



Vulnérabilité territoriale aux incendies dans le contexte du changement global

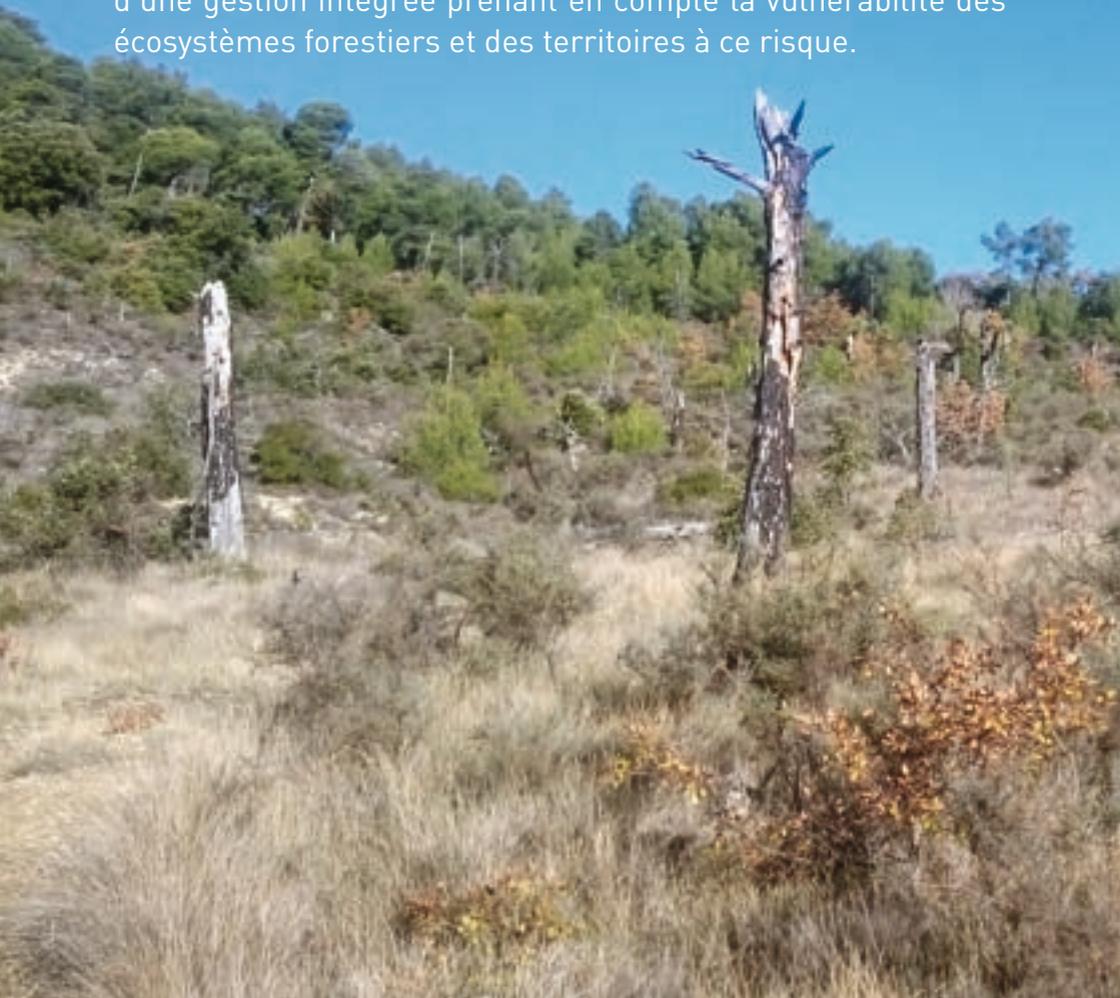
Baronnies provençales

Projet VULTER-BARONNIES



AVANT-PROPOS

Le cadre général de ce projet est l'intégration de la problématique générée par l'augmentation du risque d'incendie de forêt dans le nord de la région provençale, en particulier la zone du parc naturel régional des Baronnies provençales, dans le diagnostic de la vulnérabilité des territoires face à ce risque. La vulnérabilité du territoire étudié a été analysée via la résilience des territoires forestiers vis-à-vis du risque incendie et la recherche d'une gestion intégrée prenant en compte la vulnérabilité des écosystèmes forestiers et des territoires à ce risque.



Les résultats de ce projet devraient permettre de mieux intégrer et anticiper la problématique de l'augmentation de la fréquence des incendies de forêt, dans le contexte du changement global (changement climatique + changement de l'occupation du sol) dans la zone nord provençale, au sein des aménagements forestiers, des documents d'aménagement du territoire relatifs à la prévention des risques naturels, des chartes forestières de territoire (CFT) et, au final, dans les futurs plans départementaux de DFCI (défense des forêts contre l'incendie) de cette zone.



QU'EST-CE QUE LE RISQUE INCENDIE ?

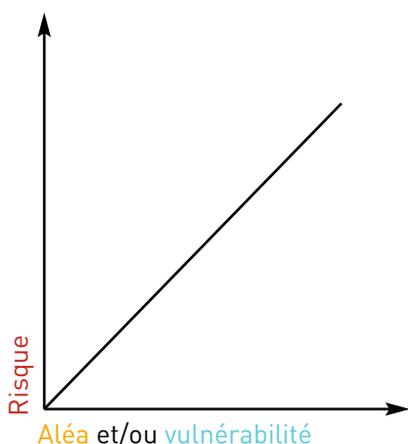
Le **RISQUE INCENDIE** c'est la combinaison de

L'ALÉA : quelle probabilité d'occurrence d'un feu et avec quelle intensité ?

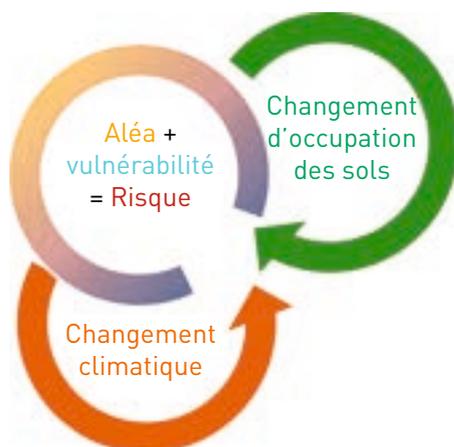
LA VULNÉRABILITÉ : quelles sont les conséquences si l'aléa se réalise ?

- Quels sont les « enjeux » présents (les maisons, le réseau électrique, les usines, les voies de communication, etc.) et quelle est leur « susceptibilité à être endommagés » ?
- Quelle est leur niveau d'exposition si l'aléa se réalise ?
- Quelle est la « valeur » des enjeux exposés : valeur économique, éthique (vies humaines), patrimoniale, environnementale, etc. ?

Vulnérabilité territoriale = Somme des vulnérabilités des enjeux d'un territoire



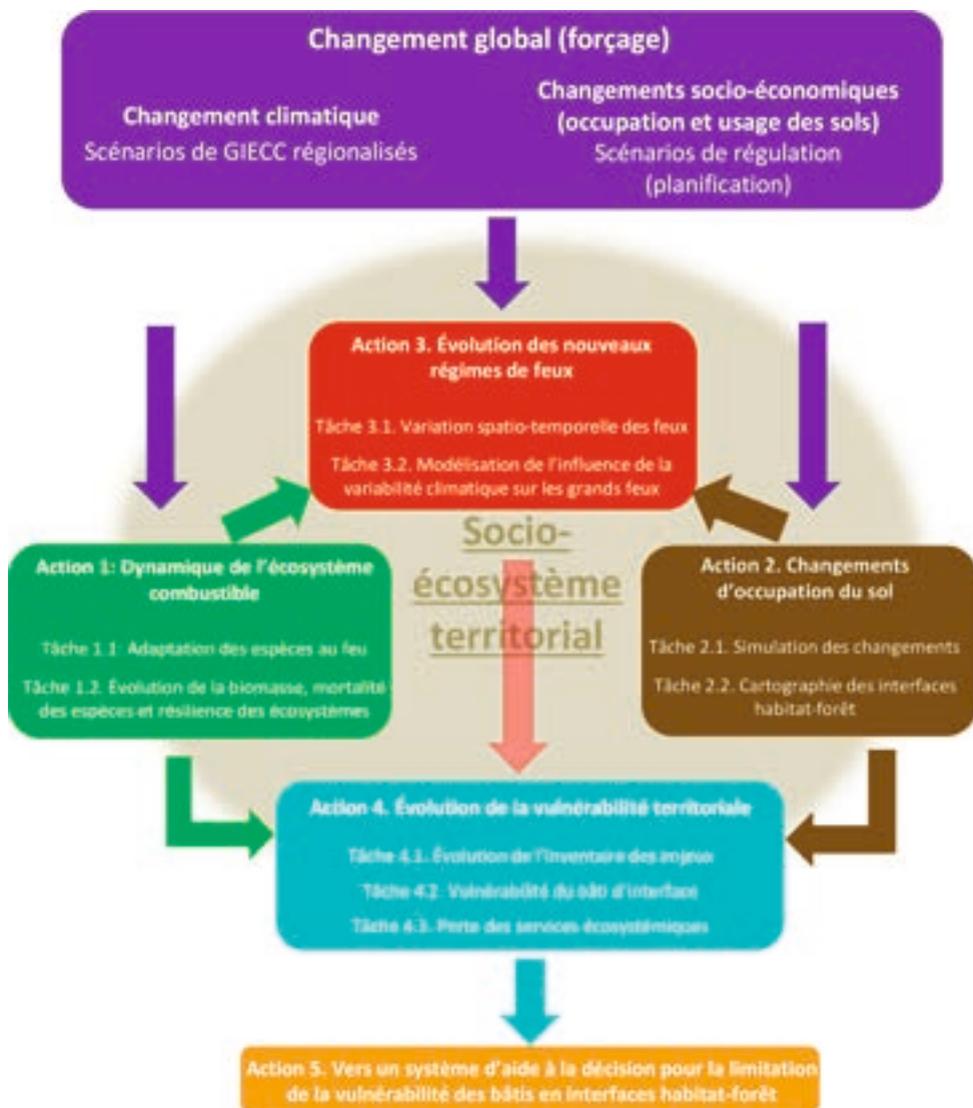
Les drivers du risque et de ses composantes



VULNÉRABILITÉ TERRITORIALE À L'INCENDIE DE FORÊT

= interaction entre dynamique des écosystèmes combustibles et dynamique des enjeux naturels et anthropiques vulnérables, en particulier au niveau des interfaces entre habitations et forêt.

ARTICULATION DU PROJET



ACTION 1

DYNAMIQUE DE L'ÉCOSYSTÈME COMBUSTIBLE



Pin d'Alep : adaptation par **résilience** après feu => l'arbre ne survit pas mais se régénère après le feu



Pin sylvestre : adaptation par **résistance** au feu => l'arbre survit au feu



Comparaison de populations ayant subi ou pas des feux dans le passé

L'étude de l'impact des feux sur le pin d'Alep et le pin sylvestre a montré que ces deux espèces dominantes dans les Baronnies provençales réagissaient de manière différente. Chez le pin sylvestre, espèce résistante au feu, aucune variation des traits liés au feu n'a été observée selon les différentes fréquences de feu étudiées alors que le taux de cônes sérotineux et l'absence d'élagage naturel du pin d'Alep répondaient à ces variations de fréquences d'incendies.

Cône sérotineux (restant fermé jusqu'au passage d'un feu)

plus de feux => plus de cônes sérotineux => meilleure régénération post incendie



Tâche 1.1. Adaptation des espèces au feu



Mesures de :

Traits d'adaptation au feu
(morphologiques, fonctionnels, chimiques)
Inflammabilité
Génétique

Ces résultats suggèrent que si le territoire des Baronnies provençales subissait une augmentation de la fréquence des incendies liée au changement climatique, les pins sylvestre, situés plus en altitude et au nord, seraient bien plus impactés par ce changement et le pin d'Alep serait un bon candidat pour le remplacer.

Élagage naturel : les espèces vont se débarrasser ou non des branches mortes situées le long du tronc

plus de feux=> moins d'élagage => transmission du feu en cime facilitée



Pin d'Alep



Pin sylvestre

ACTION 1

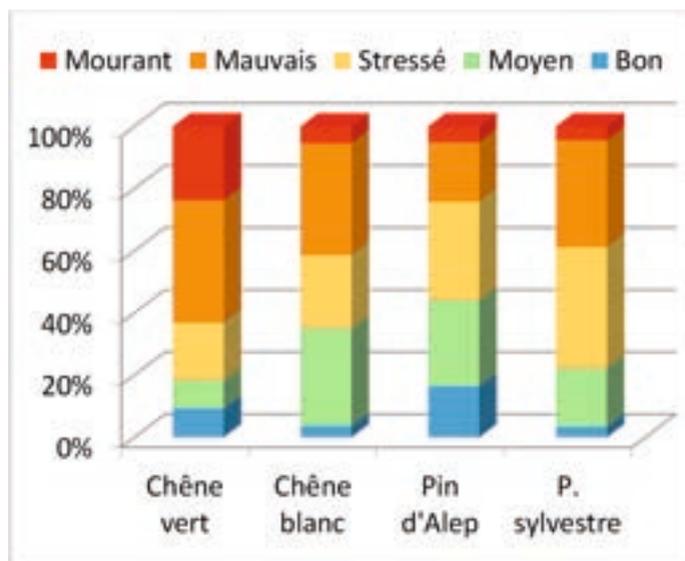
DYNAMIQUE DE L'ÉCOSYSTÈME COMBUSTIBLE

L'augmentation des températures et des sécheresses ces dernières années a entraîné un **dépérissement généralisé des forêts** sur le territoire des Baronnies provençales marqué par une chute des feuilles et une mortalité des arbres, par exemple ici pour le pin sylvestre.



Tâche 1.2. Évolution de la biomasse, mortalité des espèces et résilience des écosystèmes

État sanitaire des principales espèces du territoire des Baronnies provençales

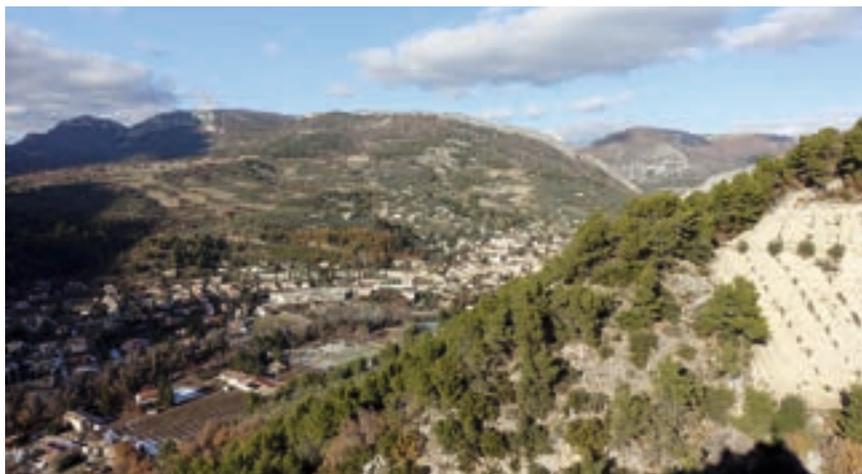
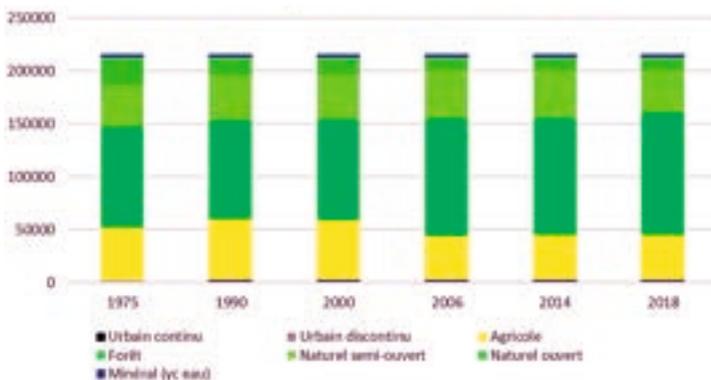


ACTION 2

CHANGEMENTS D'OCCUPATION DU SOL

La tendance à la **fermeture des milieux anciennement pastoraux** se poursuit, mais l'**enrichissement d'espaces cultivés semble s'arrêter** voire même s'inverser alors que l'**urbanisation discontinue (interface habitat-forêt) progresse** même si les surfaces concernées restent encore marginales.

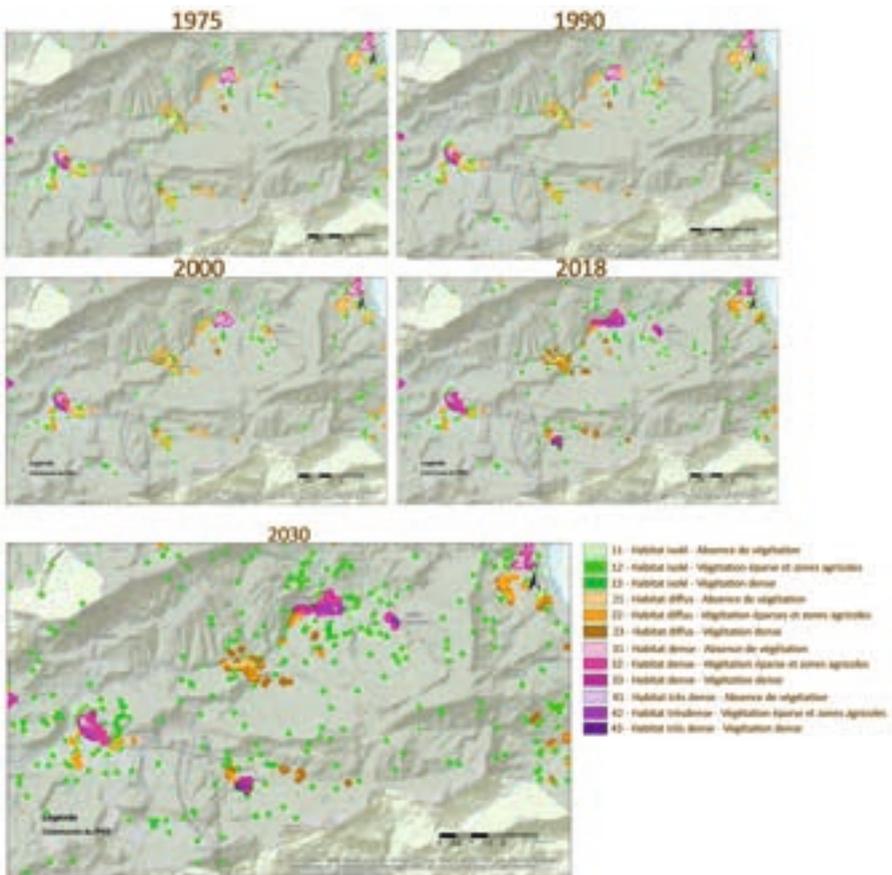
Évolution de l'occupation du sol entre 1975 et 2018



Les zones d'interface habitat-forêt évoluent en fonction de l'extension du bâti discontinu et de la structure du combustible (continuité horizontale). Ces deux tendances conduisent à une **extension des**

Tâche 2.1. Mesure et simulation des changements d'occupation du sol

Y compris sur cette zone très rurale, l'espace concerné par l'**urbanisation discontinue** est important, surtout dans les fonds de vallée et autour des noyaux villageois et urbains. La densification de ces zones conduit à une **tendance modérée à l'artificialisation des territoires**.



espaces d'interface, les surfaces devenant significatives dès 2030. L'extension des zones d'interface conduit à une **extension des zones à risque qui se cumule à l'effet du changement climatique**.

ACTION 2

CHANGEMENTS D'OCCUPATION DU SOL

Le cumul de l'impact du climat + l'occupation du sol :

- => augmentation de l'aléa (climat et extension des interfaces habitat-forêt => augmentation de l'aléa d'ignition)
- => augmentation des vulnérabilités (locales et territoriale)

La fusion des *continua* :

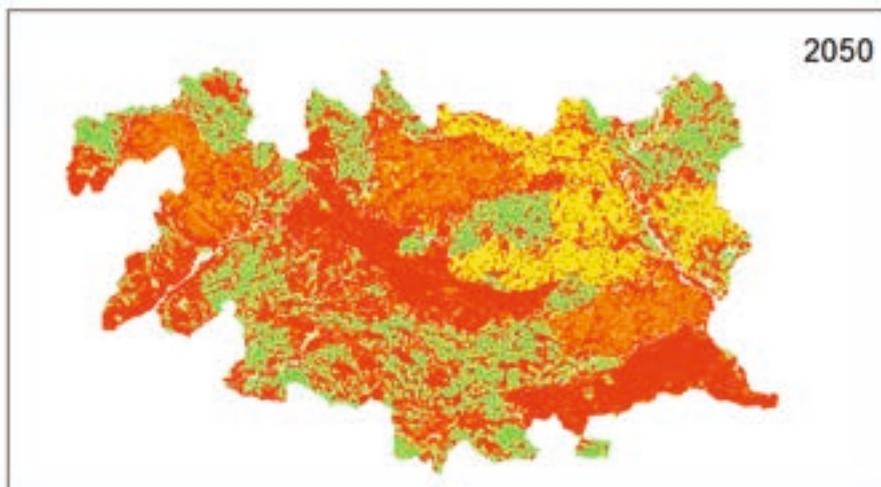
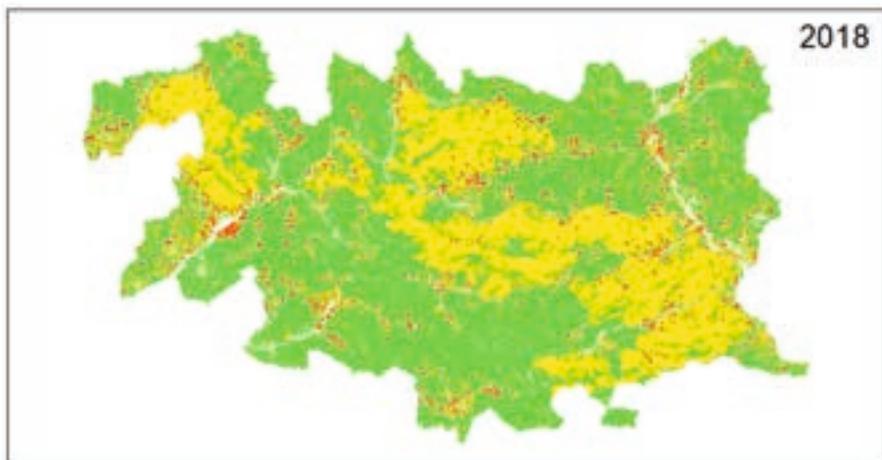
- Aggravation du risque induit (importance des surfaces et des enjeux menacés)
- Aggravation du risque subi (importance des sources de danger menaçant les enjeux, etc.)

Le cumul de ces éléments conduit à une perspective d'augmentation du risque très forte à terme.



Tâche 2.2. Évolution de la carte d'interfaces forêt-enjeux pour l'évaluation de la dynamique du risque global aléa-vulnérabilité

Évolution simulée de la carte du risque total (induit + subi) entre 2018 et 2050

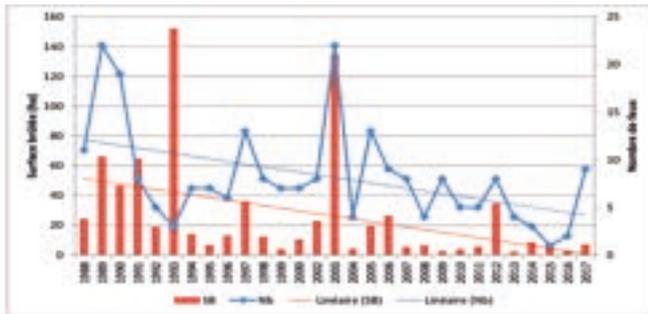


ACTION 3

ÉVOLUTION DES NOUVEAUX RÉGIMES DE FEUX

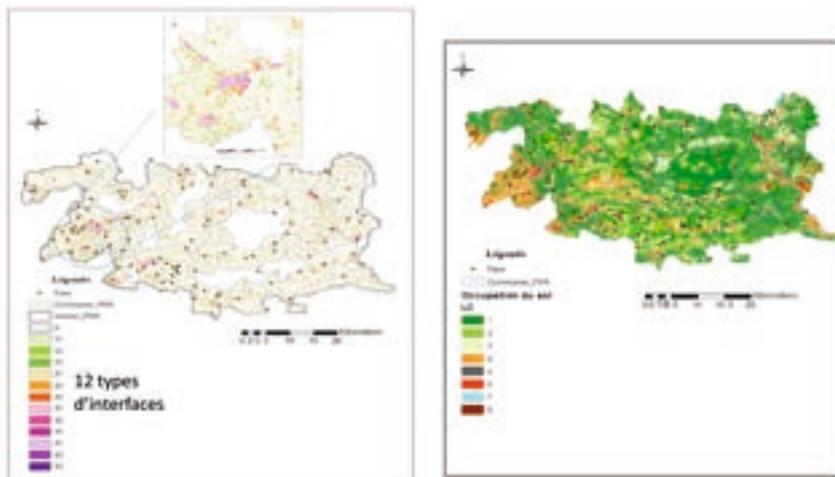
Historique des feux dans les Baronnies Provençales (1988-2017)

Source: Prométhée



Tendance à la diminution des feux et surfaces brûlées
=> impact de la prévention et de la lutte
Pics ponctuels de feux => événements climatiques extrêmes

Impact des variables socio-environnementales sur les feux



La densité des feux est favorisée par les interfaces habitat-forêt très denses et les peuplements végétaux bas. Elle est atténuée par les zones agricoles.

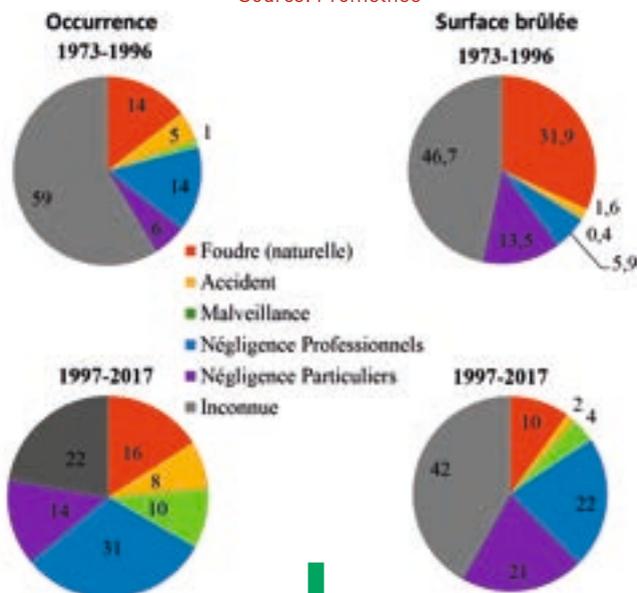
Tâche 3.1. Variation spatio-temporelle des feux

Liens entre causes de départ de feu et variables socio-environnementales

- * Occurrence et surface brûlée par négligence particuliers et par feux criminels négativement reliées au type d'interface « isolée » (sauf concernant les loisirs où la tendance s'inverse et où la surface brûlée dépend des variables climatiques)
- * Occurrence et surface brûlée par négligence professionnels dépendent des variables climatiques
- * Occurrence des feux de foudre négativement reliées au type d'interface « isolée » et contrairement à leur surface brûlée

Variation temporelle des causes de départ de feu

Source: Prométhée



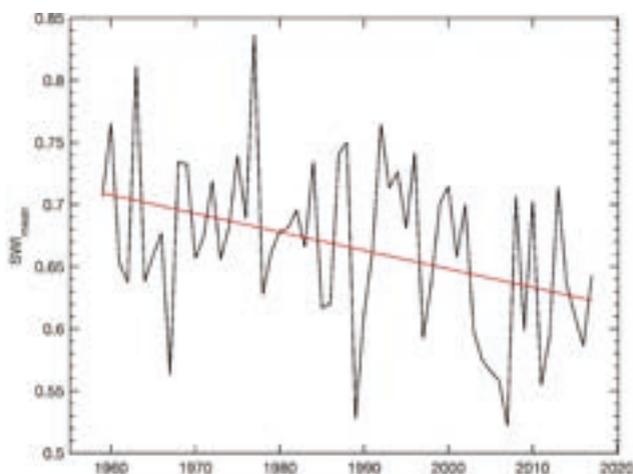
Davantage de gros feux criminels et dus à la négligence

Mieux sensibiliser les agriculteurs, forestiers, particuliers

ACTION 3

ÉVOLUTION DES NOUVEAUX RÉGIMES DE FEUX

La modélisation montre que, parmi les variables climatiques, l'indice reflétant le **niveau d'humidité dans le sol** disponible pour les plantes ainsi que l'indice **reflétant le contenu en humidité des couches moyennes du sol et l'inflammabilité du combustible** sont les deux prédicteurs les mieux corrélés aux grands feux.

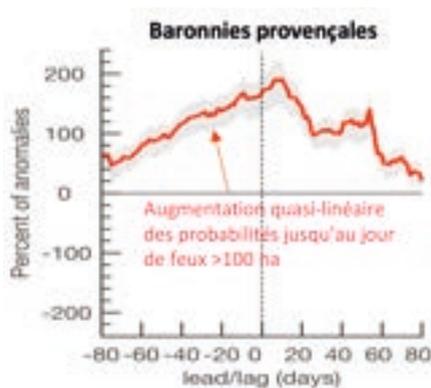


L'assèchement des sols (SWI) au cours du temps est associé à un assèchement de la végétation (le combustible) qui se traduit par une augmentation de l'inflammabilité des paysages. Toutes choses égales par ailleurs, l'augmentation de l'inflammabilité expose les territoires à un risque incendie de plus en plus élevé.

Tâche 3.2. Modélisation de l'influence de la variabilité climatique sur les grands feux



Modélisation de l'influence de la variabilité climatique sur les grands feux (>100 ha) sur les deux dernières décennies



Les probabilités simulées lors des jours de grands feux sont en moyenne 3 fois plus élevées que la normale, ce qui souligne **le rôle de la variabilité climatique dans les occurrences de grands feux, au-delà du simple cycle saisonnier**, sur le territoire des Baronnies provençales (principalement concernant les zones montagneuses).

ACTION 4

ÉVOLUTION DES VULNÉRABILITÉS

Évaluation de la vulnérabilité multi-enjeux
(un enjeu peut être soumis à différentes vulnérabilités)

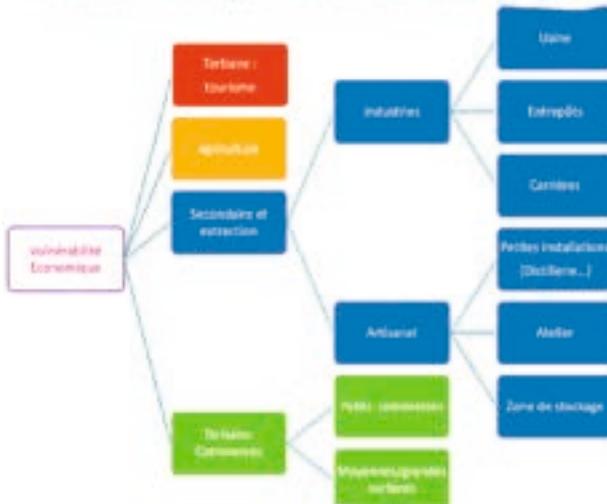
Indices spécifiques de vulnérabilité résultant de modèles multicritères :

Vulnérabilités liées aux personnes

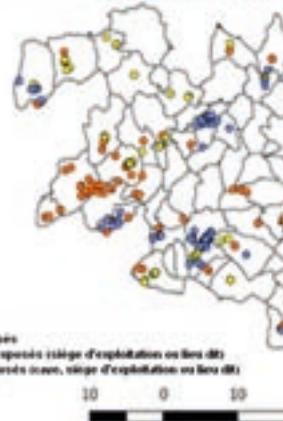
Vulnérabilités fonctionnelles

Vulnérabilité économique

Arborescence des enjeux de la vulnérabilité économique



Éléments ponctuels du secteur à la vulnérabilité économique



Légende

- Sites d'élevage exposés
- Sites de polyculture exposés (siège d'exploitation ou lieu dff)
- Sites de viticulture exposés (vign, siège d'exploitation ou lieu dff)



- * La vulnérabilité territoriale est très liée au développement territorial
- * Une hiérarchie des enjeux nécessite la recherche d'un consensus social

Tâche 4.1. Dynamique de l'inventaire spatialisé des enjeux anthropiques d'interface

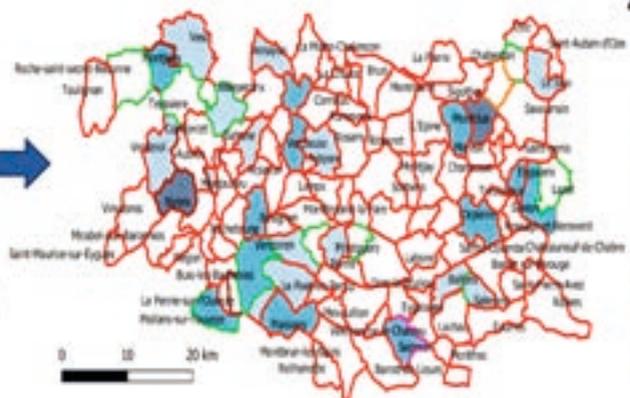
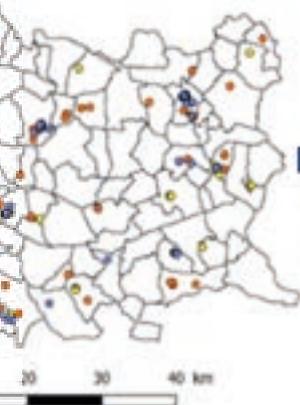
Indice de vulnérabilité globale (territoriale)

territoriale

Vulnérabilités des écosystèmes
Vulnérabilités patrimoniales

agricole contribuant économique

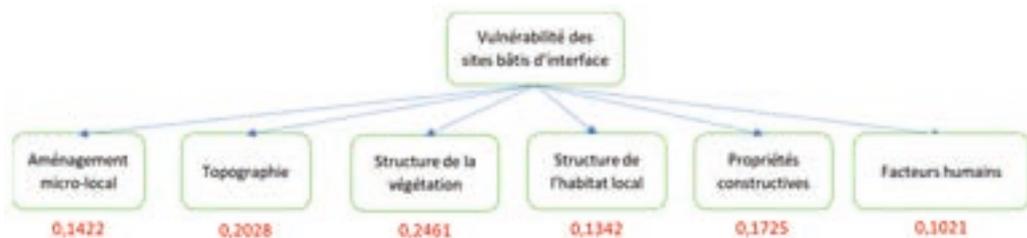
Distribution par commune des niveaux de vulnérabilité spécifique à deux sous-critères de la vulnérabilité économique (commerce et secteur secondaire)



Aide à la décision de priorisation des territoires sur lesquels intervenir afin d'en diminuer la vulnérabilité

ACTION 4 ÉVOLUTION DES VULNÉRABILITÉS

Critères de vulnérabilité des sites bâtis d'interface et leurs poids respectifs

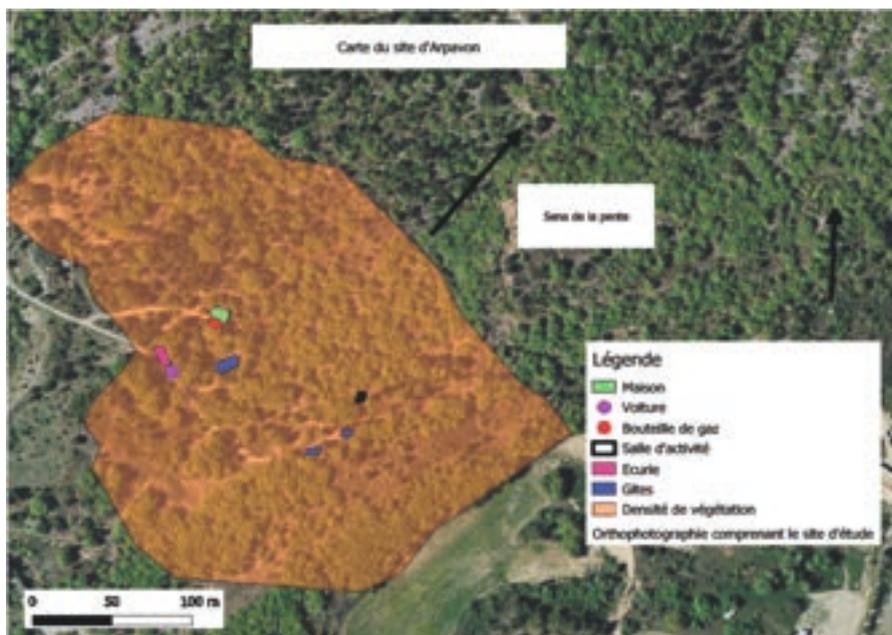


Plus l'indice globale de vulnérabilité est élevé plus la vulnérabilité du site sera importante.



Tâche 4.2. Dynamique des enjeux et évaluation de la vulnérabilité du bâti en interface habitat-forêt

Exemple de diagnostic de vulnérabilité locale d'un site bâti



Des situations de **vulnérabilité extrême** existent en lien avec la faiblesse de l'aléa historique (territoire des Baronnies provençales encore peu impacté par les feux), ainsi qu'avec la disparition progressive par **enrichissement des ceintures agricoles** autour de certains enjeux.

La faiblesse de l'aléa induit aussi une **sous-conscience du risque** de la part des populations, renforçant notamment les critères de vulnérabilité humaine (entretien des abords des bâtiments, modalités constructives, comportement en cas de danger).

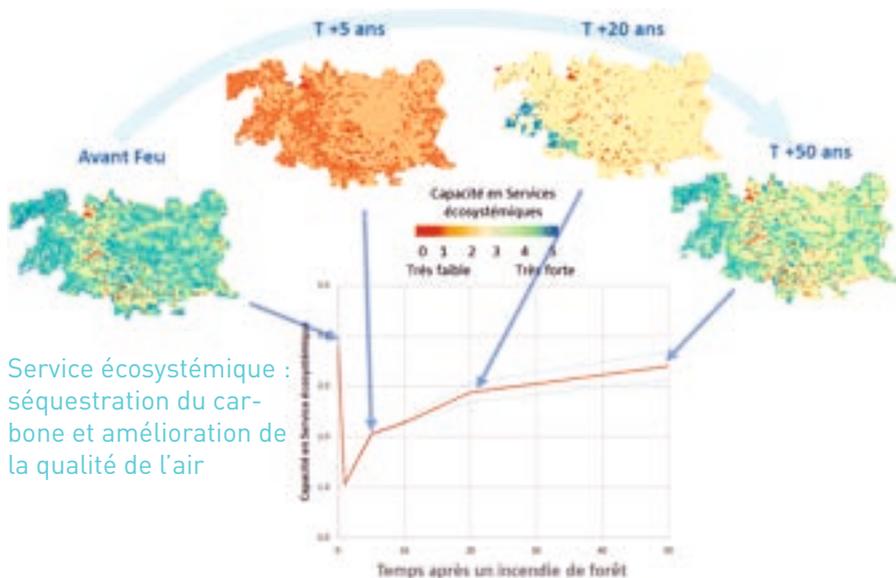
ACTION 4 ÉVOLUTION DES VULNÉRABILITÉS

Service écosystémique : bénéfique que les humains tirent des écosystèmes et de leur fonctionnement.

Des services écosystémiques variés au sein du PNR des Baronnies provençales : bois d'œuvre, bois-combustible, produits non-ligneux, stockage de carbone, contrôle de l'érosion et du ruissellement, loisirs et valeurs culturelles, etc.

La capacité en services écosystémiques, qui est une mesure de la quantité d'un service que les écosystèmes peuvent produire, dépend de nombreux facteurs, notamment la productivité, la biomasse et la diversité biologique.

Un feu de forêt va altérer ces différents facteurs et réduire la capacité en services écosystémiques pour une durée qui va dépendre de l'intensité du feu, mais également de la vitesse à laquelle les facteurs écologiques qui le déterminent peuvent se restaurer. C'est ce que l'on appelle **la résilience**.



Tâche 4.3. Perte des services écosystémiques

Sur le territoire des Baronnies provençales, en étudiant 8 services écosystémiques différents, **le temps nécessaire pour la restauration de 80% de la capacité en services varie entre 1an et plus de 60 ans**. Cette restauration se fait à des vitesses différentes pour les différents écosystèmes du territoire.

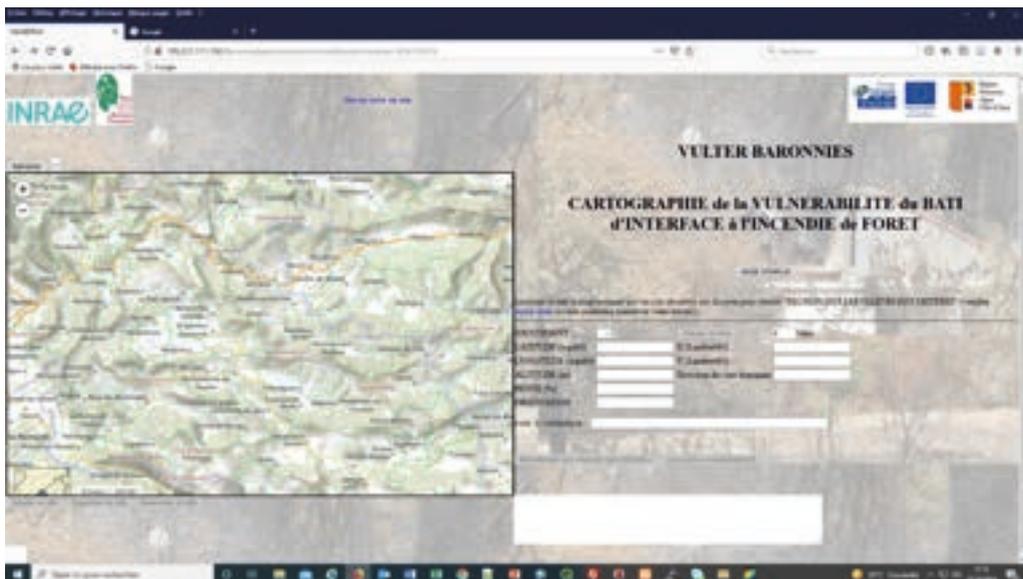


ACTION 5 VERS UN SYSTÈME D'AIDE À LA DÉCISION POUR LA...

Un prototype de **web service** pour :

- l'auto-évaluation de la vulnérabilité du bâti,
- la cartographie anticipée du risque global et de ses composantes.

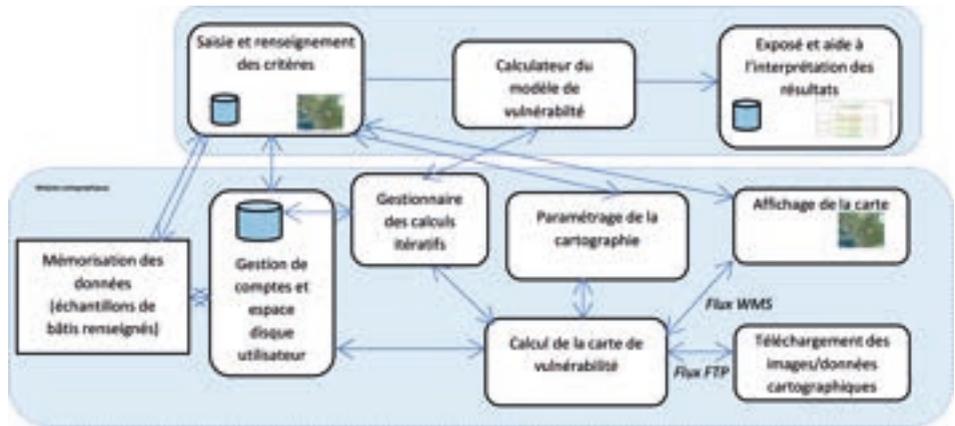
Page d'accueil du prototype



- carte interactive
- saisie des critères
- saisie des bâtis à sauvegarder

... LIMITATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES BÂTIS EN INTERFACE HABITAT-FORÊT

Les modules du prototype



Page d'exposé des résultats de vulnérabilité des bâtis individualisés (indices)



Maquette : Anne Ganteaume

Texte et illustrations : Anne Ganteaume, Bastien Romero, Christophe Bouillon,
Éric Maillé, Maxime Cailleret, Philip Roche, Renaud Barbero

Photos : Anne Ganteaume, Bastien Romero, Jean-Michel Lopez, Michel Vennetier

Réalisation : Cardère éditeur

Impression : pixart printing, Italie

Décembre 2021

isbn 978-2-37649-027-2

diffusion gratuite



Contact

INRAE Aix-en-Provence

Équipe de recherche Écosystèmes Méditerranéens et Risques

3275 route de Cézanne, CS 40061

13182 Aix-en-Provence cedex 5

