

# Cybergeo : European Journal of Geography

Environnement, Nature, Paysage

2017

812

---

## Effets probables du réchauffement climatique sur le risque d'incendie de forêt en Corse et application du dispositif juridique de prévention

*Probable impacts of global warming on wildfire risk in Corsica and application of prevention legal rules*

EMMANUEL GARBOLINO, VALÉRIE SANSEVERINO-GODFRIN ET GUILLERMO  
HINOJOS-MENDOZA

---

### **Résumés**

Français English

La Corse est un territoire particulièrement exposé au risque d'incendie de forêt. Le dispositif juridique existant de prévention de ce risque présente de multiples mesures en vue d'assurer la sécurité des personnes et des biens sur un territoire. Or, le niveau de risque d'incendie de forêt est susceptible d'augmenter du fait du changement climatique, notamment en raison de l'évolution et de l'extension des écosystèmes liés à ce risque. Dans ce contexte, nous montrons que la prise en compte de ces projections nécessite de s'intéresser à la complémentarité entre des résultats de modélisation spatiale témoignant de l'accroissement potentiel des surfaces exposées au risque d'incendie, avec l'application des dispositifs juridiques de prévention des risques. Nous nous interrogeons aussi sur les besoins d'évolution de ces dispositifs vers une vision systémique de la prévention des risques dans un contexte de changement anticipé sur une longue période.

Corsica is a territory particularly exposed to forest fire risk. The existing legal framework for preventing this risk presents many measures steps to ensure the safety of the people and the goods. However, the level of forest fire risk may evolve due to climate change, particularly because of the evolution and the expansion of the ecosystems associated with this risk. In this context, we show that the inclusion of such projections need to focus on the complementarity between spatial modeling results showing the potential increase of surfaces exposed to the fire risk, with the implementation of legal risk prevention measures. We also wonder about the needs of change of these measures to a systemic view of risk prevention in the context of anticipated change over a long period.

---

### **Entrées d'index**

**Mots-clés** : changement climatique, végétation, réglementation, plan de prévention des risques, modélisation

**Keywords** : climate change, vegetation, regulation, risk prevention plan, modeling

---

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à CIMA Research Foundation (Savona, Italie) qui a soutenu financièrement une partie de ces travaux.

## Introduction

La région méditerranéenne française est touchée en moyenne chaque année par plus de 2 500 incendies de forêt qui détruisent 21 000 ha<sup>1</sup>). La Corse est particulièrement exposée à ce type de risque car elle totalise, à elle seule, en moyenne 35 % de ces événements incendiaires. Entre 1973 et 2014, ce sont 357 communes en Corse, sur 360 que compte l'île, qui ont connu un incendie ou un départ d'incendie, avec un total de plus de 37 000 événements, totalisant plus de 323 000 ha de surfaces incendiées ; soit 37 % de la surface de l'île. En 2003, année de la canicule, 1 084 incendies se sont produits sur ce même territoire et ont détruit 27 300 ha de zones naturelles.

Le maintien de la sécurité publique, la protection des populations et la prévention des risques naturels relèvent de la mission des pouvoirs publics. Les multiples facettes de la prévention des risques naturels (Sanseverino-Godfrin, 2008a) font l'objet de dispositions juridiques, qui, depuis le début des années 1980, ont été régulièrement étoffées en vue de réduire la vulnérabilité de la population et des biens (Sanseverino-Godfrin, 2008b). Parallèlement à l'évolution de ces dispositifs réglementaires de prévention des risques, se pose d'une part la question de l'évolution de la vulnérabilité du territoire en raison de l'effet du changement climatique sur la fréquence et l'étendue potentielles des incendies de forêts. D'autre part, la question de l'adéquation et de l'application, éventuellement anticipée, de ces dispositifs de prévention se pose aussi pour des territoires qui sont aujourd'hui encore peu ou pas exposés à ce risque, mais qui le seront dans les prochaines décennies.

En effet, dans le contexte de changement climatique que nous subissons et qui s'intensifie, l'exposition au risque d'incendie de forêt de la Corse est susceptible de s'accroître, ce qui peut avoir des conséquences sur la sécurité des personnes et des biens, sur la qualité de l'environnement et sur l'économie locale. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prévoit en effet des scénarios de hausse de la température moyenne entre 1,1 ° et 6,4 ° C (2,8 ° C pour le scénario de référence) sur une période de 100 ans (IPCC, 2014). Le changement climatique devrait aussi avoir un impact sur les écosystèmes, notamment sur la nature et la répartition des espèces constitutives de ces derniers, ce qui devrait apporter des changements dans leur fonctionnement et au niveau des anthroposystèmes<sup>2</sup> du fait des services écosystémiques apportés par les systèmes naturels (biomasse énergétique et alimentaire, prévention des risques d'érosion, loisirs en zone naturelle, attrait paysager, ... etc.). Le rapport du GIEC prévoit parallèlement une augmentation de la survenance des phénomènes naturels à risques tels que les incendies de forêt, en raison de la survenance de plus en plus fréquente d'événements extrêmes, comme la sécheresse ou la canicule mais aussi en raison de la mortalité accrue des taxons ligneux. Ce rapport souligne le probable accroissement de la fréquence, de l'intensité et de la durée des périodes de canicule, ces dernières étant à l'origine d'un stress hydrique s'accompagnant d'une augmentation de la mortalité des végétaux, y compris de ceux réputés adaptés au climat méditerranéen (Fink *et al.*, 2004 ; Ciais *et al.*, 2005, Reichstein, 2005 ; Fischer, 2007 ; Niua, 2014).

Conscients de ces évolutions, les pouvoirs publics cherchent de plus en plus à anticiper les conséquences de ce réchauffement global sur le territoire méditerranéen. En témoignent notamment la création de structures intervenant spécifiquement sur cette problématique<sup>3</sup> et la publication de documents tels que « *la stratégie nationale d'adaptation au changement climatique* » (ONERC, 2007), « *le Plan national d'adaptation au changement climatique* » (MEDDTL, 2011), ou encore l'étude de Berkhout *et al.* (2015) sur les politiques publiques mises en œuvre au regard du changement climatique, qui détaille notamment les actions mises en œuvre dans le domaine des risques naturels<sup>4</sup>. L'Union européenne propose aussi des mesures d'adaptation pour réduire la vulnérabilité des forêts au changement climatique (2010). Le GIEC (2012) a également publié un rapport spécial pour les décideurs, en vue de gérer les risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes. Concernant plus particulièrement la Corse, le rapport du Conseil économique, social et culturel de Corse (2013) recommande une anticipation des mesures de prévention et de protection dans une

perspective d'évolution du climat et de ses conséquences sur la végétation.

Dans ce contexte préoccupant et relativement incertain, les décideurs publics ont besoin de disposer de résultats de recherche à des échelles spatiales différentes, celle de la région, du département et de l'intercommunalité, leur permettant alors d'élaborer et d'appliquer des stratégies d'adaptation au changement climatique. Ces dernières reposent sur des mesures juridiques en adéquation avec les besoins de sécurité, au regard de l'évolution de la vulnérabilité du territoire face à l'émergence de nouveaux risques ou au renforcement de certains d'entre eux.

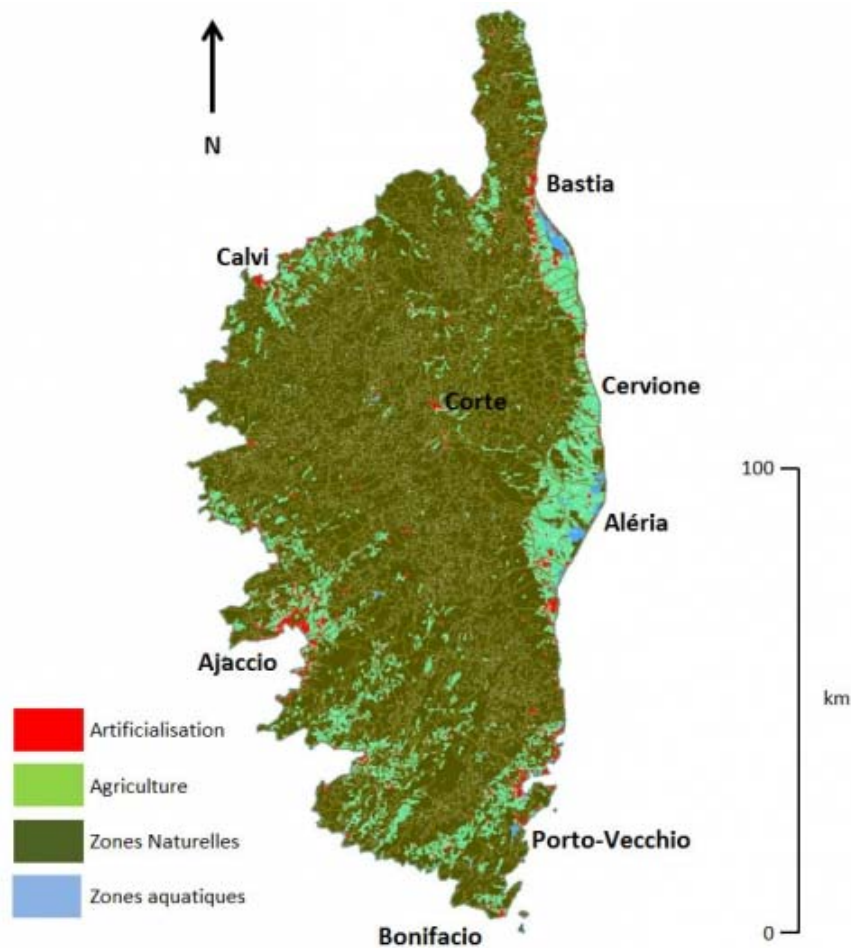
Peu d'études ont été effectuées sur le risque d'incendie de forêt, notamment concernant le territoire français (Ganteaume et Jappiot, 2013). De même, si de nombreuses études ont été réalisées sur les Plans de prévention des risques (PPR) et le risque d'inondation, l'étude de Bouisset (2011) est la seule à notre connaissance à avoir été menée récemment concernant les PPR incendie de forêt sur le secteur des Pyrénées orientales. Dans le cadre d'un projet collaboratif européen, nous proposons ici une réflexion qui associe une démarche prospective d'estimation de l'exposition potentielle du territoire de la Corse au risque d'incendie de forêt pour l'horizon 2100 et une analyse du dispositif légal de prévention des incendies de forêt en nous interrogeant sur son évolution et son application au regard du changement climatique. Les résultats de cette étude sont donc susceptibles d'être utilisés par les opérationnels de la prévention des risques d'incendie de forêt, voire de la gestion de l'urbanisme. Cette démarche est appliquée à l'échelle du territoire corse dans son ensemble, la résolution spatiale étant kilométrique en référence à celle des sorties de modèles climatiques. Cette échelle est suffisamment bien adaptée pour représenter l'évolution du risque d'incendie de forêt de la Corse étudiée dans sa globalité.

Dans un premier temps, nous présentons le territoire corse et ses caractéristiques et notamment les facteurs de vulnérabilité au risque d'incendie de forêt. Dans un deuxième temps, nous effectuons un état des lieux du dispositif juridique de prévention du risque d'incendie de forêt et de sa mise en application en Corse. Dans un troisième temps, nous expliquons la méthode de caractérisation des bio-indicateurs du climat pour évaluer l'impact ou non, positif ou négatif, des changements climatiques sur ces milieux. Nous modélisons ensuite la répartition spatiale des végétaux selon le climat actuel et un scénario de changements climatiques prévus pour l'horizon 2100. Cette application est envisagée ici pour étudier la répartition probable de végétaux majoritairement impliqués dans les incendies de forêts en Corse, dans le but d'estimer la vulnérabilité future des territoires face à ce risque. La quatrième partie concerne une réflexion sur l'évolution du dispositif juridique et de son application anticipée au regard des perspectives de changement climatique.

## Précisions contextuelles concernant la Corse

D'après l'Inventaire forestier national réalisé sous l'autorité de l'IGN (IGN, 2014 a et b), 79 % du territoire de l'île est couvert par la végétation, composée de forêts (58 %), de landes et de maquis (26 %) (figure 1). Île la plus boisée de la Méditerranée, la surface de la Corse est majoritairement recouverte de végétation avec des espaces très peu fragmentés par les activités humaines (urbanisation, agriculture), ce qui renforce le risque de propagation des incendies de forêts.

**Figure 1 : Carte des principaux types d'utilisation du sol (base de données CORINE Land Cover)**



Comparativement à sa taille, la Corse est peu peuplée, bien que la population soit en constante augmentation. La population de la Corse était de 299.213 habitants en 2007, elle atteint 316 257 personnes en 2012<sup>5</sup>. Le taux d'augmentation de la population a été de 0,9 % de 1982 à 2011 et de 1,3 % de 2006 à 2011. Au dernier recensement, la population avait cru de 1,003 %, un des taux de croissance les plus élevés de France. Mais la répartition de la population sur l'île n'est pas homogène : on constate une forte concentration dans les zones côtières (90 % de 57 000 unités construites, concentrées dans 90 % des communes littorales) et une urbanisation dispersée, dans la partie restante du territoire<sup>6</sup> (Préfecture de Corse, 2007).

L'une des principales préoccupations concernant le risque de feu de forêt est le développement de zones d'interface forêt-habitat en raison de l'étalement urbain<sup>7</sup>, phénomène qui a connu des phases d'accélération selon les époques (Baccaïni et Sémécurbe, 2009). Du fait du développement de ces interfaces, certaines zones qui n'étaient pas exposées aux incendies de forêt le sont devenues (Rigolot 2008), d'autant plus que les causes anthropiques sont les principales causes de feux de forêt. Dans les périodes 1993-2003 et 2004-2014, les incendies liés à la malveillance (3 459 feux) et aux causes involontaires (travaux et comportement des personnes : 2 722 feux<sup>8</sup>) ont augmenté, mais les incendies dus à des causes involontaires liés au comportement des personnes ont été multipliés par 2 : 528 incendies pendant la période de 1993 -2003 ; 1069 incendies entre 2004 à 2014<sup>9</sup>. La fréquence des incendies est ainsi potentiellement plus importante en raison des nombreuses sources d'inflammation liées aux activités humaines (barbecue, mégots de cigarettes ...) en contact avec la végétation inflammable (Ganteaume *et al.*, 2009 ; Lampin *et al.*, 2006 ; Jappiot *et al.*, 2006). Cela met en évidence la forte exposition des interfaces forêt-habitat au risque de feu (Lampin-Maillet, 2010)<sup>10</sup>. En outre, la population est de plus en plus exposée à ce type de risque en raison de l'évolution des comportements et des pratiques. La Corse est attrayante pour de nombreux touristes, dont les pratiques ont changé (séjours en zone littorale mais aussi en zone de montagne pour la pratique de loisirs de plein air et de sports de nature). Le développement des activités dans les zones naturelles, souvent isolées et loin des voies de communication, soulève la question de la vulnérabilité de ces zones et de la sécurité des personnes au cours de leurs activités de loisirs dans un environnement extrêmement sensible aux feux, en particulier en période estivale. Dans les zones côtières, le développement de terrains de camping dans des environnements hautement sensibles soulève la même question de sécurité (Préfecture de

Corse, 2007).

L'ensemble de ces éléments, auxquels s'ajoutent un relief escarpé<sup>11</sup> et une déprise agricole importante, constitue des facteurs de vulnérabilité de la population, tout en contribuant à augmenter le risque de feu de forêt (Préfecture de Corse, 2007). De plus, la question de la sécurité des personnes et des biens se pose particulièrement dans un contexte de changement climatique, qui peut avoir une influence sur le risque d'incendie de forêt.

L'étude des données historiques relatives à la température dans cette île montre une augmentation de 1 ° C depuis 1950. Entre 1971 et 2010, la température annuelle moyenne de l'air à Bastia et Ajaccio a augmenté de 1,5 ° C. Si cette hausse des températures se poursuit, la température moyenne en 2050 sera de 17,5 ° C à Bastia et 16 ° C à Ajaccio, valeurs qui sont caractéristiques respectivement du climat de Tunis (Tunisie) et de Cagliari (Sicile). Les projections élaborées pour la France<sup>12</sup>, sous la forme de cartes de répartition de phénomènes climatiques, montrent une augmentation possible des périodes de canicule. En 2035, des vagues de chaleur pourraient se produire pendant cinq jours consécutifs. En 2080, selon les scénarios du GIEC, ces vagues de chaleur pourraient durer entre 10 et 40 jours, selon les secteurs de la Corse. Ces projections concernant l'augmentation des températures, établies en s'appuyant sur les différents scénarios du GIEC, montrent qu'il y aurait des anomalies des températures moyennes en été (de + 1,5 ° C à 2 ° C en 2035, à partir de + 4,5 ° C à 6,5 ° C en 2080) et en hiver (de + 0,5 ° C à 1 ° C en 2035, de + 1,5 ° C à + 3 ° C en 2080). Le nombre de nuits avec une température supérieure à 20 ° C (nuit "tropicale") serait de 30 à 65 jours en 2035 et de 80 à 85 jours en 2080. Le changement climatique et l'augmentation de la température ont déjà eu un impact sur les rivières. Par exemple, le débit de la rivière Tavignano, située à l'ouest de Corte, a été réduit de moitié entre 1983 et 1985 (de 16 m<sup>3</sup> à 8 m<sup>3</sup>). Depuis 1985, un déficit de cette rivière a été mesuré pendant 13 ans sur une période de 18 ans. La période de l'étiage en Corse dure maintenant 5 mois, elle durait 3 mois en 1984. Parallèlement, une diminution des précipitations annuelles a été observée depuis 1985 (malgré des pluies d'automne plus violentes qui entraînent un risque d'inondation). L'assèchement des lacs de montagne est devenu structurel plutôt que cyclique. Concernant les précipitations dans la région méditerranéenne pour 2050, les différents modèles convergent vers une diminution des précipitations, de 4 % à 27 % (Conseil économique, social et culturel de Corse, 2013).

Compte tenu des caractéristiques de la Corse, qui présente des facteurs de vulnérabilité au regard du risque d'incendie de forêt, il s'agit de savoir quel dispositif juridique peut être mis en place pour assurer la sécurité des personnes, des biens, des écosystèmes et des services qui en découlent.

## Le dispositif juridique de prévention des incendies de forêt et sa mise en application

Le dispositif juridique de prévention du risque d'incendie de forêt est composé de différentes mesures, certaines relevant du Code de l'environnement, d'autres du Code forestier voire même du Code de l'urbanisme. L'ensemble de ces mesures, complémentaires entre elles, permettent à la fois de prévenir le risque d'incendie de forêt mais aussi de protéger les personnes et les biens, en contrôlant le développement d'enjeux dans les zones de risques, en prévoyant les mesures de gestion des espaces forestiers ainsi que les travaux de protection à réaliser dans les espaces naturels ou encore en informant la population de l'existence d'un risque et des consignes de sécurité à appliquer pour la protection des personnes et des biens. Les mesures juridiques de prévention des risques d'incendie de forêt reposent sur la mise en œuvre de mesures structurelles et non structurelles et le contrôle du développement urbain. Elles concernent les bois et forêts<sup>13</sup> mais aussi les landes, maquis et garrigues, au titre de l'article L 111-2 du Code forestier. Ainsi, les dispositions s'appliquent aussi bien aux espaces de végétation basse comme les landes, garrigues et maquis, qu'aux zones boisées.

Le dispositif « *phare* » de prévention repose sur la mise en œuvre de Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN), en particulier dans les territoires exposés aux incendies de forêt<sup>14</sup>. Le PPRN, relevant de la compétence du préfet du département, a pour objectif :

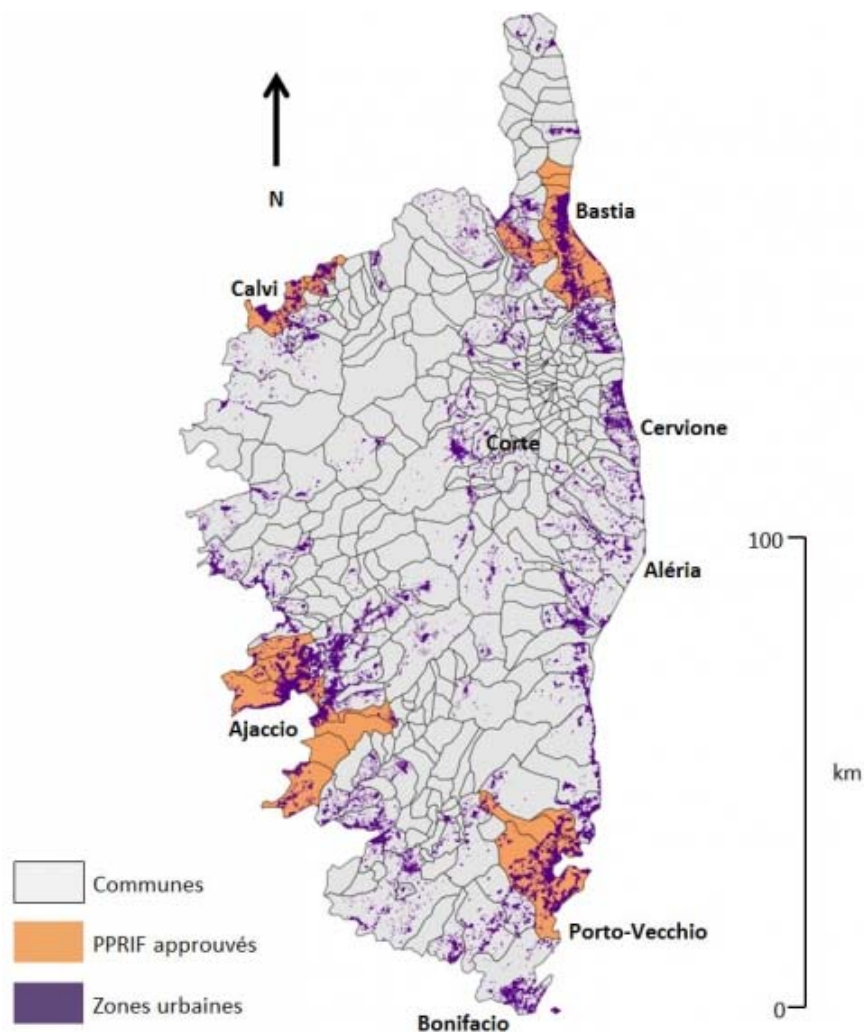
- D'identifier et de délimiter, à travers un zonage réglementaire, les zones exposées au risque, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque et d'identifier les zones qui ne sont pas directement exposées au risque mais qui peuvent avoir un impact sur celui-ci en raison de la présence ou du développement de certaines activités ;



- D'imposer dans les différentes zones exposées les mesures (autorisation, interdiction) concernant le développement et l'usage des futures constructions et activités (de loisirs, industrielles, commerciales, artisanales, agricoles ...) ;
- De prévoir dans les différentes zones exposées les mesures de prévention et de protection concernant les constructions et les activités existantes, que les propriétaires et les autorités locales doivent mettre en œuvre.

Mais, si 357 communes de la Corse sont exposées au risque d'incendie de forêt, on constate une carence, ou du moins une certaine lenteur, dans la mise en application des Plans de prévention des risques d'incendie de forêt (PPRIF). Seuls 27 PPRIF, concernant autant de communes, ont été approuvés (données Gaspar 2015, prim.net.fr), alors que 79 % du territoire Corse est exposé, à des niveaux différents, au risque d'incendie de forêt (figure 2). Ainsi, est-il crucial pour la sécurité des personnes et des biens de poursuivre l'élaboration de ces PPRIF, afin d'imposer des mesures de prévention et de protection et de maîtriser l'implantation de constructions dans les zones les plus exposées. À notre connaissance, aucune étude à une fine échelle spatiale n'a encore été menée pour identifier les facteurs de blocage de la mise en œuvre des PPRIF en Corse.

Figure 2 : Carte de répartition des PPRIF approuvés et des zones urbaines en Corse (sources : BD Gaspar 2015, prim.net ; BD TOPO et GEOFLA, IGN, 2015)



Le Code forestier prévoit parallèlement des mesures spécifiques concernant le risque d'incendie de forêt : une identification et une classification des bois et forêts selon le niveau de risque<sup>15</sup> et des mesures de prévention associées. À ce titre, le préfet du département peut par exemple réglementer l'usage du feu ou interdire tout dispositif ou équipement pouvant provoquer un incendie (par ex. circulation et stationnement des véhicules, utilisation des barbecues, loisirs dans les zones naturelles, notamment pendant la période estivale)<sup>16</sup> ou encore encadrer les pratiques de brûlage dirigé. Dans les bois et forêts classés à « *risque d'incendie* », un ensemble de mesures collectives de prévention et de protection peut être mis en œuvre (planification de travaux tels que création et entretien de coupures pare-feu, installation de réseaux d'hydrants, création de pistes, entretien des forêts, etc.). Dans les

territoires identifiés comme particulièrement exposés aux incendies de forêt, les mêmes mesures de prévention et de protection peuvent être mises en œuvre. En outre, dans ces territoires, chaque préfet de département élabore un Plan départemental ou interdépartemental de protection des forêts contre les incendies<sup>17</sup> pour diagnostiquer la situation de chaque massif forestier, prévoir les besoins et définir les priorités d'actions<sup>18</sup>. En Corse, un tel document a été élaboré en 2007, en vue notamment d'identifier les différents massifs forestiers en fonction de leur exposition au risque et de prévoir les besoins en équipements et en travaux de protection et de lutte contre les incendies de forêt.

La principale mesure de prévention du risque d'incendie de forêt est le débroussaillage<sup>19</sup>, afin de réduire l'intensité et de limiter la propagation du feu en diminuant la masse combustible<sup>20</sup>. Le débroussaillage doit être effectué par chaque propriétaire sur sa parcelle, sur une profondeur de 50 m, voire 100 m sur décision du maire, autour des constructions<sup>21</sup> et sur les parcelles voisines, si le périmètre de débroussaillage fixé dépasse les limites de sa propriété. Les zones le long des routes, des pistes, des sentiers, des voies ferrées et des lignes électriques doivent également être débroussaillées par les propriétaires de ces équipements et infrastructures, lorsque des bois et forêts se situent à moins de 20 m de la limite de l'emprise de ces infrastructures et équipements<sup>22</sup>. En cas de défaillance des propriétaires, le maire doit procéder au débroussaillage, en lieu et place de ceux-ci, à leurs frais. L'amende en cas d'absence de débroussaillage peut s'élever jusqu'à 30 euros par m<sup>2</sup><sup>23</sup>.

Environ 50 000 parcelles doivent être débroussaillées et maintenues dans cet état pour garantir la sécurité sur l'ensemble du territoire corse. Or, le respect de cette obligation de débroussaillage est faible, surtout dans les zones d'habitats groupés, éloignées des centres urbains (hameaux, villages). Depuis 25 ans, les autorités publiques corses ont renforcé les contrôles de parcelles et du respect de l'obligation de débroussaillage. Ainsi, depuis 1990, environ 500 parcelles sont contrôlées chaque année, pour rappeler aux propriétaires leurs obligations en matière de débroussaillage et les objectifs de sécurité. Le retour d'expérience effectué après ces contrôles par la Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM - anciennement Direction départementale de l'agriculture et de la forêt – DDAF-), montre que 80 % des propriétaires des parcelles contrôlées se conforment à l'obligation de débroussaillage. Le rapport de la Préfecture de Corse (2007) et le rapport Chatry (2010) insistent d'ailleurs sur l'amélioration de l'information portant sur les obligations de débroussaillage à l'égard de tous les publics.

La carence dans la mise en œuvre de l'obligation de débroussaillage est aussi due à la difficulté de procéder au débroussaillage dans des reliefs accidentés et en lieu et place de propriétaires défaillants, ce qui constitue une lourde charge financière pour les communes, notamment les communes rurales ou de zones de montagne peu habitées qui ne disposent pas d'un budget suffisant. Le rapport de la Préfecture de Corse (2007) conseille ainsi de fournir une aide financière aux communes concernées, en particulier dans les zones où le débroussaillage n'est pas obligatoire au regard des critères énoncés par le Code forestier, mais où il est nécessaire pour des raisons de sécurité publique (notamment les zones d'accumulation de biomasse : zones non construites avec une végétation dense à relief accidenté). Cette aide financière pourrait être gérée par un fonds en soutien des dépenses de ces communes, comme le propose le rapport Perriez *et al.* (2003), et serait alimenté par une taxe pesant sur les propriétaires, ce qui permettrait de mettre en place une mutualisation des dépenses de débroussaillage.

La protection des personnes et des biens et la prévention du risque d'incendie de forêt reposent aussi sur une démarche d'information sur ce type de risque. Le Code de l'environnement prévoit des campagnes d'informations qui visent à informer le public à propos des mesures de prévention mises en œuvre et des consignes de sécurité à appliquer, notamment en cas d'incendie de forêt, par l'intermédiaire de documents élaborés par les préfets de département (Dossier départemental sur les risques majeurs – DDRM) et les maires des communes (Dossier d'information communal sur les risques majeurs – DICRIM). Le document d'information communal doit notamment être élaboré dans toutes les communes soumises à un PPR ou encore dans les communes situées dans les régions listées à l'article L 133-1 du Code forestier, dont fait partie la région Corse. Le rapport de la Préfecture de Corse (2007) et le rapport Chatry (2010) insistent sur l'amélioration de l'information à l'égard de tous les publics (milieu scolaire, professionnels intervenant dans les espaces naturels, touristes, propriétaires, pratiquants de loisirs, etc.), portant sur les obligations de débroussaillage, mais aussi sur les dangers du feu, les causes d'incendie, le respect des prescriptions des PPRIF.

Parallèlement, les documents de planification, même si leur objet premier n'est pas la

prévention des risques naturels, permettent de limiter le développement de constructions et d'activités dans les zones de risques. En effet, depuis la loi 87-565 du 22 juillet 1987, les documents d'urbanisme doivent prendre en considération les risques, naturels et technologiques, pour définir les zones urbanisables. Les documents de planification urbaine<sup>24</sup> permettent ainsi de prévoir des règles d'implantation des constructions et des activités dans les zones exposées, selon leur niveau de risque et également éviter un mitage du terrain. La loi n° 2014-366 du 24 mars 2014 pour l'Accès au logement et un urbanisme rénové (loi « ALUR ») repose sur une approche systémique alliant une gestion de l'urbanisme et une protection de l'environnement, avec des mesures qui peuvent avoir une incidence significative sur l'étalement urbain et le mitage du terrain, notamment une densification de l'urbanisation pour éviter le grignotage des espaces naturels, impliquant un remplissage des « dents creuses » et une utilisation du sol privilégiant les extensions verticales.

A ce jour, peu de documents d'urbanisme ont été adoptés sur le territoire Corse : seules 78 communes sur 360 en disposaient d'un en 2004. En 2010, on en dénombrait 129, ces dernières concernant toutefois la majeure partie de la population corse (plus de 80 %) (Assises du foncier et du logement, 2010). Le développement des documents d'urbanisme doit être maintenu, afin de mieux contrôler l'étalement urbain et éviter la construction dans les zones exposées aux incendies de forêt ou autoriser ces constructions si la zone est sécurisée (notamment du fait de la présence d'un réseau d'hydrants, d'une voirie permettant le passage des véhicules). En attendant que l'ensemble des communes de Corse soit doté d'un document d'urbanisme, le rapport Perriez (Perriez *et al.*, 2003) préconise d'adopter un moratoire sur la délivrance des permis de construire, pour stopper l'étalement urbain et la construction dans les espaces exposés au risque d'incendie. Le rapport Perriez préconise aussi d'imposer des mesures de construction, de manière à ce que les bâtiments soient plus résistants aux incendies de forêt, notamment en imposant l'utilisation de certains matériaux (ex. matériaux ignifuges) ou l'interdiction de matériaux sensibles aux feux (PVC, bois).

Cet aperçu synthétique montre que le cadre juridique appréhende les multiples facettes de la prévention du risque d'incendie de forêt (PPRIF, classification des bois et forêts selon leur niveau de risque, travaux collectifs et individuels de prévention et de protection, information de la population, maîtrise de l'urbanisation). Cependant, nous avons pu constater de nombreuses carences dans la mise en application de ce dispositif. La question de la sécurité se pose avec d'autant plus d'acuité dans un contexte de changement climatique, qui est susceptible d'avoir une influence sur le risque d'incendie de forêt.

## **Impact du changement climatique sur la végétation et conséquences potentielles sur le risque d'incendies de forêt pour 2100**

Le contexte du changement climatique nécessite de s'interroger sur l'émergence ou le renforcement de situations à risques sur le territoire corse, dans le but d'en évaluer sa vulnérabilité. S'inscrivant dans une démarche de géoprospective (Emsellem *et al.*, 2012 ; Houet et Gourmelon, 2014), notre méthodologie cherche ainsi à anticiper les changements structurels des écosystèmes végétaux qui pourront potentiellement survenir d'ici la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle, dans le but de fournir aux décideurs des informations sur l'évolution possible du risque d'incendie de forêt, permettant de les aider dans la gestion du territoire. Cette méthodologie repose sur trois étapes qui consistent d'abord à comprendre les relations entre plantes et climat, puis à modéliser la répartition probable de la flore selon le changement climatique et enfin à analyser ces résultats du point de vue de l'émergence ou non du risque d'incendie de forêt. Une estimation de la croissance démographique d'ici à 2100 complète cette approche géoprospective qui s'appuie ainsi sur la modélisation comme moyen d'anticipation des changements, par la construction de scénarios donnant une idée des futurs possibles, mais en investiguant particulièrement les impacts des processus naturels et anthropiques qui conditionnent la dynamique de l'espace (Voiron-Canicio, 2012).

### **Caractérisation des bio-indicateurs du climat**

Pour évaluer l'impact du changement climatique sur les écosystèmes, il convient

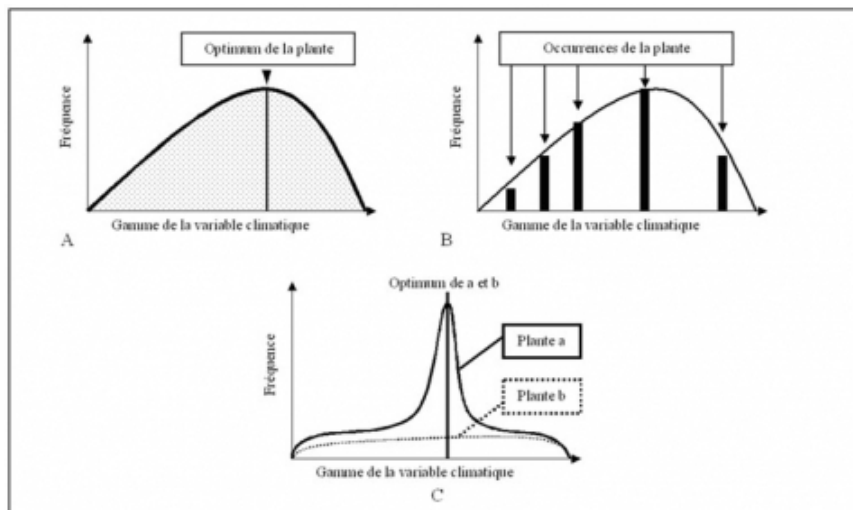


initialement de caractériser la relation entre la répartition des végétaux et celle des climats. Nous proposons de réaliser un étalonnage probabiliste, à l'échelle de la France, pour caractériser ces liens d'une manière plus précise qu'un étalonnage qui serait réalisé seulement à l'échelle de la Corse. En effet, le recours à un étalonnage sur un territoire plus étendu permet de mieux comprendre les liens entre plantes et variables du climat car la majorité des espèces localisées sur le territoire corse sont également présentes en métropole et, par conséquent, elles vivent sous des conditions climatiques qui peuvent être sensiblement différentes de celles rencontrées en Corse. Nous supposons ici que l'effet apparent d'un facteur du milieu sur une plante s'exprime par l'occurrence de la plante et de son abondance dans une station floristique. L'étalonnage tient compte de la nature intermittente des observations des plantes sur le territoire, par le recours à un modèle probabiliste qui considère que la distribution d'un taxon dans la gamme d'un facteur climatique est unimodale.

Trois hypothèses élémentaires relatives aux relations entre plantes et facteurs du milieu (cf. figure 3) suffisent à fonder les calculs proposés (Garbolino *et al.*, 2007) :

- A. L'effet d'un facteur sur une plante suit une tendance unimodale caractérisée par un optimum des fréquences de la plante dans une partie de la gamme de la variable climatique. Cette gamme représentée par exemple les valeurs des températures du jour en janvier qui ont été enregistrées ou estimées sur le réseau météorologique ;
- B. L'effet d'un facteur sur une plante est graduel quelle que soit l'intermittence des fréquences de la plante dans la gamme de la variable climatique ;
- C. Une plante est d'autant plus indicatrice d'un facteur que ses fréquences sont plus concentrées dans une partie de la gamme de la variable. Concrètement, si deux plantes « a » et « b » sont distribuées dans la même partie de la gamme d'une variable, la plante la plus indicatrice sera celle qui aura les fréquences les plus importantes dans seulement quelques rangs de la gamme, même si elles ont le même optimum.

**Figure 3 : Hypothèses des relations entre plantes et mesures du milieu (Garbolino *et al.*, 2007) pour la formalisation des algorithmes permettant de définir des bio-indicateurs**



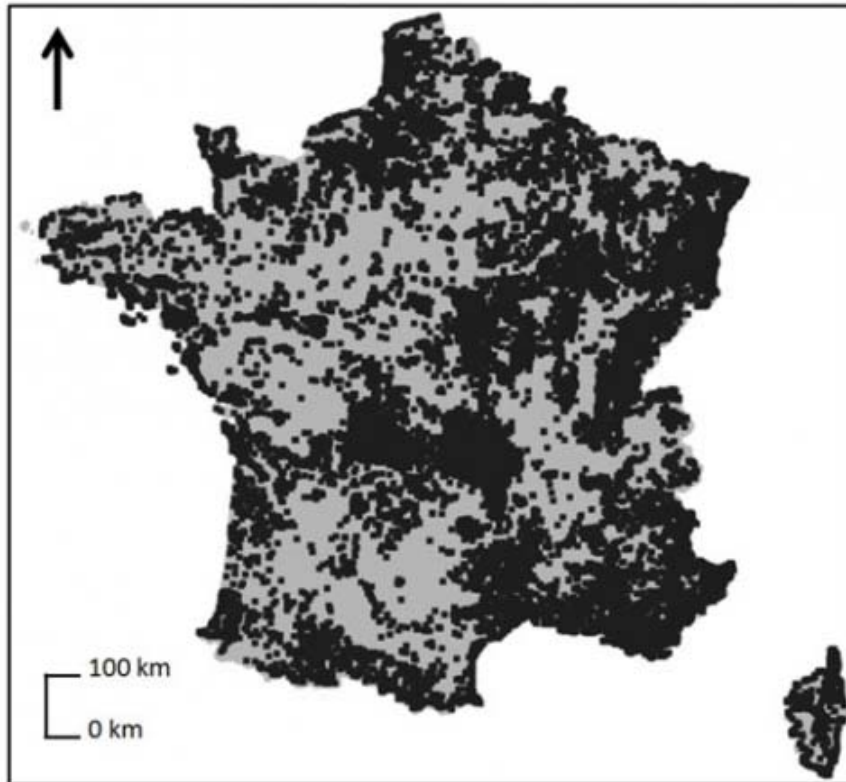
L'étalonnage probabiliste cherche alors à connaître dans quelle partie de la gamme d'une variable se trouve une plante (paramètre de position), mais également si cette plante est fréquemment rencontrée dans cette partie de la gamme (paramètre de concentration). Ces deux paramètres définissent d'abord la valeur optimale de la variable (appelée « *OPT* ») dans laquelle une plante peut croître, mais aussi le degré de liaison entre cette valeur et la plante (appelé « *CTRA* »).

D'abord utilisé en croisant des observations botaniques avec des mesures issues de postes climatiques sur l'ensemble du territoire français (Garbolino *et al.*, 2007), la méthodologie a ensuite été modifiée en utilisant des données issues de modèles d'interpolation climatique fournis par Météo-France (Garbolino, 2014) pour étalonner un grand nombre de plantes (plus de 4 000 sur le territoire français).

Les données climatiques correspondent à des quadrats de 1 km de côté : ces données climatiques résultent d'interpolations par krigeage sur les mesures climatiques et de la topographie en raison de la relation entre le relief et la répartition des températures et des précipitations (Bénichou et Le Breton, 1986). Elles concernent les moyennes mensuelles de températures du jour (Tmax) et de la nuit (Tmin), le cumul des précipitations (P), le nombre de jour de précipitations (Nb P) et le nombre de jours de gel (Nb F).

Pour la flore, la banque de données Sophy fournit les observations de présence et d'abondance des plantes dans plus de 200 000 relevés en France (Garbolino *et al.*, 2012). Les stations sont plus restreintes, donc plus homogènes que des quadrats. Les données portent sur l'ensemble de la flore, sans se limiter aux principales essences forestières. Elles permettent de faire l'inventaire aussi exhaustif que possible des relations entre plantes et climat à l'échelle de la France. Le croisement entre les données de la base Sophy et celles de Météo-France a permis de sélectionner 27 167 quadrats contenant des observations botaniques réparties sous divers climats en France (figure 4).

Figure 4 : Sélection des quadrats rassemblant les observations botaniques (pixels noirs)



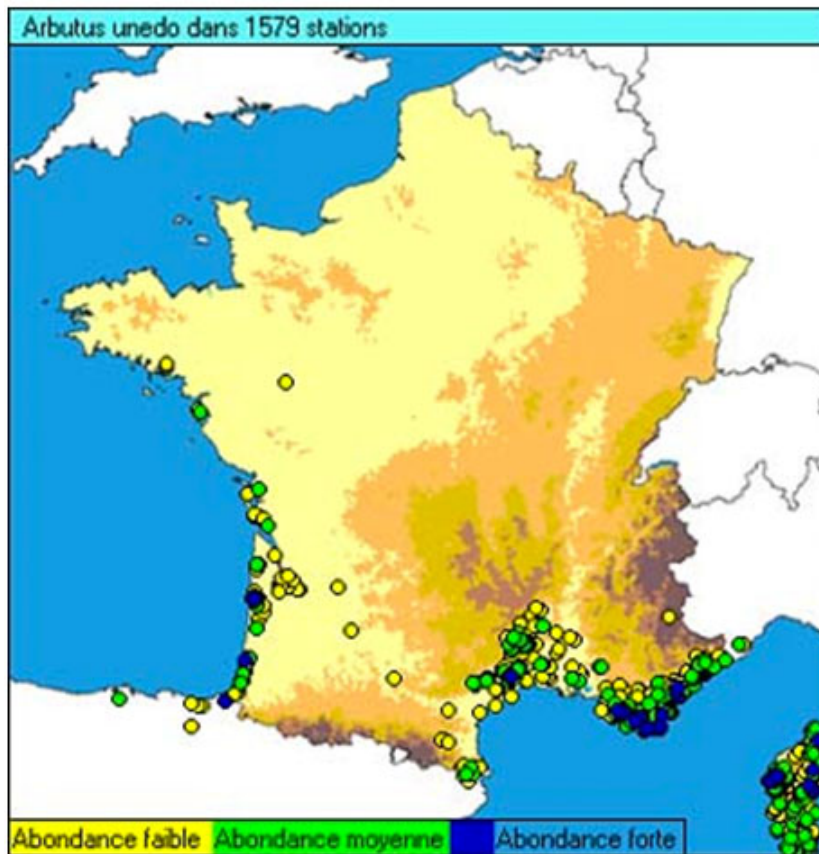
La justesse de l'étalonnage (tableau 1) correspond à la différence entre les valeurs climatiques fournies par Météo-France et les valeurs climatiques estimées par les plantes dans chacun des quadrats.

Tableau 1 : Justesse de l'étalonnage des variables climatiques des plantes

Variables climatiques	Justesse en %
Cumuls mensuels moyens des précipitations – P	73
Nombre mensuel moyen de jour de jours de pluie – Nb P	75
Températures minimales moyennes – Tmin	75
Températures maximales moyennes – Tmax	76
Nombre mensuel moyen de jour de jours de gel – Nb F	57

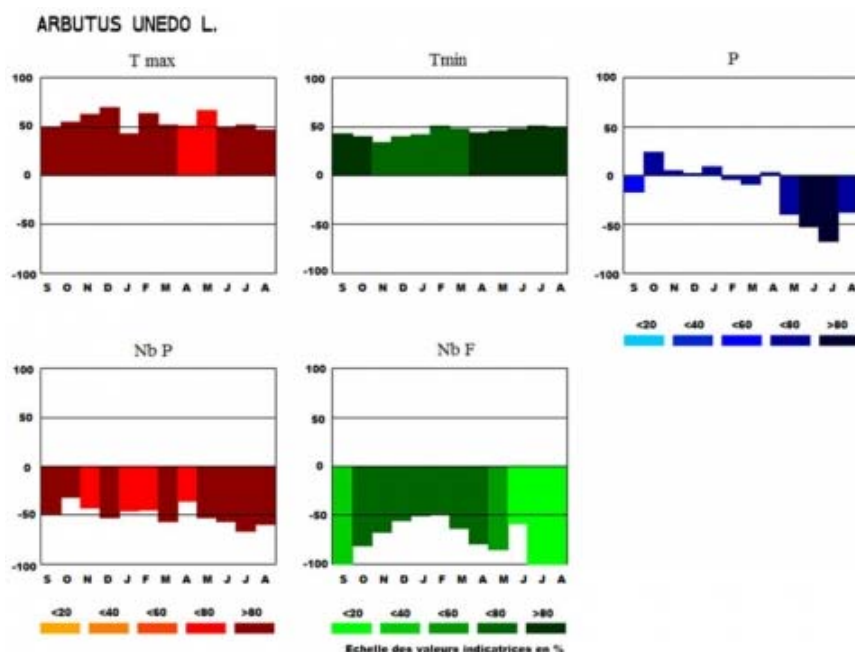
Le tableau 1 montre que les taxons botaniques sélectionnés représentent, dans une large mesure, des indicateurs de variables environnementales (en moyenne à 71,2 % de précision). Ces taxons botaniques peuvent ainsi être utilisés dans le but d'estimer leur répartition géographique selon les changements des valeurs des variables du climat. Nous prendrons comme exemple le comportement climatique d'un taxon principalement impliqué dans des incendies de forêts en Corse, l'arbousier (*Arbutus unedo* L.). Cet arbre est majoritairement localisé en zone méditerranéenne et dans la partie sud du littoral atlantique (Figure 5).

Figure 5 : Répartition géographique de l'arbousier (*Arbutus unedo* L.) en France selon les observations de la banque de données Sophy



La figure 6 comprend des histogrammes qui représentent les valeurs climatiques indiquées par l'arbousier et exprimées en %. Sur l'axe des ordonnées, la valeur zéro représente la moyenne des comportements climatiques de toutes les plantes étalonnées à l'échelle de la France. Ainsi, un taxon peut présenter des valeurs supérieures, inférieures ou égales à la moyenne des comportements. Le niveau de couleur, allant du clair au foncé, permet d'exprimer le pouvoir indicateur (en %) de la plante, c'est-à-dire sa capacité à indiquer correctement une variable climatique. La figure 6 montre que l'arbousier est principalement un taxon de climat de type méditerranéen. En effet, ce taxon est extrêmement indicateur de températures maximales et minimales très supérieures à la moyenne nationale des comportements. L'arbousier est également extrêmement indicateur de très faibles précipitations au cours de l'été et d'un nombre très faible de jours de pluie tout au long de l'année, ce qui est caractéristique du régime pluvial du sud de la France.

**Figure 6 : Comportement climatique de l'arbousier : Tmax = moyenne des températures maximales ; Tmin = moyenne des températures minimales ; P = moyenne des cumuls des précipitations ; Nb P = moyenne du nombre de jours de pluie ; Nb F = moyenne du nombre de jours de gel**



C'est à partir de ce type d'informations que la probabilité d'occurrence des plantes a ensuite été estimée sur le territoire Corse selon le climat actuel et selon son évolution attendue pour 2100.

## Répartition probable des végétaux selon le climat

La répartition probable de la flore est fondée sur les données climatiques actuelles et les sorties de scénario du GIEC pour 2100 spatialisées au niveau de la Corse.

La modélisation de la distribution spatiale de la flore selon le climat actuel permet d'identifier le potentiel actuel de végétation : cette étape est nécessaire pour distinguer la part du changement climatique dans la dynamique de la végétation par rapport à la reconquête naturelle des végétaux dans les secteurs de déprise des activités anthropiques. Elle permet aussi d'estimer la dynamique de colonisation des végétaux dans des secteurs abandonnés depuis de nombreuses années. D'une certaine façon, la modélisation du potentiel de végétation selon le climat actuel permet de caractériser numériquement et de cartographier des formations végétales potentielles analogues aux séries de végétation (Gausson, 1938 ; Ozenda et Wagner, 1975 ; Ozenda, 1981, 1985, 1986 ; Ozenda and Borel, 2000). Cette modélisation repose sur les variables climatiques mensuelles précédemment étalonnées avec la flore. Cette modélisation a été appliquée à un premier lot de 41 taxons considérés soit selon leur simple présence sur le territoire, soit selon leur niveau d'abondance (tableau 2). La prise en compte de l'abondance des plantes est originale car elle permet d'étudier la répartition de populations, contrairement aux approches qui ne sont focalisées que sur la simple présence-absence de taxons. Ces taxons ont été choisis pour leur implication en tant que plantes fréquemment incendiées mais aussi au niveau de leur valeur en termes de structuration des écosystèmes. L'évolution de la répartition géographique de ces plantes indicatrices peut ainsi faire l'objet d'un suivi permettant d'identifier l'impact durable du changement climatique sur les écosystèmes et le risque d'incendie.

**Tableau 2 : Liste des plantes sélectionnées pour la modélisation de leur distribution spatiale selon les climats actuels et futurs en Corse. Cette liste comprend des plantes à seuil d'abondance telles que l'*Arbutus unedo* L.<sup>25</sup>**

Nom	abd	Nom	abd	Nom	abd
ARBUTUS UNEDO L.	1-6	ERICA SCOPARIA L.	4-6	PISTACIA LENTISCUS L.	1-6
ARBUTUS UNEDO L.	3-6	FAGUS SILVATICA L.	1-6	PISTACIA LENTISCUS L.	3-6
CALYCOTOME SPINOSA (L.) LINK	1-6	FAGUS SILVATICA L.	5-6	QUERCUS ILEX L.	1-6

CASTANEA SATIVA MILL.	1-6	LONICERA IMPLEXA AITON	1-6	QUERCUS ILEX L.	4-6
CASTANEA SATIVA MILL.	4-6	LONICERA IMPLEXA AITON	2-6	QUERCUS LANUGINOSA LAM.	1-6
CERATONIA SILIQUA L.	1-6	MYRTUS COMMUNIS L.	1-6	QUERCUS LANUGINOSA LAM.	4-6
CERATONIA SILIQUA L.	3-5	MYRTUS COMMUNIS L.	3-6	QUERCUS SUBER L.	1-6
CISTUS MONSPELIENSIS L.	1-6	OLEA EUROPAEA L.	1-6	QUERCUS SUBER L.	4-6
CISTUS MONSPELIENSIS L.	3-6	OLEA EUROPAEA L.	3-6	RHAMNUS ALATERNUS L.	1-6
CISTUS SALVIAEFOLIUS L.	1-6	OSTRYA CARPINIFOLIA SCO	5-6	RHAMNUS ALATERNUS L.	2-6
CISTUS SALVIAEFOLIUS L.	3-6	OSTRYA CARPINIFOLIA SCOP.	1-6	RHAMNUS ALATERNUS L.	3-6
DAPHNE GNIDIUM L.	1-6	PHILLYREA ANGUSTIFOLIA	2-6	ROSMARINUS OFFICINALIS	3-6
ERICA ARBOREA L.	1-6	PHILLYREA ANGUSTIFOLIA L.	1-6	ROSMARINUS OFFICINALIS L.	1-6
ERICA ARBOREA L.	3-6	PINUS HALEPENSIS MILL.	1-6		
ERICA SCOPARIA L.	1-6	PINUS HALEPENSIS MILL.	4-6		

La méthodologie proposée cherche à estimer, en tout point du réseau climatique, la probabilité d'occurrence d'une plante. Pour chacune des plantes étudiées, l'algorithme vérifie si les valeurs de chaque variable climatique du quadrat sont comprises entre les bornes des valeurs pour lesquelles une plante a été observée. Par exemple, pour un taxon dont les bornes climatiques sont comprises dans l'intervalle [+5°C ; +15°C] pour les températures maximales de janvier, l'algorithme recherche tous les quadrats ayant « *Tmax Janvier* » compris dans cet intervalle. L'algorithme procède ainsi pour les 36 variables climatiques et les 9 000 quadrats du réseau. Une fois que les quadrats climatiquement favorables à une plante ont été sélectionnés, l'algorithme calcule la valeur de concentration de la plante CTRA, cette valeur étant assimilable à une probabilité puisqu'elle a été établie selon un modèle de distribution unimodale. Un tableau des valeurs de concentration pour chaque variable climatique et pour chaque point est obtenu pour tous les taxons botaniques. La représentation de la répartition spatiale d'un taxon sur le territoire considéré est obtenue en calculant la moyenne des concentrations de toutes les variables de chacun des quadrats, de manière à obtenir une concentration moyenne assimilable à une probabilité moyenne de présence.

Cette logique de calcul a été appliquée pour le climat actuel mais aussi pour le climat futur estimé à l'horizon 2100 en prenant comme référentiel le scénario RCP 6 proposé par le GIEC et les variables Tmin, Tmax et P. Ce scénario, indique au niveau global une augmentation moyenne des températures pour 2100 allant de 1,4°C à 3,1°C. Dans notre analyse sur la répartition probable des taxons botaniques, nous n'avons considéré que les altitudes comme information géographique car, à l'échelle de la Corse, les variations de latitude ou de longitude sont très faibles contrairement à un territoire plus vaste comme la France ou l'Europe. L'annexe 1 montre que pour tous les taxons, qu'ils soient considérés selon leur niveau d'abondance ou non, les altitudes moyennes de la répartition des plantes prévues pour la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle seront supérieures à celles estimées selon le climat actuel.

La différence moyenne prévue est de 272 m, ce qui représente une progression moyenne de 27 m tous les 10 ans. Il convient aussi de noter la disparition probable du caroubier, *Ceratonia siliqua* L., pour la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle, espèce qui aurait été introduite en Corse depuis l'antiquité. Cette disparition probable doit également être nuancée compte-tenu de la capacité d'adaptation de cette essence aux futures conditions climatiques en Corse, paramètre qu'il est actuellement difficile d'estimer.



En conclusion de ces résultats il apparaît que les secteurs d'altitude seront davantage colonisés par des espèces impliquées dans les incendies de forêt, augmentant ainsi les surfaces exposées aux incendies en Corse.

## Evaluation de l'évolution du risque incendie de forêt en Corse pour 2100

Les travaux scientifiques menés par le GIEC (2014) montrent que les écosystèmes xériques et thermophiles, ceux majoritairement impliqués dans les incendies de forêt en Europe, seront susceptibles de coloniser des secteurs actuellement peu ou pas exposés à ce risque et ainsi accroître l'emprise spatiale de ces phénomènes destructeurs. D'ailleurs, le rapport Roman-Amat, préconisait dès 2007 d'anticiper les transformations potentielles de la végétation pour préparer les forêts françaises au changement climatique.

Concernant plus particulièrement la Corse, le rapport du Conseil économique, social et culturel de Corse (2012) évoque la possibilité d'augmentation des départs de feux en altitude en raison du réchauffement climatique, ce qui aurait pour conséquences probables une diminution de la biodiversité, une exposition accrue de la population et une accentuation des phénomènes érosifs. Il apparaît donc pertinent de s'intéresser à l'évolution de l'exposition au risque d'incendie de forêt du territoire corse, déjà très exposé à ce type de risque. De leur côté, Duguay *et al.* (2013) Brown *et al.* (2004), Flannigan *et al.* (2009), Mouillot *et al.* (2002), Moriando *et al.* (2006) et Fried *et al.* (2004) établissent un lien entre les projections du changement climatique et un accroissement du risque d'incendie de forêt, des zones incendiées, de l'intensité et/ou de la fréquence des feux.

Les résultats que nous avons présentés concernant la modélisation de la répartition probable de la flore selon le changement climatique confirment cette tendance et apportent des informations quantitatives. Ils permettent d'évaluer l'évolution potentielle du risque d'incendie de forêt en Corse, notamment en analysant la modification de la représentation des différentes espèces sur le territoire en termes de type de végétation et de surfaces potentiellement occupées (tableau 3). Il convient de souligner que ce sont les taxons à niveau d'abondance (abondances entre 3 et 6, entre 4 et 6 etc.) qui ont les plus grandes probabilités d'occurrence, ce qui indique la probabilité de colonisation de peuplements plutôt denses de chacune des espèces sélectionnées.

**Tableau 3 : Comparaison entre le pourcentage de quadrats sélectionnés pour chacun des taxons selon le climat actuel et celui des quadrats sélectionnés selon le climat futur. Le nombre de localités différentes est indiqué, sachant que chacune de ces localités représente un carré de 1 km de côté. En gras sont représentées les espèces les plus mésophiles**

<i>Nom des plantes</i>	<i>% de points probables selon le climat actuel (A)</i>	<i>% de points probables selon le climat futur (B)</i>	<i>B - A (en %)</i>	<i>Nombre de localités différentes</i>
QUERCUS ILEX L. 4-6	8.78	4.74	-4.04	-357
RHAMNUS ALATERNUS L. 2-6	43.40	40.69	-2.71	-240
<b>FAGUS SILVATICA L. 5-6</b>	<b>5.90</b>	<b>4.36</b>	<b>-1.54</b>	<b>-136</b>
PINUS HALEPENSIS MILL. 4-6	13.73	13.26	-0.47	-42
QUERCUS SUBER L. 4-6	1.24	1.05	-0.18	-16
ROSMARINUS OFFICINALIS 3-6	0.42	0.37	-0.05	-4
CASTANEA SATIVA MILL. 4-6	0.99	3.49	2.51	221
PISTACIA LENTISCUS L. 3-6	17.38	19.84	2.45	216

ERICA ARBOREA L. 3-6	0.51	2.24	1.73	153
PHILLYREA ANGUSTIFOLIA 2-6	2.61	3.50	0.90	79
<b>OSTRYA CARPINIFOLIA SCO 5-6</b>	<b>0.43</b>	<b>0.99</b>	<b>0.56</b>	<b>49</b>
MYRTUS COMMUNIS L. 3-6	1.64	2.04	0.40	35
OLEA EUROPAEA L. 3-6	0.85	1.03	0.18	16
QUERCUS LANUGINOSA LAM. 4-6	2.12	2.38	0.26	23

A partir du tableau 3, il est possible de répartir la progression ou la diminution des espèces en les rangeant selon leurs critères écologiques. Il apparaît ainsi que :

- Les espèces mésophiles, sciaphiles ou photophiles telles que le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) pourront connaître une régression de leurs surfaces avec une perte de 136 km<sup>2</sup>. Le hêtre pourra cependant être retranché dans des secteurs d'altitude (étage montagnard) ;
- Les espèces mésoxérophiles et héliophiles ou photophiles telles que le chêne vert (*Quercus ilex* L.) ou le nerprun alaterne (*Rhamnus alaternus* L.) devraient également être moins représentées sur le sol corse même si certaines d'entre elles devraient progresser par rapport aux autres espèces de même écologie, mais le bilan net serait en régression (- 116 km<sup>2</sup>). Ces espèces sont majoritairement impliquées dans des incendies de forêt ;
- Enfin, les espèces pour lesquelles le réchauffement climatique devrait être favorable sont les espèces xérophiles et héliophiles telles que le lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) et le filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia* L.) qui pourraient avoir un bilan net de plus de 249 km<sup>2</sup>. Ces espèces sont significativement les plus impliquées dans les incendies de forêt.

Le tableau 3 montre aussi que les espèces ligneuses hautes (arbres), toutes catégories confondues, devraient être en régression (- 242 km<sup>2</sup>) et que les espèces ligneuses basses (buissons ou chaméphytes) devraient progresser le plus (+ 239 km<sup>2</sup>) favorisant ainsi une couverture arbustive du paysage corse encore plus marquée que celle observée actuellement, ce qui devrait augmenter le risque d'incendie de forêt.

Ainsi, le tableau 7 montre que les espèces telles que le hêtre (*Fagus sylvatica* L., - 136 km<sup>2</sup>), le chêne vert (*Quercus ilex* L., - 357 km<sup>2</sup>) et le nerprun alaterne (*Rhamnus alaternus* L., - 240 km<sup>2</sup>) pourraient être remplacées en partie par d'autres espèces sur les territoires où les conditions environnementales leur sont actuellement favorables. Les espèces qui pourraient coloniser l'espace sont en particulier le lentisque (*Pistacia lentiscus* L., + 216 km<sup>2</sup>), le châtaignier (*Castanea sativa* Mill., + 221 km<sup>2</sup>) et la bruyère arborescente (*Erica arborea* L., + 153 km<sup>2</sup>).

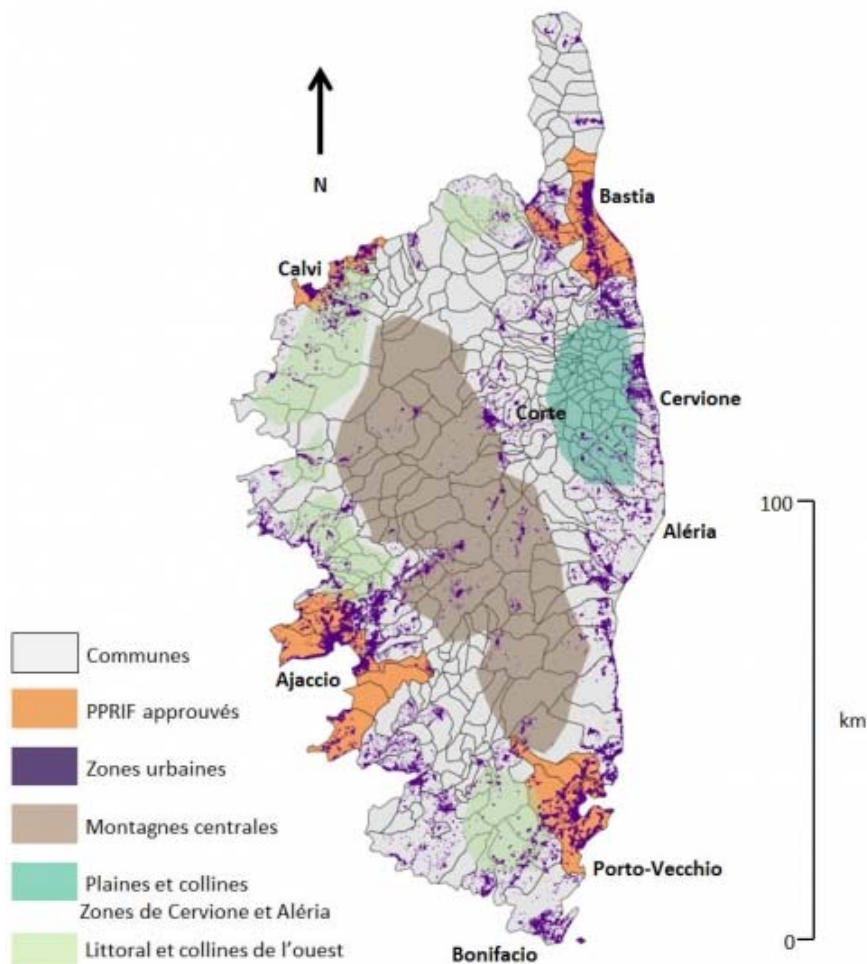
La figure 7 présente les trois principaux territoires qui sont susceptibles de connaître des changements particulièrement importants en Corse d'ici la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle. Ces territoires ont été classés selon leurs altitudes et concernent ainsi :

- La « zone montagneuse centrale » : dans cette partie de la Corse, les résultats montrent une baisse assez nette des probabilités d'occurrence du hêtre (*Fagus sylvatica* L.) ainsi que du chêne vert (*Quercus ilex* L.) au profit d'autres espèces telles que le châtaignier (*Castanea sativa* Mill.), le chêne blanc (*Quercus lanuginosa* Lam.), la bruyère arborescente (*Erica arborea* L.) et, par endroit, le nerprun alaterne (*Rhamnus alaternus* L.). Le remplacement du hêtre par des espèces plus xérophiles à mésoxérophiles et héliophiles montre ainsi une tendance à une probable intensification du caractère xérique des montagnes centrales de la Corse, accentuant le risque d'incendie de forêt dans ces reliefs : 85 communes pourraient être concernées par ces changements de végétation.
- Les « plaines et collines de Cervione et Aléria » : dans cette partie de la Corse, les

résultats de la modélisation montrent une fermeture partielle du milieu par le charme-houblon (*Ostrya carpinifolia* Scop.), mais également le remplacement de la chênaie à chêne vert (*Quercus ilex* L.) et à nerprun alaterne (*Rhamnus alaternus* L.) par le maquis à bruyère arborescente (*Erica arborea* L.), à filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia* L.) et à lentisque (*Pistacia lentiscus* L.). La tendance globale pour ce secteur reste toutefois une ouverture du milieu avec des espèces xérophiles à mésoxérophiles, augmentant le risque d'incendie de forêt. Ce seront en tout 72 communes qui pourraient être concernées par ces changements de végétation.

- Les zones du littoral et de l'arrière-pays collinéen, proches de Porto-Vecchio, Ajaccio et Calvi : dans ces secteurs les bois et les fruticées à chêne vert (*Quercus ilex* L.) et à nerprun alaterne (*Rhamnus alaternus* L.) tendent à régresser face à la probabilité de présence du lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) et du filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia* L.), soulignant l'intensification probable du caractère xérophile de ces secteurs ainsi que leur degré d'ouverture. Cette tendance, si elle se confirme dans l'avenir, devrait encore plus exposer les communes au risque d'incendie de forêt. Ce seraient en tout 60 communes qui pourraient être concernées par ces changements de végétation.

Figure 7 : Carte de répartition des principaux territoires où sont attendus les changements de végétation les plus importants en Corse en lien avec le risque d'incendie de forêt (sources : BD GEOFLA® et BD TOPO®, IGN ; BD Gaspar, prim.net)



Ces résultats montrent une possible intensification de ce phénomène dangereux pour 107 communes sur les 360 de l'île, ce qui correspond à une surface de 275 800 ha en raison de la dynamique de végétation qui devrait être particulièrement favorable au risque d'incendie de forêt.

En référence à la base de données Prométhée, entre 1973 et 2014, 126 communes ont connu au moins deux incendies ou départs d'incendies en Corse. Les surfaces qui ont été incendiées dans ces communes représentent plus de 280 000 ha, soit près de 87 % des surfaces qui ont été incendiées sur l'île au cours des 42 dernières années et 55 % de la surface totale des communes concernées.

Pour estimer la population actuellement exposée à ce risque, nous avons croisé les données

de l'IGN (BD TOPO®) concernant la localisation du bâti et celles de la végétation, pour repérer les bâtiments les plus proches des zones potentiellement à risque. A l'aide des données démographiques (IGN, BD GEOGFLA®) rapportées au nombre de bâtiments, nous avons estimé que la population qui est le plus exposée à des incendies de forêt s'élève à plus de 189 000 personnes dans l'ensemble de ces communes, ce qui représente 59 % de la population de la Corse. Au regard du dernier taux de croissance de la population relevé pour la période 2011-2013 (1,003 % / an) et en supposant que ce taux de croissance reste stable et uniforme sur le territoire corse, il est possible d'estimer la population corse en 2100 à 412 000 habitants<sup>26</sup>. En appliquant ce taux aux communes les plus exposées, il ressort que plus de 246 000 habitants seraient exposés à ce risque d'ici 2100. En cumulant ce chiffre avec la population se trouvant dans les secteurs que nous avons identifiés comme étant les futures zones les plus propices aux incendies de forêt d'ici 2100 (figure 7), la population totale potentiellement exposées passerait à 266 000 habitants, soit 65 % de la population de l'île, ce qui montre une augmentation possible de l'exposition de la population à ce risque (augmentation de 6 % de l'exposition de la population ; augmentation du nombre de personnes exposées à 77 000 personnes par rapport à 2012).

Dans le cas où ces résultats s'avèreraient confirmés dans le futur, cette évolution environnementale pourrait se traduire par des conséquences socio-économiques non-négligeables :

- Une augmentation du coût des interventions pour la lutte contre les incendies en zone montagnaise à l'aide de moyens aéroportés en raison de l'augmentation du risque d'incendie de forêt en altitude et de la présence d'un réseau routier peu développé en montagne ;
- Un risque de dépréciation du paysage et du territoire du point de vue touristique ou agricole du fait de l'augmentation des surfaces incendiées ou encore de la réduction des espaces forestiers en faveur de formations végétales plus ouvertes (maquis) ;
- Un risque d'érosion des sols accru du fait de l'augmentation des surfaces incendiées s'accompagnant de risques de laves torrentielles lors des épisodes orageux souvent fréquents et intenses en zone méditerranéenne ;
- Un risque de ruissellement et d'inondation augmenté en raison de la réduction de la couverture végétale du fait de la réduction possible des surfaces boisées provoquée par l'impact du changement climatique, du développement urbain selon les secteurs et par l'augmentation de la fréquence des incendies ;
- Enfin, en raison de l'augmentation possible des interfaces forêt/habitat et du développement du tourisme en nature, le niveau de risque encouru par la population pourrait lui aussi croître d'ici la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle.

Le changement climatique et son impact sur la végétation amène à se poser la question de la sécurité des territoires déjà exposés au risque d'incendie de forêt, qui le seront davantage dans le futur, et des territoires encore peu exposés, mais qui du fait de l'évolution du climat et de la végétation, le seront dans le futur. Se pose notamment la question de la prise en compte des résultats exposés ci-dessus dans les décisions d'aménagement et d'urbanisation dans une démarche géoprospective (Emsellem *et al.*, 2011 ; Houet et Gourmelon, 2014), alors qu'ils comportent un certain niveau d'incertitude, d'autant plus que les PPRIF actuellement approuvés ne concernent pratiquement pas ces territoires.

## Quelle(s) application(s) du dispositif juridique de prévention du risque d'incendie de forêt ?

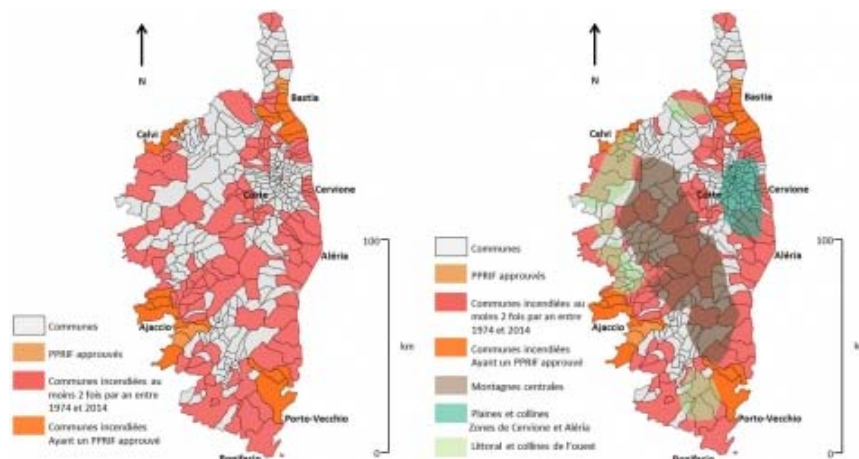
Nous avons vu que le cadre juridique actuel est étoffé et aborde de multiples manières la prévention du risque d'incendie de forêt. A ce jour, la problématique de ce cadre juridique se pose davantage en termes de carence de sa mise en application plutôt que de son insuffisance (Préfecture de Corse, 2007 ; Chatry *et al.*, 2010 ; Perriez *et al.*, 2003). Dans un contexte de changement climatique et de ses impacts sur la végétation et sur le risque d'incendie de forêt, se pose la question de sa mise en application avec d'autant plus d'acuité. Le rapport Chatry (Chatry *et al.*, 2010) présente une réflexion sur les règles juridiques qui pourraient être mises

œuvre pour garantir la sécurité des enjeux humains dans les zones potentiellement exposées au risque d'incendie de forêt dans le futur. A ce jour, aucun autre document de ce type n'a été élaboré sur le sujet. Garantir la sécurité des territoires exposés aujourd'hui au risque d'incendie de forêt comme des territoires qui pourront l'être dans le futur du fait d'une évolution de la structure et du fonctionnement des écosystèmes, implique avant tout une application de la totalité du dispositif juridique de prévention du risque d'incendie de forêt et de contrôler que les différentes mesures prévues sont bien mises en œuvre. Ces recommandations conduisent à s'orienter vers des choix d'aménagement du territoire et de développement de l'urbanisation reposant sur une démarche géoprospective, permettant d'envisager l'adaptation des mesures de prévention au regard des évolutions climatiques futures. Par ailleurs, le rapport *Protection des forêts contre les incendies après l'été 2003* (Perriez *et al.*, 2003) évoque la nécessité de développer des cadres généraux reliant plusieurs mesures juridiques avec l'objectif d'améliorer la prévention et les mesures de mitigation. Le même type de recommandations est publié dans le rapport *Le changement climatique et l'extension des zones exposées aux incendies de forêt* (Chatry *et al.*, 2010).

## Une mise en application des dispositions juridiques reposant sur la géoprospective

La sécurité des personnes et des biens dépend de l'efficacité des mesures de prévention, cette efficacité étant elle-même dépendante de la pertinence des données sur lesquelles ont été élaborées et décidées ces mesures de prévention, qui prendront la forme de dispositions juridiques. Or, le risque de feu de forêt évolue considérablement en fonction de différents paramètres (présence de biomasse combustible, conditions climatiques favorisant les incendies de forêt, développement urbain à proximité des zones d'aléa). De plus, l'évolution attendue des températures et des précipitations pourra avoir des conséquences sur la répartition probable des plantes comme celles impliquées dans les incendies de forêt. Ainsi, la cartographie des risques et les mesures de prévention et de protection déterminées à l'heure actuelle peuvent s'avérer obsolètes dans quelques années. En effet, la figure 7 montre que les zones qui devraient être particulièrement exposées au risque d'incendie de forêt dans le futur se trouvent actuellement hors des territoires comportant actuellement des PPRIF approuvés. L'analyse de la carte de gauche de la figure 8 montre que la répartition des PPRIF suit à peu près celle des communes qui ont connu au moins deux incendies par an entre 1974 et 2014. La carte de droite montre, quant à elle, que les communes actuellement très exposées au risque d'incendie de forêt le seront encore d'ici la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle, ce qui renforce la nécessité de définir des moyens de prévention dans ces communes. Par ailleurs, cette carte montre aussi l'exposition future au risque d'incendie de forêt pour des communes qui sont actuellement assez peu exposées : cette information permet ainsi d'identifier les territoires qui pourraient nécessiter des mesures réglementaires et/ou des pratiques en aménagement du territoire permettant de réduire l'occurrence d'incendies ou l'exposition des enjeux. Ces résultats soulignent l'intérêt d'une démarche géoprospective des risques d'incendie de forêt permettant d'anticiper la mise en œuvre de mesures de prévention des risques.

Figure 8 : Comparaison entre la répartition actuelle des communes les plus incendiées ayant ou non un PPRIF et les territoires où la dynamique végétale future devrait provoquer une augmentation du risque d'incendie





La mise à jour régulière des dispositions juridiques, notamment de la délimitation des zonages et des mesures de prévention et de protection imposées au regard de la mise à jour des données peut s'avérer pertinente pour que les mesures de prévention soient le plus en adéquation avec la réalité de terrain. Les résultats d'une analyse géoprospective peuvent alors servir de base de réflexion à des scénarios de zonage (pour les PPRIF, les zones de constructibilité déterminées dans les SCOT, les PLU...) prenant en compte l'évolution de la couverture végétale, les conséquences de l'évolution de cette couverture végétale sur le risque d'incendie de forêt et l'exposition au risque des interfaces forêt/habitat. Le rapport Chatry (Chatry *et al.*, 2010) préconise ainsi de réviser les PPRIF tous les dix ans. Parallèlement, cette mise à jour peut conduire à réfléchir à nouveau sur les zones constructibles définies par les SCOT et les PLU ou encore les cartes communales<sup>27</sup>. De même, le réexamen périodique des Plans départementaux ou interdépartementaux de protection des forêts contre les incendies peut être pertinent pour les adapter aux évolutions du territoire (changement climatique, évolution de la végétation, développement urbain, zones d'activités, de sport de plein air, etc.). Cependant, cette mise à jour n'est pas légalement obligatoire et dépend à la fois de l'intérêt éventuel d'en effectuer une et de la volonté des autorités publiques d'y procéder. Par ailleurs, Chatry *et al.* (2010) proposent de projeter l'élaboration des PPRIF pour envisager de manière prospective la mise en sécurité des territoires qui ne sont pas exposés, ou encore très faiblement, à ce risque à l'heure actuelle. L'étude de l'évolution du couvert végétal soumis au réchauffement climatique peut ainsi s'avérer utile pour identifier les territoires qui connaîtront un accroissement potentiel du risque d'incendie de forêt. Alors que les instruments juridiques prévoient des mesures par nature rigides, ne pouvant être adaptées en fonction des évolutions du domaine pour lequel elles sont prévues, sauf modifications de ces mesures, la mise à jour régulière des instruments juridiques permet au final une certaine souplesse et une adaptation de ces instruments.

De plus, les résultats provenant de la modélisation prospective permettent d'identifier les territoires prioritaires pour lesquels des mesures d'adaptation au changement climatique pourraient être appliquées de manière anticipée (anticipation des zones inconstructibles ; détermination des usages du sol pour des activités limitant le risque d'incendie ou peu vulnérables à ce risque). Ces résultats peuvent également servir à déterminer les autorisations ou les interdictions de certaines pratiques. Par exemple, en raison du développement probable des surfaces de maquis au détriment des surfaces boisées, la pratique du brûlage dirigé peut à l'avenir être plus difficile à opérer du fait de la répartition de la végétation xérophile et thermophile des maquis et des risques de départ de feux au sein d'une végétation facilement inflammable. Concernant les loisirs et les pratiques de sport en pleine nature, l'accroissement du risque d'incendie notamment pendant la période estivale et donc touristique impliquera certainement à l'avenir de réglementer davantage l'accès aux espaces naturels et le type de pratiques autorisées.

Par ailleurs, une gestion systémique du territoire permet de mettre en place des mesures de prévention du risque d'incendie de forêt, tout en valorisant ce territoire et en inscrivant les mesures mises en place dans une perspective de développement durable.

## **Une approche systémique et prospective de la gestion des territoires exposés au risque d'incendie de forêt**

Le rapport du GIEC destinés aux décideurs en vue de gérer les risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes (2012) fournit des lignes directrices pour intégrer la problématique du changement climatique dans la politique de gestion des territoires. Le rapport propose, entre autres, d'élaborer des approches davantage participatives, intégrant les connaissances locales et développant les actions de gouvernance. Il propose également une approche intégrée de la gestion du changement climatique, qui consisterait à appréhender la problématique en liant les différents aspects de gestion d'un territoire. Définir une politique de gestion des risques naturels impliquerait ainsi d'envisager parallèlement la gestion des écosystèmes et leur restauration, le développement d'une agriculture durable, le développement d'activités économiques intégrant la contrainte des risques et de la protection de la biodiversité. Il s'agit alors de ne plus raisonner de manière sectorisée et partielle mais de développer une approche systémique de la gestion d'un territoire (Chatry *et al.*, 2010). Concernant plus particulièrement la gestion des risques naturels, le rapport recommande également d'envisager les mesures structurelles de protection et de mitigation des enjeux humains en prenant en compte les

particularités et les savoirs locaux. Il souligne également l'importance de la planification de l'utilisation du sol et du zonage, afin de déterminer les lieux d'implantation des enjeux humains.

Les politiques publiques ont encore tendance à développer des approches trop cloisonnées, centrées majoritairement sur un objectif (par exemple, le développement urbanistique, la protection de l'environnement, la gestion des risques naturels...etc.). Or, inscrire la gestion d'un territoire dans une approche de développement durable sous-tend d'avoir une vision globale de la situation présentée par ce territoire, pour trouver les moyens de parvenir à un équilibre entre les trois piliers (économique, social et environnemental) (Reghezza et Sanseverino-Godfrin, 2012). Le principe de durabilité appelle non plus une approche analytique et segmentée, mais à l'inverse, une approche transversale multidimensionnelle, nécessaire à la conciliation et à l'équilibre entre les différents intérêts en présence (Emelianoff et Theys, 2001 ; Emelianoff, 2005 ; Offner et Pourchez, 2007). L'objectif de développement durable implique notamment d'intégrer la gestion des risques naturels dans les pratiques de gestion des territoires, en particulier la gestion des espaces naturels et agricoles. Il implique également d'envisager les choix de gestion future des territoires au regard de données prospectives intégrant les effets du changement climatique sur la végétation et l'évolution du risque incendie. En effet, les résultats de la démarche géoprospective fournissent des informations sur les principales espèces qui seront affectées par ce changement et qui peuvent être cartographiées de manière à identifier les territoires concernés par ces évolutions.

### *La prévention des incendies de forêt couplée à la protection environnementale*

Pendant longtemps, la gestion des risques naturels et la protection de l'environnement, malgré la connexité de ces préoccupations, ont été envisagées de manière totalement séparée (Reghezza et Sanseverino-Godfrin, 2012). La mise en place des Trames vertes (loi « Grenelle II » du 12 Juillet 2010) constitue, par exemple, une opportunité d'allier la protection de l'environnement et la prévention du risque d'incendie de forêt. Les zones de protection qui composent la Trame verte sont intégrées dans les documents de planification urbaine, ce qui a pour conséquence de redéfinir les zones de constructibilité. La protection des zones naturelles peut ainsi avoir une influence sur le risque d'incendie de forêt et sur la protection des enjeux humains, la limitation de la fragmentation des espaces naturels ayant corrélativement pour effet de limiter le mitage du terrain. Dans cette perspective, il convient aussi d'évaluer l'impact du changement climatique sur la biodiversité pour déterminer les réservoirs et corridors écologiques à protéger, tout en prenant en compte les questions de sécurité au regard de la progression spatiale des espèces impliquées dans les incendies de forêt. Les résultats produits par une approche géoprospective sont ainsi déterminants pour une telle stratégie. La constitution des Trames vertes devrait avoir pour effet de conserver la biodiversité et particulièrement les espèces menacées par le changement climatique, tout en veillant à ne pas amplifier le risque d'incendie de forêt en laissant la biomasse combustible se développer. Il est donc nécessaire de prévoir une gestion de ces espaces naturels et notamment des zones boisées, pour répondre aux exigences de protection de la biodiversité et de sécurité en matière de prévention des incendies de forêt à proximité des secteurs à enjeux humains et matériels. La difficulté est de trouver le point d'équilibre de cette intervention humaine permettant à la fois d'agir en matière de prévention des risques de feux de forêt tout en ayant l'impact le moins dommageable possible sur les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques.

### *La prévention des incendies de forêt couplée avec la gestion des activités agricoles*

Un des facteurs de l'augmentation des incendies de forêt est lié à la déprise agricole et à l'absence d'entretien des espaces redevenus naturels (maquis, forêt), ce qui augmente la biomasse et donc la végétation potentiellement combustible, en particulier dans les secteurs de bioclimat méditerranéen. Prévoir des mesures de gestion de l'activité agricole peut permettre de compléter efficacement le dispositif de prévention des incendies de forêt, par l'entretien des espaces boisés et la mise en place de zones d'agriculture, qui constitueraient des coupures pare-feu naturelles, particulièrement dans les zones de relief accidenté. Ainsi, l'installation d'activités d'élevage dans les zones d'interface forêt/habitat ou dans des espaces boisés

denses permettrait l'entretien de ces zones naturelles, par un débroussaillage « *naturel* ». Le rapport Chatry (Chatry *et al.*, 2010) préconise aussi pour préserver les espaces forestiers et les protéger des risques d'incendie, de développer l'exploitation forestière, ce qui conduit à effectuer des opérations d'entretien (débroussaillage, enlèvement des végétaux morts) et parallèlement à constituer des coupures pare-feu. La démarche géoprospective présentée dans notre étude pourrait être appliquée aussi aux espèces agricoles dans le but d'aider les décideurs dans les choix de gestion. Elle fournirait alors des informations cartographiques sur les espèces agricoles adaptées aux futurs changements climatiques, en particulier aux phénomènes extrêmes (canicule, sécheresse, orage violent). Elle permettrait ainsi d'inscrire pleinement la gestion des activités agricoles dans une perspective de développement durable tenant compte des exigences physiologiques des espèces végétales et animales.

Les activités agricoles pourraient reposer sur le développement de contrat d'agriculture durable (Préfecture de Corse, 2007 ; Perriez *et al.*, 2003), dispositif déjà existant (mis en place par le décret 2003-675 du 22 juillet 2003) qui vise à permettre un développement de l'agriculture tout en préservant les ressources naturelles, la qualité des sols, de l'eau et de la biodiversité et des paysages. Le rapport de la Préfecture de Corse (2007) conseille également d'élaborer un code de bonnes pratiques agricoles : l'objectif de ces pratiques serait d'améliorer à la fois l'agriculture tout en intégrant des mesures de prévention des incendies de forêt. Dans la même idée, un code de bonnes pratiques sylvicoles conduirait au développement de méthodes d'exploitation sylvicoles empêchant la propagation du feu.

## Conclusion

A l'heure actuelle, la prévention du risque d'incendie de forêt en Corse et la sécurité des territoires exposés ne sont pas liées à un problème d'absence de dispositif juridique, ni à une insuffisance de celui-ci, mais à des carences dans sa mise en application. Il est donc nécessaire de renforcer la mise en application des mesures juridiques et leur contrôle.

La perspective de changement climatique pose la question de la sécurité dans le futur des territoires déjà exposés au risque d'incendie et ceux peu exposés à l'heure actuelle, mais qui compte tenu des impacts du changement climatique sur les phénomènes climatiques extrêmes et la végétation, pourront l'être davantage dans le futur. Les résultats scientifiques cherchant à anticiper les effets du changement climatique sur le risque d'incendie de forêt en Corse à l'horizon 2100 montrent la possible extension des surfaces exposées, notamment en altitude avec une progression potentielle moyenne de 270 m, ce qui augmenterait à la fois le nombre de communes exposées et provoquerait des conséquences écologiques et socio-économiques directes et indirectes. L'un des principaux enjeux de cette démarche géoprospective d'évaluation des risques réside dans l'utilisation de ces résultats de modélisation comme support aux décisions d'aménagement du territoire, d'urbanisation et de prévention des risques, en mettant en place une démarche récurrente de révision des différents documents juridiques. Une autre démarche visant à améliorer la prévention et la sécurité impliquerait une mise en œuvre conjointe des mesures juridiques applicables dans le domaine de la prévention des risques naturels, mais aussi dans celui de la protection des espaces naturels et de l'agriculture, afin d'agir de manière systémique sur les territoires exposés aux incendies de forêt.

---

## Bibliographie

Bénichou P., Le Breton O., 1987, *Prise en compte de la topographie pour la cartographie des champs pluviométriques statistiques*, La Météorologie, 7ème série, No.19, 23-34.

Berkhout F., Bouwer L. M., Bayer J., Bouzid M., Cabeza M., Hanger S., Hof A., Hunter P., Meller L., Patt A., Pflugger B., Rayner T., Reichardt K., van Teeffelen A., 2015, "European policy responses to climate change: progress on mainstreaming emissions reduction and adaptation", *Regional Environmental Change*, Vol.15, 949-959.

Bouisset C., 2011, "PPR, urbanisation et risques d'incendie de forêt dans les Pyrénées-Orientales : méthodes, enjeux, débats", *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 551, mis en ligne le 19 octobre 2011, URL: <http://cybergeo.revues.org/24658>; DOI: 10.4000/cybergeo.24658.

Brown T.J., Hall B.L., Westerling A.L., 2004, "The impact of twenty- first century climate change on wildland fire danger in the Western United States: an application perspective", *Climate Change*, Vol.62, 365-388.

DOI : 10.1023/B:CLIM.0000013680.07783.de

CESC, 2013, Réalités, caractéristiques, conséquences du réchauffement et du changement climatique en Corse. Préconisations, *Conseil Economique, Social et Culturel de Corse*, CESC.

CGDD, 2011, Le risque de feux de forêts en France, *Commissariat Général au Développement Durable, Etudes & Documents*, No.45.

Chatry, C., Le Gallou, J.Y., Le Quentrec, M., Lafitte, J.J., Laurens, D., Creuchet, Grelu, J., 2010,- Rapport de la mission interministérielle, Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts, *Mission Interministérielle Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces ruraux, Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable, Inspection Générale de l'Administration*.

Ciais Ph., Reichstein M., Viovy N., Granier A., Ogeé J., Allard V., Aubinet M., Buchmann N., Bernhofer Chr., Carrara A., Chevallier F., De Noblet N., Friend A., Friedlingstein P., Grünwald T., Heinesch B., Keronen P., Knohl A., Krinner G., Loustau D., Manca G., Matteucci G., Miglietta F., Ourcival J. M., Papale D., Pilegaard K., Rambal S., Seufert G., Soussana J. F., Sanz M. J., Schulze E. D., Vesala T., Valentini R., 2005, "Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003", *Nature*, Vol.437, No.7058, 529-533.

Dugy B., Paula S., Pausas J. G., Alloza J. A., Gimeno T., Vallejo R. V., 2013, "Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean: Volume 2: Agriculture, Forests and Ecosystem Services and People", A. Navarra and L. Tubiana (eds), *Advances in Global Change Research*, Vol.51, 101-134.

Emelianoff C., 2005, "La ville durable en quête de transversalité", in N. Mathieu et Y. Guermont (sous dir.), *La ville durable, du politique au scientifique*, Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra, 137-141.

Emelianoff C., Theys J., 2001, Les contradictions de la ville durable. *Le Débat*, No.113, 122-135.

Emsellem K., Liziard S., Scarella F., 2012, « La géoprospective : l'émergence d'un nouveau champ de recherche ? », *L'Espace géographique*, 2012/2, T.41, 154-168.

DOI : 10.3917/eg.412.0154

European Commission, 2013, *An EU Strategy on adaptation to climate change*, Brussels.

European Commission, 2010, *Green Paper on Forest Protection and Information in the EU: Preparing forests for climate change SEC (2010)163 final*, Brussels.

European Commission, 2009, *Adapting to climate change: towards a European framework for action, COM (2009) 147 final*, Brussels.

European Commission, 2007, *Adapting to climate change in Europe – options for EU action, COM (2007) 354 final*, Brussels.

Fink A. H., Brücher T., Krüger A., Leckebusch G. C., Pinto J. G., Ulbrich U., 2004, "The 2003 European summer heatwaves and drought? Synoptic diagnosis and impacts", *Weather*, Vol.59, 8, 209-216.

DOI : 10.1256/wea.73.04

Fischer E.M., 2007, *The role of land-atmosphere interactions for European summer heat waves: Past, present and future*, ETH Zurich.

Flannigan M.D., Krawchuk M.A., de Groot W.J., Wotton B.M., Gowman L.M., 2009, "Implications of changing climate for global wildland fire", *International Journal of Wildland Fire*, Vol.18, No.5, 483-507.

Fried J.S., Torn M.S., Mills E., 2004, "The impact of climate change on wild fire severity: a regional forecast for northern California", *Climate Change*, Vol.64, 169-191.

Ganteaume A., Jappiot M., 2013, "What causes large fires in Southern France", *Forest Ecology and Management*, Vol.294, 76-85.

DOI : 10.1016/j.foreco.2012.06.055

Garbolino E., 2014, *Les bio-indicateurs du climat : principes et caractérisation*, Presses des MINES, Développement durable.

Garbolino E., De Ruffray P., Brisse H., Grandjouan G., 2007, "Relations entre plantes et climats en France : étalonnage de 1874 bio-indicateurs", *Comptes Rendus Biologies*, Vol.330, 159-170.

DOI : 10.1016/j.crv.2006.10.003

Garbolino E., De Ruffray P., Brisse H., Grandjouan G., 2012, "The phytosociological database SOPHY as the basis of plant socio-ecology and phytoclimatology in France", *Biodiversity and Ecology*, Vol.4, 177-184.

DOI : 10.7809/b-e.00074

Gausson H., 1938, "Étages et zones de végétation de la France", *Annales de Géographie*, T.47, No.269, 463-487.

DOI : 10.3406/geo.1938.11675

Houet T., Gourmelon F., 2014, "La géoprospective – Apport de la dimension spatiale aux démarches prospectives", *Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne]*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 667, mis en ligne le 08 février 2014. URL : <http://cybergeo.revues.org/26194> ; DOI : 10.4000/cybergeo.26194.

DOI : 10.4000/cybergeo.26194

IGN, 2014a, *Résultats d'inventaire forestier. Résultats standards : Résultats – Corse du Sud. Les résultats des campagnes d'inventaire 2009 à 2013*, IGN.

IGN, 2014b, *Résultats d'inventaire forestier. Résultats standards : Résultats - Haute-Corse. Les résultats des campagnes d'inventaire 2009 à 2013*, IGN.

IPCC, 2012, *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge University Press.

IPCC, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects*. Cambridge University Press.

Leguédou S., Party J.P., Dupouey J.L., Gauquelin T., Gégout J.C., Lecareux C., Badeau V., Probst A., 2011, La carte de végétation du CNRS à l'ère du numérique, *Cybergeo : European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, document 559, mis en ligne le 27 octobre 2011. URL : <http://cybergeo.revues.org/24688> ; DOI : 10.4000/cybergeo.24688.

Lévêque, C., Muxart, T., Abbadie, L., Weil, A., Van Der Leeuw, S., 2003, "L'anthroposystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés – milieux", in : Lévêque, C., Van Der Leeuw, S. (éds) *Quelles natures voulons-nous ?*, Elsevier, Paris, 110-129.

Mouillot F., Rambal S., Joffre R., 2002, "Simulating the effects of climate change on fire frequency and the dynamics of a Mediterranean maquis woodland", *Global Change Biology*, Vol.8, 423–437.

Moriondo M., Good P., Durao R., Bindi M., Giannakopoulos C., Corte-Real J., 2006, "Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area", *Climate Research*, Vol.31, 85–95. DOI : 10.3354/cr031085

MEDDE, 2012, *Prospective socio-économique et démographique : Pressions anthropiques*. MEDDE, Paris.

MEDDTL, 2011, *Plan national d'adaptation au changement climatique*. Paris, Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

Niu S., Luob Y., Li D., Caod S., Xiab J., Li J., Smithe M.D., 2014, "Plant growth and mortality under climatic extremes: An overview", *Environmental and Experimental Botany*, Vol.8, 13–19.

Offner J.M., Pourchez C., 2007, *La ville durable. Perspectives françaises et européennes, Problèmes politiques et sociaux* n 933, La documentation Française.

ONERC, 2007, *Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique*. La documentation Française.

Ozenda P., Wagner H., 1975, "Les séries de végétation de la chaîne alpine et leurs équivalences dans les autres systèmes phytogéographiques", *Documents de Cartographie Écologique*, Vol.16, 49-74.

Ozenda P., 1981, *Végétation des Alpes Sud-occidentales. Notice détaillée des feuilles 60-Gap, 61-Larche, 67-Digne, 68-Nice, 75-Antibes*, CNRS.

Ozenda P., 1985, *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*, Masson.

Ozenda P., 1986, *La cartographie écologique et ses applications. Ecological mapping and its applications*, Paris, Masson.

Ozenda P., Borel J.L., 2000, "An ecological map of Europe: why and how?" *Comptes rendus de l'académie des sciences*, Vol.323, 983-994. DOI : 10.1016/S0764-4469(00)01227-0

Perriez F., Bartet J.H., Barthelemy F., Foin P., 2003, *La protection contre les incendies de forêt après les feux de l'été 2003*. Paris, La documentation française.

Préfecture de Corse, 2007. *Plan de protection des forêts et des espaces naturels contre les incendies en Corse (PPFENI) 2006-2012*, Préfecture de Corse.

Reghezza M., Sanseverino-Godfrin V., 2012, "Aménagement durable des territoires soumis à de fortes contraintes : enjeux et perspectives à travers l'examen des outils juridiques. L'exemple de la basse vallée du Var (06)", *Annales de géographie*, 2012/3, No.685, 242-265. DOI : 10.3917/ag.685.0242

Reichstein M., 2005, "Severe impact of the 2003 European heat wave on ecosystems", *Potsdam Institute for Climate Impat Research*. URL: <https://www.pik-potsdam.de/news/press-releases/archive/2005/severe-impact-of-the-2003-european-heat-wave-on-ecosystems>

Roman-Amat B., 2007, *Préparer les forêts françaises au changement climatique*. Paris, La documentation française.

Sanseverino-Godfrin V., 2008a, "Réflexions juridiques sur l'émergence de la notion de « vulnérabilité » dans la politique de prévention des risques naturels", *Revue de Droit de l'environnement*, novembre 2008, 11-15.

Sanseverino-Godfrin V., 2008b, *Le cadre juridique de la gestion des risques naturels*. Collection Sciences du Risque et du Danger, Tec. & Doc, Paris, Lavoisier.

Voiron-Canicio C., 2012, "L'anticipation du changement en prospective et des changements spatiaux en géoprospective", *L'espace géographique*, No.2012/2, T.41, 99-110.

---

## Annexe

### Annexe 1 : Comparaison entre les altitudes moyennes des taxons botaniques modélisées selon le climat actuel et celles modélisées selon le climat futur.

Nom des plantes	Altitudes moyennes des répartitions modélisées selon le climat actuel (A)	Altitudes moyennes des répartitions modélisées selon le B-A climat futur (B)	
ARBUTUS UNEDO L.	329	604	275



ARBUTUS UNEDO L. 3-6	332	624	291
CALYCOTOME SPINOSA (L.) LINK	174	368	193
CASTANEA SATIVA MILL.	629	822	193
CASTANEA SATIVA MILL. 4-6	629	822	193
CERATONIA SILIQUA L.	84	-	-
CERATONIA SILIQUA L. 3-5	84	-	-
CISTUS MONSPELIENSIS L.	192	443	251
CISTUS MONSPELIENSIS L. 3-6	192	443	251
CISTUS SALVIAEFOLIUS L.	325	619	294
CISTUS SALVIAEFOLIUS L. 3-6	328	644	316
DAPHNE GNIDIUM L.	211	484	272
ERICA ARBOREA L.	401	674	272
ERICA ARBOREA L. 3-6	404	674	270
ERICA SCOPARIA L.	418	726	308
ERICA SCOPARIA L. 4-6	419	726	307
FAGUS SILVATICA L.	1074	1461	387
FAGUS SILVATICA L. 5-6	1074	1461	387
LONICERA IMPLEXA AITON	272	530	258
LONICERA IMPLEXA AITON 2-6	272	530	258
MYRTUS COMMUNIS L.	140	349	209
MYRTUS COMMUNIS L. 3-6	140	349	209
OLEA EUROPAEA L.	140	346	206
OLEA EUROPAEA L. 3-6	159	345	187
OSTRYA CARPINIFOLIA SCO 5-6	404	538	134
OSTRYA CARPINIFOLIA SCOP.	562	711	149
PHILLYREA ANGUSTIFOLIA 2-6	265	529	264
PHILLYREA ANGUSTIFOLIA L.	262	511	249
PINUS HALEPENSIS MILL.	132	434	303
PINUS HALEPENSIS MILL. 4-6	132	446	314
PISTACIA LENTISCUS L.	194	431	237

PISTACIA LENTISCUS L. 3-6	194	431	237
QUERCUS ILEX L.	393	677	285
QUERCUS ILEX L. 4-6	398	699	301
QUERCUS LANUGINOSA LAM.	530	720	190
QUERCUS LANUGINOSA LAM. 4-6	542	744	202
QUERCUS SUBER L.	218	529	311
QUERCUS SUBER L. 4-6	221	525	304
RHAMNUS ALATERNUS L.	318	652	334
RHAMNUS ALATERNUS L. 2-6	318	652	334
RHAMNUS ALATERNUS L. 3-6	326	652	326
ROSMARINUS OFFICINALIS 3-6	191	399	208
ROSMARINUS OFFICINALIS L.	191	399	208
Moyenne totale des altitudes	331	603	272

## Notes

1 Base de données Prométhée intégrant quinze départements français dont ceux de la Corse, [www.promethee.com](http://www.promethee.com), dernière consultation : janvier 2016.

2 L'anthroposystème a été défini par Lévêque *et al.* (2003) comme étant une entité structurelle et fonctionnelle prenant en compte les interactions sociétés-milieus, et intégrant sur un même espace un ou des sous-systèmes naturels et un ou des sous-systèmes sociaux, l'ensemble co-évoluant dans la longue durée.

3 Par exemple en France, le Commissariat général au développement durable, 2011, l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, 2011 ; en Espagne, l'Oficina de cambio climatico español ; en Italie, la création du centre de recherche national sur l'adaptation climatique, 2009.

4 Ajoutons aussi la publication de documents communautaires tels que « *la stratégie européenne d'adaptation au changement climatique* » (Commission Européenne, 2013 ; 2009 ; 2007).

5 Site de l'INSEE, <https://www.insee.fr/>, consulté en janvier 2016.

6 Villages épars souvent séparés entre eux par des massifs de végétation.

7 Les interfaces forêt/habitat se caractérisent par de plus faibles densités de logement que les zones urbaines, une plus faible densité d'utilisation des terres et des modèles d'occupation du sol plus ou moins complexes caractérisés par la présence de vides et de discontinuités selon la présence d'espaces agricoles ou naturels (Allain, 2004; Lampin-Maillet *et al.*, 2011 et 2010).

8 La base de données Prométhée classe les incendies de forêt selon sept causes : la foudre ; les accidents ; la malveillance ; les conflits d'intérêt ; les causes involontaires (travaux) ; les causes involontaires (comportement des personnes) ; les autres imprudences ; les autres causes.

9 L'origine des incendies est due à des travaux dans les propriétés, aux loisirs dans les zones naturelles, aux objets incandescents en particulier aux jets de mégots.

10 Toutefois, seules trois communes de Corse, sur les 360 de l'île, ont bénéficié d'un arrêté de catastrophe naturelle (CAT-NAT) permettant aux victimes assurées de recevoir une indemnisation pour les dommages matériels subis, ce qui tendrait à montrer que bien que la Corse soit fortement exposée au risque d'incendie, peu d'événements considérés comme catastrophique se sont produits.

11 Les contraintes topographiques et le faible niveau du réseau routier accentuent d'ailleurs les difficultés d'intervention des services de lutte.

12 Plateforme DRIAS de Météo France, <http://www.drias-climat.fr/>.

13 Plantations d'essences forestières, reboisement, terrains à boiser du fait d'une obligation légale ou conventionnelle

14 Article L 562-1 et suivants, R 562-1 et suivants du Code de l'environnement.

15 Par exemple, dans les territoires identifiés comme particulièrement exposés aux incendies de forêt situés dans les régions Aquitaine, Corse, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes, Provence-Alpes-Côte d'Azur et les départements de l'Ardèche et de la Drôme (article L 133-1 du Code forestier).

16 Article L 131-6 et suivants du Code forestier.

17 Si nécessaire, le plan peut être interdépartemental (article L 133-2 et suivants du Code forestier).

18 Article L 133-2 et suivants, R 133-1 et suivants du Code forestier.

19 Opérations de réduction des combustibles végétaux de toute nature comprenant l'élagage des sujets maintenus et l'élimination des rémanents de coupe.

20 Article L. 131-10 du Code forestier.

21 Maisons, dépendances, cours, ateliers et usines.

22 Articles L 131-10 et suivants du Code forestier.

23 Article L 135-2 du Code forestier.

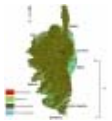
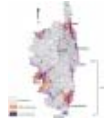

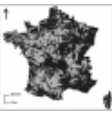

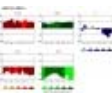
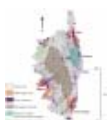
24 Schéma de cohérence territoriale – SCOT – à l'échelle intercommunale, Plan local d'urbanisme- PLU - ou Carte communale à l'échelle de la commune.


25 abd = classes d'abondance du taxon observé allant de 1 à 6 : 1 = plante simplement présente, recouvrement très faible ; 2 = plante abondante et recouvrement faible, ou peu abondante avec un plus grand recouvrement ; 3 = plante très abondante ou recouvrement supérieur à 5 % ; 4 = plante à recouvrement de 25 à 50 %, abondance quelconque ; 5 = plante à recouvrement de 50 à 75 %, abondance quelconque ; 6 = plante à recouvrement supérieur à 75 %, abondance quelconque.

26 Le rapport « *Prospective socio-économique et démographique : Pressions anthropiques* » du MEDDE publié en 2012 estime un total de 375 000 habitants en Corse pour 2070, ce qui est une tendance très proche de celle établie par nos soins pour 2070 qui est de 376 265 habitants, en prenant pour base de calcul la population de 2012.

27 Il faut préciser qu'aucune disposition légale n'impose la révision d'un document d'urbanisme qu'après l'approbation d'un PPR. Celui-ci est simplement annexé aux PLU et cartes communales.

## Table des illustrations

	<b>Titre</b>	Figure 1 : Carte des principaux types d'utilisation du sol (base de données CORINE Land Cover)
	<b>URL</b>	<a href="http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-1.jpg">http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-1.jpg</a>
	<b>Fichier</b>	image/jpeg, 148k
	<b>Titre</b>	Figure 2 : Carte de répartition des PPRIF approuvés et des zones urbaines en Corse (sources : BD Gaspar 2015, prim.net ; BD TOPO et GEOFLA, IGN, 2015)
	<b>URL</b>	<a href="http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-2.jpg">http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-2.jpg</a>
	<b>Fichier</b>	image/jpeg, 168k
	<b>Titre</b>	Figure 3 : Hypothèses des relations entre plantes et mesures du milieu (Garbolino <i>et al</i> , 2007) pour la formalisation des algorithmes permettant de définir des bio-indicateurs
	<b>URL</b>	<a href="http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-3.jpg">http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-3.jpg</a>
	<b>Fichier</b>	image/jpeg, 64k
	<b>Titre</b>	Figure 4 : Sélection des quadrats rassemblant les observations botaniques (pixels noirs)
	<b>URL</b>	<a href="http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-4.jpg">http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-4.jpg</a>
	<b>Fichier</b>	image/jpeg, 84k
	<b>Titre</b>	Figure 5 : Répartition géographique de l'arbousier ( <i>Arbutus unedo</i> L.) en France selon les observations de la banque de données Sophy
	<b>URL</b>	<a href="http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-5.jpg">http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-5.jpg</a>
	<b>Fichier</b>	image/jpeg, 84k
	<b>Titre</b>	Figure 6 : Comportement climatique de l'arbousier : Tmax = moyenne des températures maximales ; Tmin = moyenne des températures minimales ; P = moyenne des cumuls des précipitations ; Nb P = moyenne du nombre de jours de pluie ; Nb F = moyenne du nombre de jours de gel
	<b>URL</b>	<a href="http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-6.jpg">http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-6.jpg</a>
	<b>Fichier</b>	image/jpeg, 92k
	<b>Titre</b>	Figure 7 : Carte de répartition des principaux territoires où sont attendus les changements de végétation les plus importants en Corse en lien avec le risque d'incendie de forêt (sources : BD GEOFLA® et BD TOPO®, IGN ; BD Gaspar, prim.net)
	<b>URL</b>	<a href="http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-7.jpg">http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-7.jpg</a>

	<b>Fichier</b> image/jpeg, 184k
<b>Titre</b>	Figure 8 : Comparaison entre la répartition actuelle des communes les plus incendiées ayant ou non un PPRIF et les territoires où la dynamique végétale future devrait provoquer une augmentation du risque d'incendie
<b>URL</b>	<a href="http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-8.jpg">http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/28006/img-8.jpg</a>
<b>Fichier</b>	image/jpeg, 256k

---

## ***Pour citer cet article***

### *Référence électronique*

Emmanuel Garbolino, Valérie Sanseverino-Godfrin et Guillermo Hinojos-Mendoza, « Effets probables du réchauffement climatique sur le risque d'incendie de forêt en Corse et application du dispositif juridique de prévention », *Cybergegeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 812, mis en ligne le 24 mars 2017.

URL : <http://cybergegeo.revues.org/28006> ; DOI : 10.4000/cybergegeo.28006

---

## ***Auteurs***

### **Emmanuel Garbolino**

MINES ParisTech, PSL Research University, CRC - Centre de recherche sur les risques et les crises, CS 10207 rue Claude Daunesse 06904 Sophia Antipolis Cedex, France  
[emmanuel.garbolino@mines-paristech.fr](mailto:emmanuel.garbolino@mines-paristech.fr)

### **Valérie Sanseverino-Godfrin**

MINES ParisTech, PSL Research University, CRC - Centre de recherche sur les risques et les crises, CS 10207 rue Claude Daunesse 06904 Sophia Antipolis Cedex, France  
[valerie.godfrin@mines-paristech.fr](mailto:valerie.godfrin@mines-paristech.fr)

### **Guillermo Hinojos-Mendoza**

MINES ParisTech, PSL Research University, CRC - Centre de recherche sur les risques et les crises, CS 10207 rue Claude Daunesse 06904 Sophia Antipolis Cedex, France  
Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada Km. 1, Chihuahua, México  
[ghinojos@asessc.net](mailto:ghinojos@asessc.net)