires présentent une vulnérabilité extrême face aux incendies, en raison de leurs caractéristiques constructives, de leur organisation spatiale, de l'absence de services urbains essentiels et de facteurs socio-économiques structurels. Bien que la littérature se concentre principalement sur les incendies d'origine domestique, ces connaissances permettent d'inférer

qu'en situation de feu de végétation, ces environnements réuniraient des conditions particulièrement propices à une propagation rapide, à des dommages majeurs et à un risque humain très élevé.

3.3. Vulnérabilité sociale et inégalités face aux incendies

3.3.1. Le développement des travaux d'évaluation de la vulnérabilité sociale

Les années 2000 et surtout 2010 sont marquées par le développement de travaux à visée opérationnelle pour évaluer et cartographier la vulnérabilité aux États-Unis, dans la péninsule ibérique, mais également en France (pour le volet exposition principalement). L'analyse systématique de la littérature de Thomas et al. (2022) souligne en effet que les travaux sur la vulnérabilité des populations dans les interfaces ville — espace naturel concernent en très grande majorité les États-Unis, le Canada et l'Australie ; l'Europe ne représente que 2 % des publications, avec une focale sur l'Espagne. Sur le plan méthodologique, ces travaux s'appuient eux aussi souvent sur des cartographies. Celles-ci croisent exposition et variables mesurant le désavantage socio-économique (Akter et Grafton 2021). Toutefois, l'ensemble de ces variables n'est pas systématiquement pris en compte dans la gestion du risque : les dimensions sociales de la vulnérabilité sont souvent sous-représentées, comme le montrent par exemple Méndez et al. pour les sans-papiers aux États-Unis (Méndez, Flores-Haro, et Zucker 2020 ; Palaiologou et al. 2019).

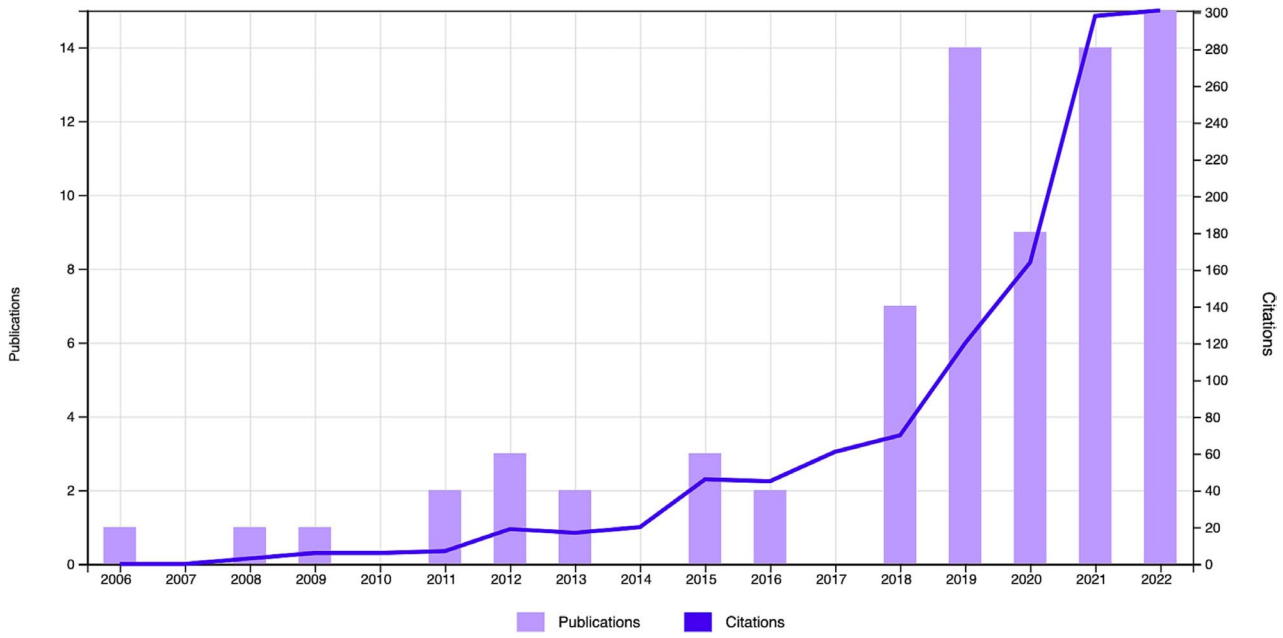


Figure 5 : Publication et citations pour les termes « wildfire » et « Social Vulnerability » 2006-2021 (Lambrou et al. 2023)

Lambrou et al. (2023) proposent une revue de la littérature consacrée à la vulnérabilité sociale. Cette revue de 52 articles de 2006 à 2022 permet de donner une vision synthétique et propose un cadrage qui distingue les travaux sur trois dimensions de la vulnérabilité : l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation.

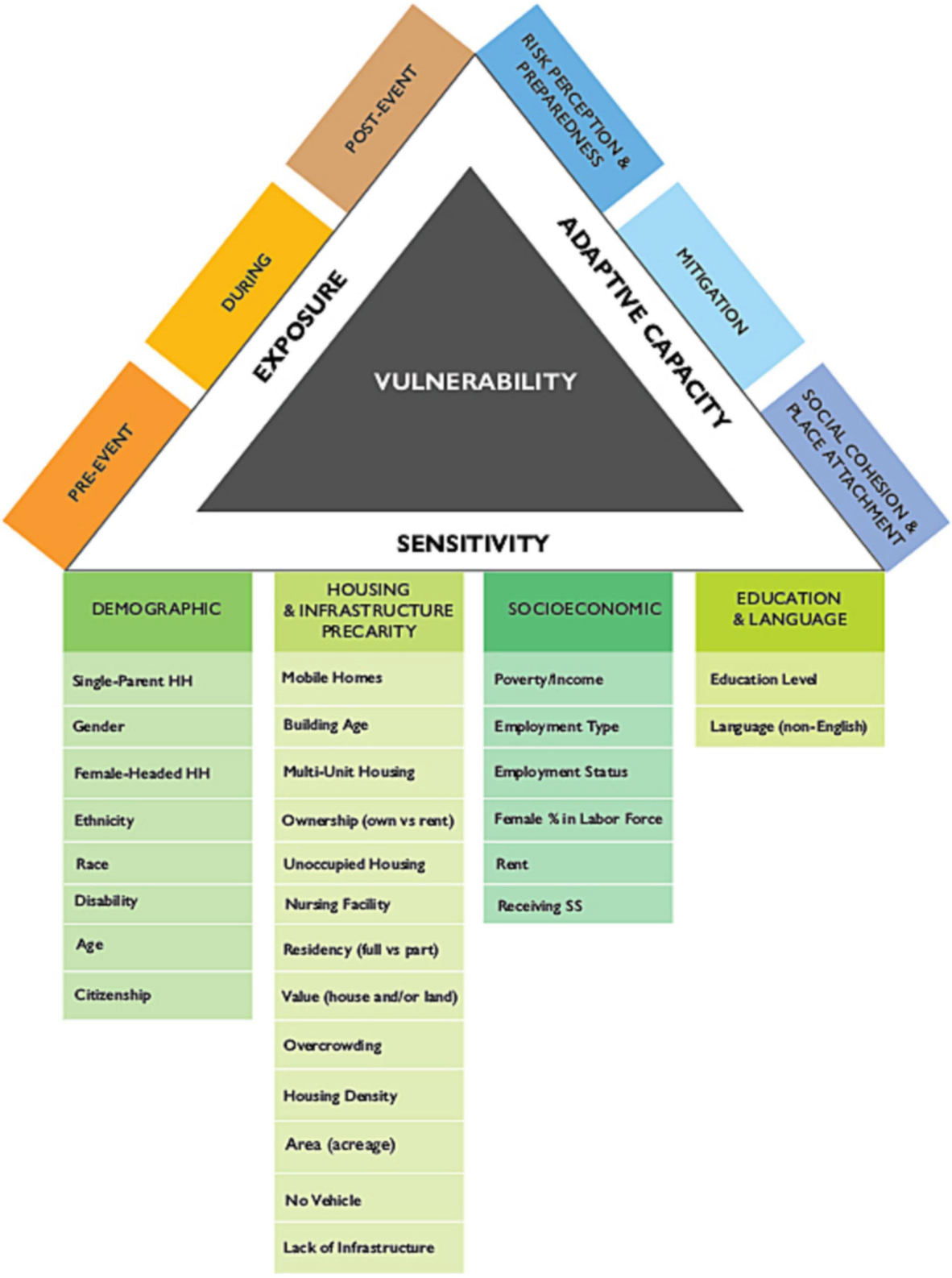


Figure 6 : Cadre de référence sur la vulnérabilité, issu de (Lambrou et al. 2023)

La plupart des études cartographiant la vulnérabilité sociale se concentrent sur la coïncidence spatiale entre le périmètre des incendies et certaines caractéristiques sociodémographiques. La vulnérabilité dépend autant de la situation géographique commune aux populations (i.e. l'exposition) que des caractéristiques communes qui découlent d'identités spécifiques (i.e. la sensibilité). La plupart de ces travaux proposent la prise en compte de l'exposition pour déterminer des schémas spatiaux et identifier les zones vulnérables à l'échelle du territoire (Solangaarachchi, Griffin, et Doherty 2012 ; Wigtil et al. 2016).

Les travaux qui visent à évaluer la sensibilité se concentrent eux sur les caractéristiques personnelles des populations exposées aux incendies comme facteurs déterminant leur capacité à se préparer et à réagir à l'incendie (voir ci-après).
Enfin, le troisième sous-ensemble de travaux relatifs à la vulnérabilité sociale s'intéresse à la question de la capacité d'adaptation. Cette littérature en sciences humaines et sociales se focalise en particulier sur la perception et l'atténuation du risque ainsi que sur la cohésion sociale couplée à l'attachement au lieu (Lambrou et al. 2023) (cette littérature sera analysée dans le point 3.4). Ces deux derniers sous-ensembles sont principalement issus de travaux étatsuniens.

3.3.2. Les disparités spatiales face au risque

De nombreux travaux cherchent à caractériser la dimension spatiale de la vulnérabilité sociale aux incendies. Par exemple Chas-Amil et al. (2022) étudie la corrélation spatiale entre l'impact des incendies (nombre, superficie) et la vulnérabilité sociale à l'échelle communale en Espagne (Galice). Il propose une série d'indicateurs classiques pour mesurer la vulnérabilité (caractéristiques démographiques, revenus, accès aux services...) et montre que les zones à plus haut risque (aléa + forte vulnérabilité) correspondent au monde rural en déprise. Dans les interfaces de la zone d'étude, il relève des populations plutôt favorisées, donc peu sensibles, avec cependant l'existence de clusters cumulant aléa fort et vulnérabilité élevée.

Le même schéma est retrouvé dans l'Ouest des États-Unis, où les interfaces à haut risque sont plutôt composées de populations blanches et aisées (Davies et al. 2018). Néanmoins, si les groupes de quartiers présentant une forte vulnérabilité sociale ne couvrent que de petites superficies, ils se caractérisaient par une forte densité démographique et urbaine et sont exposés de manière disproportionnée par rapport à la superficie brûlée par les incendies (Davies et al. 2018 ; Palaiologou et al. 2019).
Mais, comme évoqué dans le point 3.1, le choix des indicateurs dans l'évaluation de la vulnérabilité a une incidence directe sur la géographie des zones identifiées comme à risque par les politiques publiques. En termes de gestion, seule l'exposition était initialement prise en compte par ces dernières, notamment en France, dans les plans de prévention (Bouisset 2011). Or, on peut considérer que la plus grande vulnérabilité découle des caractéristiques associées à une exposition élevée, mais aussi à un manque de capacité d'agir pour atténuer cette vulnérabilité.
La question de l'inclusion de tel ou tel critère dans la mesure de la vulnérabilité et dans les cartographies qui la représentent n'est donc pas neutre. Hino et Field (2023) montrent, par exemple, la surreprésentation des quartiers riches par rapport aux quartiers défavorisés dans les cartographies de la vulnérabilité en Californie parce que ces cartographies privilégient le critère de l'exposition. Celle-ci induit un biais dans l'appréhension de la vulnérabilité, la protection et la gestion du risque (voir Zoom sur la Californie). Selon Hino et Field (2023) les quartiers qui font majoritairement l'expérience d'une haute fréquence des incendies 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. Les auteurs montrent ainsi que les zones géographiques qui apparaissent à risque sont différentes selon qu'on prend en compte l'exposition à l'aléa, les incendies réels ou la valeur des dommages constatés. Ils avancent deux raisons possibles, qui ne s'excluent pas : l'effet négatif des incendies répétés sur la valeur des biens immobiliers et la paupérisation des populations dans les zones où ils sont fréquents ; le fait que les quartiers les plus riches bénéficient davantage d'investissements de prévention et de protection d'autre part 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 en favorisant le développement des incendies (Hino et Field 2023).

Zoom sur l'exurbanisation et la vulnérabilité aux incendies en Californie

Greenberg et al. (2024) considèrent que le mouvement d'exurbanisation (arrivée de populations urbaines en zones traditionnellement rurales) en Californie a évolué au fil du temps : alors que des années 1960 aux années 1990, les installations aux marges des agglomérations s'avéraient principalement motivées par la qualité de vie (désir de vivre près de la nature), entre les années 1990 et 2020, ces déménagements sont probablement devenus de plus en plus motivés par la crise du logement et l'accessibilité financière, à une distance raisonnable des métropoles hors de prix (Greenberg et al. 2024).
La résultante est le développement d'une diversité résidentielle qui contribue à l'émergence de paysages d'intermix : par exemple de vastes propriétés clôturées au sommet des reliefs, fortement exposées aux incendies, pour les plus aisés ; des logements plus modestes, construits dans les espaces intercalaires ; et des habitations informelles, notamment des caravanes et mobile homes, stationnés sur les terrains d'autrui ou sur des terrains publics, hébergeant des populations défavorisées, très sensibles aux incendies (Greenberg et al. 2024).

3.3.3. Les déterminants de la vulnérabilité sociale

À l'échelle individuelle, les principaux facteurs de vulnérabilité sociale identifiés (et qui peuvent se cumuler) sont ceux qui influencent la capacité des personnes à engager des actions pour se protéger (actions préventives et gestes qui sauvent en situation de crise) du fait d'obstacles physiques, cognitifs ou matériels (Lambrou et al. 2023). Selon Flanagan et al. (2011), d'une manière générale, la vulnérabilité sociale aux risques naturels relève de quatre grandes catégories de facteurs :

- Le statut socio-économique : personnes sous le seuil de pauvreté ; personnes (+16 ans) sans emploi ; niveau de revenus.
- La langue et le niveau d'éducation : personnes (+25 ans) sans diplôme de fin d'études secondaires ; personnes (+5 ans) parlant mal la langue locale.
- Le logement et les transports : logements dans des immeubles de 10+ unités, mobile-homes ; ménages de > 1 personne par chambre ; ménages sans véhicule, hébergement en institution (hôpital, EHPAD, etc.).
- Les critères démographiques : population avec handicap hors institution ; ménage monoparental avec enfants de moins de 18 ans ; personnes âgées de +65 ans ; personnes âgées de -17 ans

Les variables ne sont pas propres aux incendies, mais concernent les risques naturels en général. Les seuils sont définis en fonction des variables disponibles dans le recensement américain et ne sont pas non plus spécifiques aux incendies.

Certaines populations, comme les personnes âgées à faibles revenus ou les migrants, cumulent les facteurs de vulnérabilités (Thomas et al. 2022). Les conséquences des derniers grands incendies dans les zones d'interface ne font que confirmer cette vulnérabilité (voir le Chap. 4, Conséquences). Si les études citées ne portent pas sur la France, ces facteurs individuels de vulnérabilité peuvent être considérés comme transposables car liés aux capacités des individus et peu dépendants du contexte géographique (même si les seuils, comme le seuil de pauvreté, peuvent varier).
Plusieurs travaux montrent que les incendies sont révélateurs d'inégalités dans la sensibilité et la protection des populations. Ils affectent de manière disproportionnée les populations les plus défavorisées, les personnes âgées, les communautés socio-économiquement désavantagées, ce qui contredit l'idée que les feux toucheraient « tout le monde » de manière égale. Ce constat est fait dans de nombreux cas d'étude, en Australie au moment des feux du Black Summer (Akter et Grafton 2021) comme en Californie (Hino et Field 2023 ; Masri et al. 2021).

La synthèse proposée par Lambrou et al. (2023) rappelle également que la pauvreté est synonyme d'un moins bon accès aux moyens de prévention, de lutte et d'évacuation (absence de véhicule). Aux USA, environ 10 % des occupants de logements situés dans des zones d'aléa fort présentent également une grande vulnérabilité sociale. Or, les moyens publics engagés dans la protection bénéficient majoritairement aux populations et aux quartiers aisés. La fourniture de services et d'équipements (par les organismes publics et les forces du marché) en zone d'interface facilite paradoxalement à la fois l'exposition au risque et la protection contre ce risque. Si les études se concentrent la plupart du temps sur les zones d'aléa fort, les travaux manquent sur les zones à risque modéré mais avec des populations très vulnérables (Lambrou et al. 2023).
Minorités et migrants sont par ailleurs sous-étudiés et souvent considérés comme homogènes (Lambrou et al. 2023). Or, les populations immigrées et autochtones sont tout particulièrement vulnérables. Les incendies de Los Angeles en janvier 2025 ont concerné des quartiers contrastés, affectant tant des quartiers riches que des quartiers de classes moyennes et populaires, avec des effets fortement différenciés sur la capacité à combattre les feux, la résilience, le rôle des assurances, mais aussi la capabilité à la reconstruction (Le Goix et Vacchiani-Marcuzzo 2025) (voir le Chap. 4, Conséquences).
Les travaux qui s'intéressent aux contrastes sociaux mettent en évidence le fait que la vulnérabilité a à la fois une dimension individuelle et collective : Eriksen et Simon (2017) montrent que la vulnérabilité varie d'un ménage à l'autre au sein des communautés, y compris dans les zones aisées. D'autre part, la vulnérabilité des ménages est collectivement modifiée, et souvent réduite, par la communauté aisée au sein de laquelle chaque ménage réside, par exemple grâce au capital social de certains résidents et à leur capacité à interagir avec les autorités locales.
Ainsi, la coexistence de la richesse et de la pauvreté dans les zones d'interface questionne les représentations unidimensionnelles des habitants, les interprétations mutuellement exclusives des déterminants sociaux et spatiaux de la vulnérabilité et, par conséquent, les prescriptions de gestion conçues de manière universelle ou univoque, comme les messages de sensibilisation mentionnant uniquement la dimension biophysique du risque (Collins 2005) (voir les chapitres 6, Prévention et 8, Urbanisme, aménagement et gouvernance).

3.4. Perception du risque et vulnérabilité humaine

3.4.1. Perception du risque

Une étude menée aux USA sur un large échantillon dans une zone d'interface ville — espace naturel montre qu'une majorité des habitants (69 %) a conscience de sa vulnérabilité face à ce risque. Ils sont 1/3 à penser que la végétation sur leur parcelle contribue à ce risque, et 1/3 également à considérer que les caractéristiques physiques de leur habitation contribue au risque de destruction de celle-ci par le feu (Champ, Brenkert—Smith, et Flores 2011). Cette perception du risque est influencée par une combinaison complexe de facteurs socio-démographiques, psychologiques, comportementaux, contextuels et sociaux. Une analyse de la littérature par McCaffrey et al. (2012) montre que la perception de ce risque fonctionne de façon similaire aux autres types de risques, et qu'elle est tout aussi complexe, dépendant de facteurs individuels, contextuels et sociaux.

Les habitants constituent la population essentiellement étudiée. Les touristes sont très peu pris en compte dans la littérature, et pourtant particulièrement vulnérables à cause de leur méconnaissance du terrain (procédures d'évacuation, ressources à mobiliser, etc.) : seuls deux articles du corpus (Collins et Bolin 2009 ; Vaiciulyte, Rohaert, et Ronchi 2025) les abordent dans une revue de la littérature, sans donner d'indication supplémentaire sur ces éléments de vulnérabilité. En revanche, le travail de Collins et Bolin repose sur des entretiens qualitatifs et 500 questionnaires dans les White Mountains en Arizona, dont l'économie est passée de l'extractivisme au tourisme/loisirs. Les résultats soulignent le rôle des facteurs environnementaux (voir infra), de l'intermittence de l'occupation qui conduit à préférer le choix de mesures *ex post* (l'assurance) plutôt que des mesures *ex ante* (prévention) et les tensions induites entre résidents permanents et secondaires qui en résultent, notamment parce que la spécificité des incendies est que l'inaction des uns a des effets sur la vulnérabilité des autres (Collins et Bolin 2009). Par ailleurs, un autre article analyse le fossé de perception des risques entre résidents et professionnels dans une communauté du Colorado (Meldrum et al. 2015) et montre que les habitants ont tendance

à sous-estimer le risque global et à mal évaluer les facteurs de danger concret par rapport aux spécialistes. Le public accorde une importance excessive aux facteurs environnementaux incontrôlables tout en négligeant l'impact des mesures des protections individuelles.
Très peu d'articles s'intéressent uniquement à la perception du risque incendie : la question de la perception est généralement associée à celle de la réponse humaine en termes de comportements d'adaptation et/ou de réduction du risque, et quelquefois d'impacts sur les communautés. On les abordera donc dans le chapitre 6 (Prévention). La perception du risque est généralement décomposée en deux composantes qui sont corrélées : la probabilité d'occurrence et l'ampleur des conséquences (ou impacts). Par ailleurs, il a été montré que les perceptions individuelles du risque incendie ne correspondent pas au niveau de risque « objectif » déterminé par les simulations scientifiques. Les variables individuelles jouent notamment un rôle important dans la différence observée (Paveglio et al. 2016).

3.4.2. Facteurs contextuels et environnementaux

Habituellement, l'étude de la perception des risques se focalise sur un seul risque. Or, lors de l'exposition à des risques multiples, les perceptions peuvent s'influencer mutuellement. Une étude menée en Californie par Houston et al. (2024) s'intéresse spécifiquement à des risques « croisés » présents sur le territoire étudié (incendie, inondation et glissement de terrain), afin de comprendre les perceptions de ces risques et leurs liens à différentes échelles spatiales (allant de l'habitation à la ville). Le risque incendie est significativement perçu comme plus important et plus grave pour toutes les échelles spatiales que les risques d'inondation et de glissement de terrain. Finalement, le seul effet croisé observé correspond à la perception d'un lien entre risques incendie et inondation, mais uniquement chez ceux qui ont une perception élevée du risque incendie. Aucun autre effet croisé entre le risque incendie et les autres types de risques n'apparaît lorsque les autres facteurs sont contrôlés (analyse de régression).

Les échelles spatiales ont un impact sur la perception du risque d'incendie, puisque celle-ci augmente de manière constante de l'échelle la plus proche (maison) à l'échelle la plus large (communauté) (Collins 2012 ; Houston et al. 2024). Autrement dit, plus on s'éloigne de sa maison, plus la menace est considérée comme importante. Ce phénomène d'« optimisme spatial » doit être mis en relation avec d'autres variables contextuelles qui peuvent l'amplifier, comme le fait de vivre à proximité de terres non aménagées. Au contraire, cette tendance peut être renversée, c'est-à-dire qu'un sentiment de sécurité à l'échelle de la ville ou de la communauté (et non du domicile) peut émerger lorsque les zones forestières sont perçues comme gérées par le gouvernement (Houston et al. 2024). L'effet d'échelle est si prononcé que les relations entre certains facteurs (comme le statut de propriétaire ou la valeur de la propriété) et la perception du risque ne deviennent significatives que lorsque l'échelle spatiale est prise en compte : ces facteurs engendrent une perception élevée des pertes potentielles et donc une perception élevée du risque, mais uniquement à l'échelle de la ville et non à celle du domicile, ce qui confirme l'effet d'optimisme spatial (Collins 2012 ; Paveglio, Edgeley, et Stasiewicz 2018).
La proximité physique d'un danger augmente la perception du risque : les personnes qui vivent à proximité d'une zone récemment brûlée (cicatrice de brûlage) ou non aménagée ont des classements de risque d'incendie (et autres risques) perçu significativement plus élevés à l'échelle du logement comme de la communauté (Houston et al. 2024). Inversement, le risque perçu est moins élevé lorsque les intervalles de retour des incendies sont fréquents, ce qui entraîne un effet d'habituation au danger (Gordon, Luloff, et Stedman 2012).
Enfin, la relation au lieu est étudiée à travers l'attachement au lieu et ses liens avec la perception du risque. Les individus les plus attachés à leur lieu de vie ont tendance à sous-estimer le risque afin de préserver la valeur de leur propriété, tout en amplifiant ce même risque à l'échelle plus étendue de la ville (Houston et al. 2024).

3.4.3. Facteurs socio-démographiques et individuels

Un lien peut être établi entre les facteurs environnementaux et individuels à l'aune du changement climatique. En effet, le fait de percevoir que le changement climatique constitue un risque global pour la région dans laquelle les individus résident, rend ces derniers plus susceptibles de percevoir que le changement climatique augmente le risque d'incendie sur leur propriété (Bardsley et al. 2018). D'ailleurs, les habitants des zones résidentielles en bordure de forêt considèrent cette proximité comme une menace pour leur propriété, ce qui les amène à mieux accepter la gestion de ces zones forestières (Moskwa et al. 2016).

Les caractéristiques des résidents et leur statut social peuvent affecter leur perception du risque. Les femmes ont tendance à avoir des perceptions significativement plus élevées de la probabilité d'un incendie et de ses conséquences négatives (Champ et Brenkert—Smith 2016). Elles ont une perception du risque incendie plus élevée lorsque ce risque concerne leur logement (mais pas des niveaux spatiaux plus larges comme le quartier ou la ville), surtout lorsqu'elles sont actives dans leur communauté (Houston et al. 2024).
Les résidents plus âgés ainsi que ceux qui ont des enfants sont plus sensibles au risque global et aux pertes potentielles liées à un incendie (Paveglio et al. 2018). D'autres recherches montrent que les plus jeunes (18-44 ans) constituent un groupe qui reconnaît le risque, mais n'agit pas (Bardsley et al. 2018).
Le statut d'occupation a également un impact sur la perception du risque : le statut de locataire, tout comme celui d'occupant à temps partiel (résidence secondaire) est associé à des niveaux de risque perçu plus élevés, probablement à cause d'un manque de contrôle sur les dangers susceptibles de survenir au niveau du domicile, tandis que les propriétaires ont des perceptions de danger plus élevées au niveau de la communauté (Collins 2012 ; Houston et al. 2024).

Zoom sur la notion de Community/Communauté[3]

Dans le contexte nord-américain, la notion de *community* est omniprésente dans les travaux scientifiques en sciences humaines et sociales. C'est pourquoi elle est régulièrement mentionnée dans ce rapport. En France les notions mobilisées sont plutôt des lieux (le quartier) ou des découpages administratifs (la commune).
La communauté renvoie à un réseau de sociabilité dense à l'échelon du voisinage, du quartier, du mode de vie. Le terme peut être mobilisé tant dans des contextes ruraux qu'urbains.
En ville, la communauté renvoie à une forme d'organisation sociale, fruit des rassemblements des personnes de statuts et besoins homogènes (ethnique, économique, social, âge, religieux...). Elle renvoie à une sorte d'éclatement de la ville, où chaque communauté d'intérêt s'organise à l'échelle de son quartier, voire de sa rue, et défend ses intérêts en protégeant ses biens.
Les critères principaux en sont : 1. Un territoire partagé et délimité ; 2. Des valeurs, une histoire, une identité (ethnique, religieuse, sociale) communes ; 3. Un domaine public partagé, offrant des lieux de sociabilité (parcs, rues, équipements publics) ; 4. Des structures d'entraide mutuelles et associatives (églises, associations diverses...) ; 5. Une volonté de protéger ou de guider un intérêt commun (par exemple, protéger la valeur immobilière par l'action d'une association de quartier).
La notion de *community* est donc fondamentalement spatiale, sociale et politique. Elle joue un rôle clé dans les stratégies de réduction de la vulnérabilité aux États-Unis (voir également Chap. 6, Prévention et 8, Urbanisme, aménagement et gouvernance).

[3] Pour aller plus loin, voir : Park, R. E., Burgess, E. W., & McKenzie, R. D. (1925). The City: Suggestions for the Study of Human Nature in the Urban Environment (pp. 1-19). University of Chicago Press. Paddison, R. (2001). Communities in the city. Handbook of urban studies, 194-205.

3.4.4. Expérience

L'expérience passée a des effets contradictoires sur la perception du risque : elle peut avoir des effets modérateurs comme amplificateurs de cette perception (McCaffrey et al. 2012). Une étude met par exemple en évidence l'importance de l'expérience du feu dans la perception du risque, mais la méthode utilisée a consisté à interroger des acteurs-clefs au sujet de leur perception de ces aspects au sein de leur communauté (Gordon et al. 2012). D'autres auteurs montrent au contraire que le fait d'avoir vécu un incendie à moins de 10 miles de son domicile n'est pas corrélé à la perception de la probabilité ni de la gravité des conséquences d'un tel évènement (Champ et Brenkert—Smith 2016). Certaines études suggèrent également que les personnes ayant survécu à un incendie peuvent percevoir le risque futur comme moins sérieux, estimant qu'elles ont déjà fait face à la menace avec succès (Jacobson, Monroe, et Marynowski 2001).

Par contre, l'expérience de l'évacuation entraîne une corrélation significative : les répondants ayant vécu une évacuation en raison d'un incendie perçoivent à la fois une probabilité plus élevée du risque d'incendie et une probabilité plus élevée de conséquences négatives si un incendie se déclare sur leur propriété (Champ et Brenkert—Smith 2016).

3.4.5. Aspects sociaux de la perception du risque

Les aspects sociaux sont peu étudiés au regard de la seule perception du risque, car leur influence est surtout abordée en termes de norme sociale et d'impact sur le comportement de prévention (voir Chap. 6, Prévention). Une seule étude montre clairement que les interactions entre résidents affectent la perception du risque, en jouant notamment un rôle d'amplification sociale. Le fait de parler du feu avec ses voisins s'avère être un facteur plus important pour la perception du risque que l'expérience personnelle, mais essentiellement lorsqu'il est associé à d'autres facteurs individuels, comme le fait d'être une femme et de percevoir la végétation dense sur sa propriété (Champ et Brenkert—Smith 2016). Au final, cette étude longitudinale montre qu'aucun facteur seul n'est explicatif de la perception du risque : c'est la conjonction de plusieurs facteurs qui affecte cette perception.

4. Lacunes de connaissance et controverses

Malgré le développement important des travaux consacrés à la vulnérabilité aux incendies de végétation au cours des deux dernières décennies, plusieurs limites demeurent dans les connaissances disponibles.

La première concerne les données mobilisées pour évaluer la vulnérabilité. Les travaux reposent encore largement sur des études post-incendie réalisées après des événements majeurs. Ces retours d'expérience constituent une source d'information précieuse, mais présentent plusieurs limites. Ils sont généralement construits a posteriori, dans des contextes où certaines données essentielles n'ont pas été collectées de manière systématique avant l'événement. L'absence fréquente d'un inventaire détaillé des caractéristiques initiales des constructions, de leur environnement immédiat et des mesures de protection présentes limite la capacité à identifier précisément les facteurs ayant conduit aux dommages observés. À cela s'ajoute une documentation souvent incomplète des effets de l'incendie, notamment pour les dommages partiels ou les actions de lutte mises en œuvre, alors même que ces éléments jouent un rôle déterminant dans l'interprétation des scénarios d'endommagement.
Une deuxième limite concerne le caractère fragmentaire des approches développées. La vulnérabilité résulte pourtant de l'interaction entre de nombreux facteurs : caractéristiques des constructions, végétation environnante, topographie, conditions météorologiques, organisation spatiale des territoires, dispositifs de protection et actions de défense. Or, la plupart des études analysent ces dimensions séparément. Les approches véritablement intégrées restent relativement rares.
Cette situation alimente plusieurs controverses scientifiques. La principale concerne le poids respectif des facteurs environnementaux et des caractéristiques constructives dans l'endommagement des bâtiments. Certains travaux mettent en avant le rôle déterminant de la végétation et de l'espace défendable autour des constructions, tandis que d'autres soulignent l'importance des matériaux, des ouvertures ou de la conception des bâtiments.

Ces divergences s'expliquent en partie par la diversité des mécanismes d'exposition étudiés. Lors d'attaques dominées par les brandons, les caractéristiques constructives apparaissent souvent prépondérantes. À l'inverse, lorsque les bâtiments sont exposés à un rayonnement intense ou au contact direct des flammes, la végétation et l'organisation des combustibles à proximité immédiate jouent un rôle majeur. Les conclusions dépendent également des systèmes constructifs considérés, qui diffèrent fortement entre l'Amérique du Nord, l'Australie et l'Europe méditerranéenne.
Les connaissances disponibles demeurent par ailleurs très inégalement réparties selon les catégories d'enjeux étudiées. Les travaux disponibles concernent principalement les habitations individuelles. Les connaissances restent beaucoup plus limitées pour les bâtiments industriels, les infrastructures critiques (bien que celles-ci soient très vulnérables et soient parfois, comme les lignes électriques en Californie, à l'origine de départs de feux dévastateurs [Youvan 2025]), les campings, les hébergements légers ou les habitats informels. Ces catégories d'enjeux représentent pourtant des situations de vulnérabilité particulières qui ne peuvent être directement déduites des résultats obtenus sur l'habitat résidentiel.
Les dimensions sociales de la vulnérabilité demeurent également moins documentées que les dimensions physiques. Les travaux consacrés aux inégalités face au risque, à la vulnérabilité des populations ou aux déterminants sociaux de l'exposition restent relativement récents. De plus, les facteurs individuels de vulnérabilité sont fréquemment étudiés à travers leurs effets sur les comportements de prévention, d'évacuation ou d'auto-protection. La frontière entre vulnérabilité sociale et comportements de protection demeure ainsi parfois difficile à établir.
Enfin, la littérature aborde encore principalement la vulnérabilité comme un état observé à un instant donné. Les dynamiques territoriales, les évolutions des usages du sol, les transformations des interfaces ville — espace naturel ou encore les changements démographiques sont généralement étudiés séparément des modèles de vulnérabilité, alors qu'ils participent directement à son évolution dans le temps.

5. Conclusion

La littérature scientifique montre que la vulnérabilité aux incendies de végétation constitue un phénomène multidimensionnel qui ne peut être réduit aux seules caractéristiques des constructions exposées. Elle résulte de l'interaction entre des facteurs territoriaux, sociaux, environnementaux et structurels qui agissent à différentes échelles spatiales et temporelles. Cette diversité des facteurs explique la multiplicité des approches développées pour l'évaluer, depuis les méthodes de cartographie territoriale jusqu'aux modèles d'endommagement des bâtiments, en passant par les approches multicritères intégrant les dimensions sociales et comportementales.

À l'échelle des territoires, les travaux analysés soulignent le rôle majeur des dynamiques d'urbanisation, des transformations des usages du sol et de l'évolution des interfaces ville — espace naturel dans la construction progressive de la vulnérabilité. L'étalement urbain, la fragmentation des espaces agricoles et l'enfrichement contribuent à accroître simultanément l'exposition des populations et la complexité des opérations de protection (voir les Chap. 1, Caractérisation des interfaces et 5, Changements globaux). La vulnérabilité apparaît ainsi comme le produit d'une trajectoire territoriale et non comme une simple caractéristique instantanée des espaces exposés.
À l'échelle des constructions, la littérature met en évidence l'importance conjointe des caractéristiques du bâti, de l'environnement immédiat et de la défendabilité. Les dommages observés résultent généralement de la combinaison de plusieurs mécanismes d'exposition — rayonnement thermique, contact direct des flammes et projections de brandons — dont l'importance relative varie selon les contextes étudiés. Malgré certaines divergences concernant le poids respectif des facteurs structurels et environnementaux, un consensus se dégage sur le rôle central des continuités de combustible à proximité des bâtiments, de la qualité des interfaces constructives et des mesures de protection mises en œuvre autour des constructions.
Les travaux consacrés à la vulnérabilité sociale montrent quant à eux que les conséquences des incendies ne sont pas réparties uniformément au sein des populations exposées. Les caractéristiques socio-économiques, l'âge, la mobilité, l'état de santé ou encore l'accès à l'information influencent fortement la capacité des individus à anticiper, à faire face à l'événement et à s'en remettre. La littérature met également en évidence l'importance

des facteurs comportementaux et de la perception du risque, car ces derniers conditionnent l'adoption des mesures de protection et les décisions prises lors des crises (voir les Chap. 6 Prévention, et 7 Gestion de crise).
L'un des principaux enseignements de ce chapitre réside dans la nécessité d'adopter une approche intégrée de la vulnérabilité et de l'évaluation du risque en général. Les travaux les plus récents tendent à dépasser les approches sectorielles en combinant les dimensions physiques, sociales et spatiales du risque. Cette évolution conduit progressivement à considérer la vulnérabilité non plus comme une propriété intrinsèque d'enjeux statiques (face à un aléa dynamique), mais comme le résultat d'interactions complexes entre les caractéristiques des territoires, les dynamiques sociales et les capacités de protection mobilisables.
Enfin, plusieurs évolutions récentes de la recherche témoignent d'un élargissement progressif du concept de vulnérabilité. Les modèles intègrent désormais davantage les capacités d'adaptation, la défendabilité des enjeux, les comportements individuels et les dynamiques territoriales de long terme. Dans le contexte d'une extension continue des interfaces ville — espace naturel et d'une aggravation attendue du risque incendie dans de nombreuses régions du monde, cette approche intégrée apparaît aujourd'hui comme un cadre indispensable pour orienter les stratégies de prévention, d'aménagement et de protection.

6. À retenir

La vulnérabilité est la propension d'un enjeu (humain, matériel ou environnemental) à subir des dommages face à un aléa. Initialement centrée sur les dommages potentiels aux bâtiments, la notion intègre désormais les capacités des individus, des organisations et des territoires à se protéger et à se relever après un incendie. Elle combine exposition, sensibilité et capacité d'adaptation.
La cartographie de la vulnérabilité est un outil essentiel pour identifier et hiérarchiser les zones à risque. Elle repose sur des indicateurs spatialisés, des approches multicritères et des systèmes d'information géographique. Les zonages qui classent et hiérarchisent les enjeux territoriaux selon leur exposition et leur sensibilité sont un outil central d'évaluation de la vulnérabilité. Selon les critères d'évaluation retenus, les zones urbaines identifiées comme vulnérables diffèrent, ce qui peut influencer les priorités d'action. Les recherches actuelles s'efforcent d'affiner l'évaluation de la vulnérabilité pour intégrer les interactions entre les composantes et les dynamiques des territoires.

6.1. Vulnérabilité du bâti

L'environnement immédiat du bâtiment joue un rôle déterminant dans son niveau d'exposition : la présence de végétation proche (exposition au rayonnement thermique et aux brandons), la topographie (flux thermiques vers les constructions et vitesse de propagation du feu) et la structure du tissu urbain (les bâtiments isolés ou situés en périphérie plus exposés que ceux intégrés dans un ensemble dense et compact).
D'un point de vue structurel, les toitures et l'enveloppe des bâtiments sont les éléments les plus vulnérables, en particulier lorsqu'ils intègrent des matériaux combustibles, comportent des ouvertures mal protégées (simple vitrage, absence de volets ou de grilles) ou sont mal entretenus.
La présence de végétation, de débris ou de matériaux inflammables (mobilier de jardin en plastique, terrasse en bois, clôture, véhicule, citerne, etc.) à proximité immédiate des constructions favorise la propagation du feu.
Plusieurs méthodes convergent vers une hiérarchie similaire des paramètres influents : le matériau de toiture constitue généralement le facteur prépondérant, suivi du type de structure, de la pente du terrain, de la densité et de la continuité de la végétation environnante, ainsi que de la présence ou non d'actions de défense actives.
Les quelques études disponibles indiquent des vulnérabilités spécifiques des bâtiments industriels (structures métalliques, panneaux sandwich, lanterneaux en polycarbonate), des campings (matériaux légers et espace réduit entre les installations) et des habitats précaires informels (matériaux hautement combustibles : bois, plastique, carton ; densité très élevée et absence d'infrastructures adaptées).

6.2. Vulnérabilité sociale

La vulnérabilité sociale est caractérisée par deux dimensions : l'exposition, liée à la localisation et au niveau de l'aléa, et la sensibilité, liée à la capacité des individus à se protéger et à se remettre.
Les principaux déterminants de la sensibilité sont liés aux caractéristiques démographiques (âge, mobilité réduite, niveau d'éducation, langue), aux revenus, à la possession d'un véhicule et à l'expérience de l'incendie.
Les personnes âgées, étrangères, les populations défavorisées ou celles souffrant de handicaps ont des capacités réduites à se protéger et cumulent les facteurs de vulnérabilité.
Certains travaux aux États-Unis soulignent que les populations les plus exposées sont souvent les plus riches, habitant dans des quartiers d'intermix de faible densité (grandes propriétés), mais que les catégories sociales les moins favorisées sont les plus sensibles. En privilégiant le critère de l'exposition, les politiques publiques de gestion du risque peuvent aggraver les inégalités.
Néanmoins, la vulnérabilité a une dimension individuelle, mais aussi collective : la gestion du risque par les pouvoirs publics et la capacité de mobilisation d'une communauté influent sur la vulnérabilité de ses membres.
Cela interroge les représentations unidimensionnelles de la vulnérabilité et, par conséquent, les prescriptions de gestion conçues de manière universelle (qui prétendent s'adresser à tous) ou univoque (c'est-à-dire qui n'évoquent que la dimension biophysique du risque).
La perception du risque incendie dépend de facteurs individuels (âge, genre, statut socio-économique) et contextuels (proximité des zones boisées, expérience passée). Une perception élevée du risque peut encourager des comportements préventifs, mais des biais, comme l'optimisme spatial (se sentir plus en sécurité chez soi qu'ailleurs) accroissent la vulnérabilité.

7. Liste des références du chapitre III

Affif, Aulia Malik, et Alan March. 2025. « Exploring Informal Settlement Fires in Indonesia: A Study of Fire Risk Assessment and Fire Resilient Strategies in Medan ». *Resilient Cities and Structures* 4(4) : 1-20. doi : 10.1016/j.rcns.2025.11.001.

Àgueda, Alba, Pascale Vacca, Eulàlia Planas, et Elsa Pastor. 2023. « Evaluating Wildfire Vulnerability of Mediterranean Dwellings Using Fuzzy Logic Applied to Expert Judgement ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf22134.

Ahmed, M. Razu, Khan Rubayet Rahaman, et Quazi K. Hassan. 2018. « Remote Sensing of Wildland Fire-Induced Risk Assessment at the Community Level ». *Sensors*. doi : 10.3390/s18051570.

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.

Alexandre, Patricia M., Susan I. Stewart, Miranda H. Mockrin, Nicholas S. Keuler, Alexandra D. Syphard, Avi Bar-Massada, Murray K. Clayton, et Volker C. Radeloff. 2016. « The relative impacts of vegetation, topography and spatial arrangement on building loss to wildfires in case studies of California and Colorado ». *Landscape Ecology*. doi : 10.1007/s10980-015-0257-6.

Alexandre, Patricia M., Susan I. Stewart, Susan I. Stewart, Nicholas S. Keuler, Murray K. Clayton, Miranda H. Mockrin, Avi Bar-Massada, Alexandra D. Syphard, et Volker C. Radeloff. 2016. « Factors related to building loss due to wildfires in the conterminous United States ». *Ecological Applications*. doi : 10.1002/eap.1376.

Almeida, Miguel, José Raul Azinheira, Jorge Barata, Kouamana Bousson, Rita Ervilha, Marta Martins, Alexandra Moutinho, José Carlos Pereira, João Caldas Pinto, Luís Mário Ribeiro, Jorge Silva, et Domingos Xavier Viegas. 2017. « Analysis of Fire Hazard in Campsite Areas ». *Fire Technology* 53(2) : 553-75. doi : 10.1007/s10694-016-0591-5.

Barbosa, Thiago Fernandes, Luís Reis, Jorge Raposo, et Domingos Xavier Viegas. 2022. « A Protection for LPG Domestic Cylinders at Wildland-Urban Interface Fire ». *Fire*. doi : 10.3390/fire5030063.

Bardsley, Douglas K., Emily Moskwa, Delene Weber, Guy M. Robinson, Nicolette Waschl, et Annette M. Bardsley. 2018. « Climate change, bushfire risk, and environmental values: examining a potential risk perception threshold in peri-urban South Australia. » *Society & Natural Resources*. doi : 10.1080/08941920.2017.1421733.

Bartlett, Anthony. 2012. « Fire management strategies for' Pinus radiata' plantations near urban areas ». *Australian Forestry*. doi : 10.1080/00049158.2012.10676384.

Behm, Anna L., Mary L. Duryea, Alan J. Long, et Wayne C. Zipperer. 2004. « Flammability of native understory species in pine flatwood and hardwood hammock ecosystems and implications for the wildland—urban interface ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf03075.

Benali, Akli, Bruno A. Aparício, Ana Gonçalves, et Sandra Oliveira. 2023. « Defining Priorities for Wildfire Mitigation Actions at the Local Scale: Insights from a Novel Risk Analysis Method Applied in Portugal ». *Frontiers in Forests and Global Change* 6. doi : 10.3389/ffgc.2023.1270210.

Beverly, Jennifer L., P. M. Bothwell, J. C. R. Conner, et Emily P. K. Herd. 2010. « Assessing the exposure of the built environment to potential ignition sources generated from vegetative fuel ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf09071.

Blanchi, Raphaële, Justin Leonard, et Robert H. Leicester. 2006. « Lessons learnt from post-bushfire surveys at the urban interface in Australia ». *Forest Ecology and Management*. doi : 10.1016/j.foreco.2006.08.184.

Bouisset, Christine. 2011. « PPR, urbanisation et risques d'incendie de forêt dans les Pyrénées-Orientales : méthodes, enjeux, débats ». *Cybergeo*. doi : 10.4000/cybergeo.24658.

Bouisset, Christine, et Simon Vanneufville. 2018. « Pourquoi être résilient quand on est efficace ?: La gestion du risque incendie de forêt dans les Landes de Gascogne au défi des changements territoriaux ». *VertigO* Hors-série 30. doi : 10.4000/vertigo.19152.

Braziunas, Kristin H., Rupert Seidl, Werner Rammer, et Monica G. Turner. 2020a. « Can We Manage a Future with More Fire? Effectiveness of Defensible Space Treatment Depends on Housing Amount and Configuration ». *Landscape Ecology*. doi : 10.1007/s10980-020-01162-x.

Braziunas, Kristin H., Rupert Seidl, Werner Rammer, et Monica G. Turner. 2020 b. « Can we manage a future with more fire? Effectiveness of defensible space treatment depends on housing amount and configuration ». *Landscape Ecology*. doi : 10.1007/s10980-020-01162-x.

Burgel, Guy, et Régis Darques. 2024. « The Greek Urban Fabric. A Societal Triumph ». P. 181-98 in *The Geography of Greece: Managing Crises and Building Resilience*. Springer.

Caton, Sara E., Raquel S. P. Hakes, Daniel J. Gorham, Aixi Zhou, et Michael J. Gollner. 2017. « Review of Pathways for Building Fire Spread in the Wildland Urban Interface Part I: Exposure Conditions ». *Fire Technology* 53(2) : 429-73. doi : 10.1007/s10694-016-0589-z.

Champ, Patricia A., et Hannah Brenkert—Smith. 2016. « Is seeing believing? Perceptions of wildfire risk over time ». *Risk Analysis*. doi : 10.1111/risa.12465.

Champ, Patricia A., Hannah Brenkert—Smith, et Nicholas E. Flores. 2011. « Living with Wildfire in Boulder County, Colorado, 2007 ». doi : 10.2737/rmrs-rn-47.

Chas-Amil, Maria-Luisa, Emilio Nogueira-Moure, Jeffrey P. Prestemon, et Julia Touza. 2022. « Spatial patterns of social vulnerability in relation to wildfire risk and wildland-urban interface presence ». *Landscape and Urban Planning*. doi : 10.1016/j.landurbplan.2022.104577.

Cicione, Antonio, Richard S. Walls, et Charles Kahanji. 2019. « Experimental Study of Fire Spread between Multiple Full Scale Informal Settlement Dwellings ». *Fire Safety Journal* 105:19-27. doi : 10.1016/j.firesaf.2019.02.001.

Cohen, Jack D. 2000. « Preventing disaster: home ignitability in the wildland-urban interface. » *Journal of Forestry*. doi : 10.1093/jof/98.3.15.

Colantoni, Andrea, Efstathios Grigoriadis, Adele Sateriano, Giuseppe Venanzoni, et Luca Salvati. 2016. « Cities as Selective Land Predators? A Lesson on Urban Growth, Deregulated Planning and Sprawl Containment ». *Science of The Total Environment* 545-546:329-39. doi : 10.1016/j.scitotenv.2015.11.170.

Collins, Timothy W. 2005. « Households, forests, and fire hazard vulnerability in the American West: A case study of a California community ». *Global Environmental Change Part B : Environmental Hazards*. doi : 10.1016/j.hazards.2004.12.003.

Collins, Timothy W. 2012. « Spatial Scale and Hazard Perception: An Exploratory Analysis ». *Society & Natural Resources* 25(11) : 1134-51. doi : 10.1080/08941920.2012.665985.

Collins, Timothy W., et Bob Bolin. 2009. « Situating Hazard Vulnerability: People's Negotiations with Wildfire Environments in the U.S. Southwest ». *Environmental Management*. doi : 10.1007/s00267-009-9333-5.

Criqui, Laure. 2016. « L'action publique en contexte informel : mission possible ! » *Tous urbains* 15(3) : 55-57. doi : 10.3917/tu.015.0055.

Crozat, Dominique. 2009a. « La production culturelle de la norme spatiale à travers l'habitat illégal dans l'Hérault ». *Géographie et cultures* (72) : 43-62. doi : 10.4000/gc.2217.

Crozat, Dominique. 2009 b. « Lire l'habitat illégal pour comprendre les processus de normalisation spatiale de la périphérie : la cabanisation dans l'Hérault ». *null*.

Cutter, Susan L., Bryan J. Boruff, et W. Lynn Shirley. 2003. « Social Vulnerability to Environmental Hazards* ». *Social Science Quarterly* 84(2) : 242-61. doi : 10.1111/1540-6237.8402002.

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.

De Koker, N., R. S. Walls, A. Cicione, Z. R. Sander, S. Löffel, J. J. Claasen, S. J. Fourie, L. Croukamp, et D. Rush. 2020. « 20 Dwelling Large-Scale Experiment of Fire Spread in Informal Settlements ». *Fire Technology* 56(4) : 1599-1620. doi : 10.1007/s10694-019-00945-2.

DErcole, Robert, et Pascale Metzger. 2011. « La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain ». *Cybergeo*. doi : 10.4000/cybergeo.22022.

Dossi, Simona, Birgitte Messerschmidt, Luís Mário Ribeiro, Miguel Almeida, et Guillermo Rein. 2022. « Relationships between Building Features and Wildfire Damage in California, USA and Pedrógão Grande, Portugal ». *International Journal of Wildland Fire* 32(2) : 296-312. doi : 10.1071/wf22095.

Eriksen, Christine, et Gregory L. Simon. 2017. « The Affluence—Vulnerability Interface : Intersecting scales of risk, privilege and disaster ». *Environment and Planning A*. doi : 10.1177/0308518x16669511.

Escobedo, F. J., K. Yadav, O. Cappelluti, et N. Johnson. 2025. « Exploring Urban Vegetation Type and Defensible Space-S Role in Building Loss During Wildfire-Driven Events in California ». *Landscape and Urban Planning*. doi : 10.1016/j.lan-durbplan.2025.105421.

Filkov, Alexander, Virginie Tihay-Felicelli, Nima Masoudvaziri, David Rush, Andrés Valencia, Yu Wang, David L. Blunck, Mario M. Valero, Kamila Kempna, Jan Smolka, J. De Beer, Zakary J. Campbell-Lochrie, Felipe Roman Centeno, Muhammad Asim Ibrahim, Calisa Katiuscia Lemmertz, et Wai Cheong Tam. 2023. « A Review of Thermal Exposure and Fire Spread Mechanisms in Large Outdoor Fires and the Built Environment ». *Fire Safety Journal* 140:103871-103871. doi : 10.1016/j.firesaf.2023.103871.

Flanagan, Barry E., Edward W. Gregory, Elaine J. Hallisey, Janet L. Heitgerd, et Brian Lewis. 2011. « A Social Vulnerability Index for Disaster Management ». *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 8(1) : 000010220215477355 1792. doi : 10.2202/1547-7355.1792.

Gaither, Cassandra Johnson, Neelam C. Poudyal, Scott L. Goodrick, James Michael Bowker, Sparkle L. Malone, et Jianbang Gan. 2011. « Wildland fire risk and social vulnerability in the Southeastern United States: An exploratory spatial data analysis approach ». *Forest Policy and Economics*. doi : 10.1016/j.forpol.2010.07.009.

Galiana-Martín, Luis, et Oskar Karlsson. 2012. « Development of a Methodology for the Assessment of Vulnerability Related to Wildland Fires Using a Multi-Criteria Evaluation ». *Geographical Research*. doi : 10.1111/j.1745-5871.2011.00718.x.

Ganteaume, Anne, Mercedes Guijarro, Marielle Jappiot, Carmen Hernando, Corinne Lampin-Maillet, P. Pérez-Gorostiaga, et José A. Vega. 2011. « Laboratory characterization of firebrands involved in spot fires ». *Annals of Forest Science*. doi : 10.1007/s13595-011-0056-4.

Gibbons, Philip, Linda Van Bommel, A. Malcolm Gill, Geoffrey J. Cary, Don A. Driscoll, Ross A. Bradstock, Emma Knight, Max A. Moritz, Scott L. Stephens, et David B. Lindenmayer. 2012. « Land Management Practices Associated with House Loss in Wildfires » édité par R. H. Clarke. *PLoS ONE* 7(1) : e29212. doi : 10.1371/journal.pone.0029212.

Gonzalez-Mathiesen, Constanza, et Alan March. 2021. « Developing guidelines for increasing the resilience of informal settlements exposed to wildfire risk using a risk-based planning approach ». P. 159-78 in *Understanding disaster risk*. Elsevier.

Gordon, Jason S., A. E. Luloff, et Richard C. Stedman. 2012. « A Multisite Qualitative Comparison of Community Wildfire Risk Perceptions ». *Journal of Forestry*. doi : 10.5849/jof.10-086.

Greenberg, Miriam, Hillary Angelo, Elena Losada, et Christopher C. Wilmers. 2024. « Relational Geographies of Urban Unsustainability: The Entanglement of California's Housing Crisis with WUI Growth and Climate Change ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 121(32) : e2310080121. doi : 10.1073/pnas.2310080121.

Haas, Jessica R., David E. Calkin, et Matthew P. Thompson. 2013. « A national approach for integrating wildfire simulation modeling into Wildland Urban Interface risk assessments within the United States ». *Landscape and Urban Planning*. doi : 10.1016/j.landurbplan.2013.06.011.

Hakes, Raquel S. P., Sara E. Caton, Daniel J. Gorham, et Michael J. Gollner. 2017. « A Review of Pathways for Building Fire Spread in the Wildland Urban Interface Part II: Response of Components and Systems and Mitigation Strategies in the United States ». *Fire Technology* 53(2) : 475-515. doi : 10.1007/s10694-016-0601-7.

Hasburgh, Laura E., Donald S. Stone, et Samuel L. Zelinka. 2017. « Laboratory Investigation of Fire Transfer from Exterior Wood Decks to Buildings in the Wildland—Urban Interface ». *Fire Technology*. doi : 10.1007/s10694-016-0588-0.

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.

Hennessy, Eleanor M., et Mikhail Chester. 2025. « Electric Utility Vulnerability to Wildfires and Post-Fire Debris Flows in California ». *Environmental Research Infrastructure and Sustainability* 5(1) : 015019-015019. doi : 10.1088/2634-4505/adb90a.

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

Houston, Douglas, Omar Pérez Figueroa, Ariane Jong-Levinger, Jochen E. Schubert, et Brett F. Sanders. 2024. « Spatial Optimism and Cross-Over Effects in the Perceptions of Interconnected Wildfire, Flood, and Mudslide Hazards ». *Environment and Behavior* 56 (1-2) : 19-58. doi : 10.1177/00139165241275482.

Imbert, Christophe, Julie Chapon, et Madeleine Mialocq. 2018. « L'habitat informel dans l'ouest de l'Ariège : marginalité ou alternative à la norme ? » *Géoconfluences*.

Jacobson, Susan K., Martha C. Monroe, et Susan Marynowski. 2001. « Fire at the Wildland Interface: The Influence of Experience and Mass Media on Public Knowledge, Attitudes, and Behavioral Intentions ». *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)* 29(3) : 929-37.

Jenkins, Jeffrey, John T. Abatzoglou, David E. Rupp, et Erica Fleishman. 2023. « Human and Climatic Influences on Wildfires Ignited by Recreational Activities in National Forests in Washington, Oregon, and California * ». *Environmental Research Communications* 5(9) : 095002-095002. doi : 10.1088/2515-7620/acf4e2.

Kahanji, Charles, Richard S. Walls, et Antonio Cicione. 2019. « Fire Spread Analysis for the 2017 Imizamo Yethu Informal Settlement Conflagration in South Africa ». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 39:101146. doi : 10.1016/j.ijdrr.2019.101146.

Karadimitriou, Nikos, et Thanos Pagonis. 2019. « Planning reform and development rights in Greece: Institutional persistence and elite rule in the face of the crisis ». *European Planning Studies* 27(6) : 1217-34. doi : 10.1080/09654313.2019.1579300.

Knapp, Eric E., Yana Valachovic, Stephen L. Quarles, et Nels G. Johnson. 2021. « Housing arrangement and vegetation factors associated with single-family home survival in the 2018 Camp Fire, California ». *Fire Ecology*. doi : 10.1186/s42408-021-00117-0.

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.

Kramer, Heather Anu, Miranda H. Mockrin, Patricia M. Alexandre, et Volker C. Radeloff. 2019. « High Wildfire Damage in Interface Communities in California ». *International Journal of Wildland Fire* 28(9):641. doi : 10.1071/WF18108.

Kuffer, Monika. 2023. *Monitoring Slums and Informal Settlements in Europe — Opportunities from Geospatial and Earth Observation Techniques*. édité par P. Proietti et A. Siragusa. LU : Publications Office of the European Union.

Lambrou, Nicole, Crystal A. Kolden, Anastasia Loukaitou-Sideris, Erica Anjum, et Charisma Acey. 2023. « Social drivers of vulnerability to wildfire disasters: A review of the literature ». *null*. doi : 10.1016/j.landurbplan.2023.104797.

Lampin-Maillet, Corinne, Marielle Jappiot, Marlène Long, Christophe Bouillon, Denis Morge, et Jean-Paul Ferrier. 2010. « Mapping Wildland-Urban Interfaces at Large Scales Integrating Housing Density and Vegetation Aggregation for Fire Prevention in the South of France ». *Journal of Environmental Management* 91(3) : 732-41. doi : 10.1016/j.jenvman.2009.10.001.

Lampin-Maillet, Corinne, M. Long-Fournel, Anne Ganteaume, Marielle Jappiot, et Jean-Paul Ferrier. 2011. « Land cover analysis in wildland—urban interfaces according to wildfire risk: A case study in the South of France ». *Forest Ecology and Management*. doi : 10.1016/j.foreco.2010.11.022.

Laranjeira, João Pedro dos Santos, et Helena Cruz. 2014. « Building vulnerabilities to fires at the wildland urban interface ». *null*. doi : 10.14195/978-989-26-0884-6_76.

Le Goix, Renaud, et Céline Vacchiani-Marcuzzo. 2025. « Fire Storms in Los Angeles: Davis' 'Ecology of Fear' re-read in the 21st century ». *Cybergeo conversation*. https://cybergeo.hypotheses.org/2344.

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.

Manzello, Samuel L., Seul-Hyun Park, Sayaka Suzuki, John R. Shields, et Yoshihiko Hayashi. 2011. « Experimental Investigation of Structure Vulnerabilities to Firebrand Showers ». *Fire Safety Journal* 46(8) : 568-78. doi : 10.1016/j.firesaf.2011.09.003.

Manzello, Samuel L., John R. Shields, Yoshihiko Hayashi, et Daisaku Nii. 2008. « Investigating the Vulnerabilities of Structures to Ignition From a Firebrand Attack ». *Fire Safety Science*. doi : 10.3801/iafss.fss.9-143.

Manzello, Samuel L., et Sayaka Suzuki. 2012. « The new and improved NIST Dragon's LAIR (Lofting and Ignition Research) facility ». *Fire and Materials*. doi : 10.1002/fam.1123.

Manzello, Samuel L., et Sayaka Suzuki. 2022. « The importance of combustion science to unravel complex processes for informal settlement fires, urban fires, and wildland-urban interface (WUI) fires ». *Fuel* 314:122805. doi : 10.1016/j.fuel.2021.122805.

Maranghides, Alexander, Derek McNamara, Robert E. Vihnanek, Joseph C. Restaino, et Carrie Leland. 2015. « Case Study of a Community Affected by the Waldo Fire - Event Timeline and Defensive Actions ». *National Institute of Standards and Technology*. doi : 10.6028/nist.tn.1910.

Masri, Shahir, Erica Scaduto, Yufang Jin, et Jun Wu. 2021. « Disproportionate Impacts of Wildfires among Elderly and Low-Income Communities in California from 2000—2020 ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(8) : 3921. doi : 10.3390/ijerph18083921.

McCaffrey, Sarah, Eric Toman, Melanie Stidham, et Bruce Shindler. 2012. « Social Science Research Related to Wildfire Management: An Overview of Recent Findings and Future Research Needs ». *International Journal of Wildland Fire* 22(1) : 15-24. doi : 10.1071/WF11115.

McNamara, Derek, William E. Mell, et Alexander Maranghides. 2020. « Object-Based Post-Fire Aerial Image Classification for Building Damage, Destruction and Defensive Actions at the 2012 Colorado Waldo Canyon Fire ». *International Journal of Wildland Fire* 29(2) : 174. doi : 10.1071/wf19041.

Meerpoel-Pietri, Karina, Virginie Tihay-Felicelli, et Paul-Antoine Santoni. 2021. « Determination of the Critical Conditions Leading to the Ignition of Decking Slabs by Flaming Firebrands ». *Fire Safety Journal* 120:103017. doi : 10.1016/j.firesaf.2020.103017.

Meldrum, James R., Patricia A. Champ, Hannah Brenkert-Smith, Travis Warziniack, Christopher M. Barth, et Lilia C. Falk. 2015. « Understanding gaps between the risk perceptions of wildland-urban interface (WUI) residents and wildfire professionals ». *Risk Analysis*. doi : 10.1111/risa.12370.

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.

Menemenlis, Dimitrios, Palaiologos Palaiologou, et Kostas Kalabokidis. 2023. « Wildfire-Residential Risk Analysis Using Building Characteristics and Simulations to Enhance Structural Fire Resistance in Greece ». *Fire* 6(10) : 403-403. doi : 10.3390/fire6100403.

Mésini, Béatrice. 2011. « Quelle reconnaissance de l'habitat léger, mobile et éphémère ? » *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques* (56) : 148-65. doi : 10.4000/tc.5742.

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.

Moore, Howard E. 1981. *Protecting Residences from Wildfires: A Guide for Homeowners, Lawmakers, and Planners*. PSW-GTR-50. Berkeley, CA : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/30028.

Moreira, Francisco, Olga Viedma, Margarita Arianoutsou, Thomas Curt, Nikos Koutsias, Eric Rigolot, Anna Barbati, Piermaria Corona, Pedro Vaz, Gavriil Xanthopoulos, Florent Mouillot, et Ertugrul Bilgili. 2011. « Landscape — Wildfire Interactions in Southern Europe: Implications for Landscape Management ». *Journal of Environmental Management* 92(10) : 2389-2402. doi : 10.1016/j.jenvman.2011.06.028.

Moskwa, Emily, Inkeri Ahonen, V. Santala, Delene Weber, Guy M. Robinson, et Douglas K. Bardsley. 2016. « Perceptions of bushfire risk mitigation and biodiversity conservation: a systematic review of fifteen years of research ». *Environmental Reviews*. doi : 10.1139/er-2015-0070.

Nunes, Adélia N., Albano Figueiredo, Carlos D. Pinto, et Luciano Lourenço. 2023. « An Evaluation of Wildfire Vulnerability in the Wildland—Urban Interfaces of Central Portugal Using the Analytic Network Process ». *Fire* 6(5) : 194. doi : 10.3390/fire6050194.

Oliveira, Sandra, Fernando Félix, Adélia Nunes, Luciano Lourenço, Giovanni Laneve, et Ana Sebastián-López. 2018. « Mapping wildfire vulnerability in Mediterranean Europe. Testing a stepwise approach for operational purposes. » *Journal of Environmental Management*. doi : 10.1016/j.jenvman.2017.10.003.

Palaiologou, Palaiologos, Alan A. Ager, Max Nielsen-Pincus, Cody R. Evers, et Michelle A. Day. 2019. « Social vulnerability to large wildfires in the western USA ». *Landscape and Urban Planning*. doi : 10.1016/j.landurbplan.2019.04.006.

Papathoma-Köhle, M., M. Schlögl, C. Garlichs, M. Diakakis, S. Mavroulis, et S. Fuchs. 2022. « A Wildfire Vulnerability Index for Buildings ». *Scientific Reports* 12(1) : 6378. doi : 10.1038/s41598-022-10479-3.

Paveglio, Travis B., Catrin M. Edgeley, et Amanda M. Stasiewicz. 2018. « Assessing influences on social vulnerability to wildfire using surveys, spatial data and wildfire simulations ». *Journal of Environmental Management*. doi : 10.1016/j.jenvman.2018.02.068.

Paveglio, Travis B., Tony Prato, Catrin M. Edgeley, et Darek J. Nalle. 2016. « Evaluating the Characteristics of Social Vulnerability to Wildfire: Demographics, Perceptions, and Parcel Characteristics ». *Environmental Management*. doi : 10.1007/s00267-016-0719-x.

Penman, Sandra H., Owen F. Price, Trent D. Penman, et Ross A. Bradstock. 2019. « The role of defensible space on the likelihood of house impact from wildfires in forested landscapes of south eastern Australia ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf18046.

Porter, Libby, Melanie Lombard, Margo Huxley, Aslı Kıyak Ingin, Tolga Islam, John Briggs, Deden Rukmana, Ryan Devlin, et Vanessa Watson. 2011. « Informality, the commons and the paradoxes for planning: Concepts and debates for informality and planning self-made cities: Ordinary informality? The reordering of a Romany neighbourhood The Land Formalisation Process and the Peri-Urban Zone of Dar es Salaam, Tanzania street vendors and planning in Indonesian cities informal urbanism in the USA: New challenges for theory and practice engaging with citizenship and urban struggle through an informality lens ». *Planning Theory & Practice* 12(1) : 115-53. doi : 10.1080/14649357.2011.545626.

Poudyal, Neelam C., Cassandra Johnson-Gaither, Scott Goodrick, J. M. Bowker, et Jianbang Gan. 2012. « Locating Spatial Variation in the Association Between Wildland Fire Risk and Social Vulnerability Across Six Southern States ». *Environmental Management* 49(3) : 623-35. doi : 10.1007/s00267-011-9796-z.

Price, Owen, et Ross A. Bradstock. 2013. « Landscape scale influences of forest area and housing density on house loss in the 2009 Victorian bushfires ». *PLOS ONE*. doi : 10.1371/journal.pone.0073421.

Price, Owen F., Joshua Whittaker, Philip Gibbons, et Ross Bradstock. 2021. « Comprehensive Examination of the Determinants of Damage to Houses in Two Wildfires in Eastern Australia in 2013 ». *Fire* 4(3) : 44. doi : 10.3390/fire4030044.

Quiroz, Natalia Flores, Lesley Gibson, Willem Stefaan Conradie, Patrick Ryan, Ryan Heydenrych, Ashton Moran, Armandt van Straten, et Richard Walls. 2023. « Analysis of the 2017 Knysna fires disaster with emphasis on fire spread, home losses and the influence of vegetation and weather conditions: A South African case study ». *International Journal of Disaster Risk Reduction*. doi : 10.1016/j.ijdrr.2023.103618.

Quiroz, Natalia Flores, Richard Walls, et Antonio Cicione. 2021. « Developing a framework for fire investigations in informal settlements ». *Fire Safety Journal* 120:103046. doi : 10.1016/j.fire-saf.2020.103046.

Ramsay, G. Caird, N. A. McArthur, et V. P. Dowling. 1987. « Preliminary Results from an Examination of House Survival in the 16 February 1983 Bushfires in Australia ». *Fire and Materials*. doi : 10.1002/fam.810110105.

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.

Ribeiro, Luís Mário, André Rodrigues, Davi Lucas, et Domingos X. Viegas. 2018. « The large fire of Pedrógão Grande (Portugal) and its impact on structures ». *Imprensa da Universidade de Coimbra eBooks*. doi : 10.14195/978-989-26-16-506_94.

Riera, Pere, et Joan Mogas. 2004. « Evaluation of a Risk Reduction in Forest Fires in a Mediterranean Region ». *Forest Policy and Economics* 6(6) : 521-28. doi : 10.1016/S1389-9341(02)00119-3.

Rivière, Miguel, Jonathan Lenglet, Adrien Noirault, François Pimont, et Jean-Luc Dupuy. 2023. « Mapping territorial vulnerability to wildfires: A participative multi-criteria analysis ». *Forest Ecology and Management*. doi : 10.1016/j.foreco.2023.121014.

Salvati, Luca. 2014. « Profiling forest fires along the urban gradient: a Mediterranean case study ». *Urban Ecosystems*. doi : 10.1007/s11252-014-0359-y.

Samora-Arvela, André, José Aranha, Fernando Correia, Diogo Miguel Pinto, Cláudia Magalhães, et Fantina Tedim. 2023. « Understanding Building Resistance to Wildfires: A Multi-Factor Approach ». *Fire* 6(1) : 32-32. doi : 10.3390/fire6010032.

Scarponi, Giordano Emrys, Elsa Pastor, Eulàlia Planas, et Valerio Cozzani. 2020. « Analysis of the impact of wildland-urban-interface fires on LPG domestic tanks ». *Safety Science*. doi : 10.1016/j.ssci.2019.104588.

Solangaarachchi, Daminda, Amy L. Griffin, et Michael D. Doherty. 2012. « Social vulnerability in the context of bushfire risk at the urban-bush interface in Sydney: a case study of the Blue Mountains and Ku-ring-gai local council areas ». *Natural Hazards*. doi : 10.1007/s11069-012-0334-y.

Suzuki, Sayaka, Erik L. Johnsson, Alexander Maranghides, et Samuel L. Manzello. 2016. « Ignition of Wood Fencing Assemblies Exposed to Continuous Wind-Driven Firebrand Showers ». *Fire Technology*. doi : 10.1007/s10694-015-0520-z.

Suzuki, Sayaka, et Samuel L. Manzello. 2017. « Experiments to provide the scientific-basis for laboratory standard test methods for firebrand exposure ». *Fire Safety Journal*. doi : 10.1016/j.firesaf.2017.03.055.

Syphard, Alexandra D., Teresa J. Brennan, et Jon E. Keeley. 2014. « The role of defensible space for residential structure protection during wildfires ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf13158.

Syphard, Alexandra D., et Jon E. Keeley. 2019. « Factors Associated with Structure Loss in the 2013—2018 California Wildfires ». *Fire*. doi : 10.3390/fire2030049.

Syphard, Alexandra D., Jon E. Keeley, Avi Bar Massada, Teresa J. Brennan, et Volker C. Radeloff. 2012. « Housing Arrangement and Location Determine the Likelihood of Housing Loss Due to Wildfire ». *PLOS ONE*. doi : 10.1371/journal.pone.0033954.

Syphard, Alexandra D., Avi Bar Massada, Van Butsic, et Jon E. Keeley. 2013. « Land Use Planning and Wildfire: Development Policies Influence Future Probability of Housing Loss ». *PLOS ONE*. doi : 10.1371/journal.pone.0071708.

Terrin, Jean-Jacques, et Ina Wagner. 2023. *L'urbanisme informel au-delà du droit à la ville*. édité par H. Peskine. Paris : #0, Presses des Ponts.

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.

Thomas, Alyssa S., Francisco J. Escobedo, Matthew R. Sloggy, et José J. Sánchez. 2022. « A Burning Issue : Reviewing the Socio-Demographic and Environmental Justice Aspects of the Wildfire Literature » édité par J. A. Jones. *PLOS ONE* 17(7). doi : 10.1371/journal.pone.0271019.

Toy-Opazo, Octavio, Andrés Fuentes-Ramírez, Valeria Palma-Soto, Rafael A. García, Kirk A. Moloney, Rodrigo Demarco, et Andrés Fuentes-Castillo. 2024. « Flammability Features of Native and Non-Native Woody Species from the Southernmost Ecosystems: A Review ». *Fire Ecology* 20(1). doi : 10.1186/s42408-024-00250-6.

Triantis, Loukas. 2022. « Normalising spatial vulnerability in the era of climate crisis? Private property, informality, and post-disaster planning in peri-urban east Attica/Greece ». *Planning Theory*. doi : 10.1177/14730952221098260.

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.

Twigg, John, Nicola Christie, James Haworth, Emmanuel Osuteye, et Artemis Skarlatidou. 2017. « Improved methods for fire risk assessment in low-income and informal settlements ». *International journal of environmental research and public health* 14(2) : 139. doi : 10.3390/ijerph14020139.

Vacca, Pascale, David Caballero, Elsa Pastor, et Eulàlia Planas. 2020. « WUI Fire Risk Mitigation in Europe: A Performance-Based Design Approach at Home-Owner Level ». *Journal of Safety Science and Resilience* 1(2) : 97-105. doi : 10.1016/j.jnlssr.2020.08.001.

Vaiciulyte, Sandra, Arthur Rohaert, et Enrico Ronchi. 2025. « Tourist Population Vulnerability Assessment in Cross-Border Wildfire-Prone Areas ». *Fire Technology*. doi : 10.1007/s10694-025-01750-w.

Vieira, Flávia Nascimento, Marta Ferreira Dias, João Paulo C. Rodrigues, et Rúben F. R. Lopes. 2022. « Study of Building Vulnerabilities to Forest Fires in Portugal ». *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. doi : 10.1088/1755-1315/1101/2/022022.

Walls, Richard, Gerhard Olivier, et Rodney Eksteen. 2017. « Informal Settlement Fires in South Africa: Fire Engineering Overview and Full-Scale Tests on "Shacks" ». *Fire Safety Journal* 91:997-1006. doi : 10.1016/j.firesaf.2017.03.061.

Wang, Yu, Lesley Gibson, Mohamed Beshir, et David Rush. 2021. « Determination of Critical Separation Distance Between Dwellings in Informal Settlements Fire ». *Fire Technology* 57(3) : 987-1014. doi : 10.1007/s10694-020-01075-w.

Whittaker, Joshua, Raphaële Blanchi, Katharine Haynes, Justin Leonard, et Kimberley Opie. 2017. « Experiences of sheltering during the Black Saturday bushfires: Implications for policy and research ». *International journal of disaster risk reduction*. doi : 10.1016/j.ijdrr.2017.05.002.

Wigtil, Gabriel A., Roger B. Hammer, Jeffrey D. Kline, Miranda H. Mockrin, Susan I. Stewart, Daniel Roper, et Volker C. Radeloff. 2016. « Places where wildfire potential and social vulnerability coincide in the coterminous United States ». *International Journal of Wildland Fire*. doi : 10.1071/wf15109.

Youvan, Douglas C. 2025. « Facing the Flame: The Hidden Vulnerabilities of Los Angeles in the Era of Wildfire and Global Conflict ». *Preprint*. doi : 10.13140/RG.2.2.21014.25920.