

Incendie et structure spatiale d'un territoire : connaître le lien entre la dynamique anthropique et naturelle pour favoriser une régulation du risque à moyen terme

Claude Napoléone^a, Marielle Jappiot^a, Estelle Dumas^{ab}, Thierry Taton^b

L'urbanisation croissante des sociétés modernes et l'étalement spatial des zones urbanisées qui en résulte, remettent en question un certain nombre d'approches théoriques et institutionnelles des territoires périurbains. De vastes agglomérations (encadré 1) se sont constituées (Wiel, 1999), sous la forme de systèmes spatiaux regroupant des espaces spécialisés dans les fonctions utiles au pôle centre¹ (Gérard-Varet, 2000). La qualité des réseaux et des moyens matériels d'échange a ainsi permis de séparer spatialement les fonctions dont la proximité accroissait la nuisance des externalités négatives (industries versus quartiers résidentiels par exemple) (Roncayolo, 1999).

Encadré 1

Un flux journalier de plus de 40 % de la population active

Ces agglomérations étendent leur influence sur des territoires extrêmement vastes, dont certains conservent un aspect agricole ou forestier. Si l'on prend l'exemple des Bouches-du-Rhône, quasiment la moitié des communes du département ont des migrations pendulaires quotidiennes vers le pôle centre (Marseille/Aix), représentant plus de 40 % de leur population active (sources INSEE).

Conséquence naturelle de l'étalement spatial des zones urbanisées, les contacts entre les espaces urbains et les milieux naturels² s'accroissent également³. Or, la multiplicité des contacts urbain/forêt favorise le départ de feux dont l'intensité semble dépendre de la composition et de la structure de la végétation, ainsi que de l'organisation spatiale des interfaces concernées. La prévention des incendies de forêt nécessite donc de formaliser le lien existant et les effets réciproques entre la structure de l'urbanisation et celle des milieux naturels, afin que la réglementation puisse prendre en compte l'évolution à moyen terme⁴ de chaque type d'espace. C'est l'objet de la recherche interdisciplinaire (économie et écologie) que nous engageons actuellement et que nous décrivons dans le présent article. Le recours au travail interdisciplinaire est d'autant plus important que des objets d'étude très différents se côtoient : les milieux naturels font appel à l'écologie, les espaces anthropisés font appel aux sciences humaines et l'organisation spatiale est étudiée par la géomatique.

En outre, la réglementation de l'urbanisation dans le cadre de la protection contre le risque d'incendie, doit prendre en compte le caractère très évolutif des milieux naturels et anthropisés. Or, dans une région fortement boisée et urbanisée,

1. Ludique, productive ou résidentielle...

2. Le terme de milieu naturel est choisi ici en opposition aux territoires urbanisés qui sont considérés comme des espaces artificialisés. Le terme de milieu semi-naturel est cependant plus approprié pour qualifier les milieux méditerranéens.

3. Dans les régions méditerranéennes où la déprise agricole est ancienne, les espaces forestiers accroissent leur emprise, le cas échéant au contact d'un habitat de densité élevée.

4. Dans un plan de prévention des risques par exemple (PPR).

Contact

a. Cemagref, UR Agriculture et forêt méditerranéennes, Le Tholonet, BP 31, 13612 Aix-en-Provence Cedex 1

b. IMEP, Faculté de Saint-Jérôme, avenue Escadrille Normandie Niémen, 13397 Marseille Cedex 13

5. Il va de soi que nous travaillons dans l'hypothèse où aucune mesure réglementaire contraignante sur le bâti n'est déjà en place.

6. Les lecteurs intéressés se reporteront à un état de l'art un peu plus complet, que nous avons rédigé au sein du rapport : « *Étude des interactions entre les dynamiques des prix fonciers et stratégies des acteurs en périurbain* » (programme PIREE, ministère de l'Écologie et du Développement durable – Cemagref, 2002).

7. Dans notre exemple la localisation « *en contact avec la forêt* » serait une caractéristique du bien immobilier et prendrait une valeur négative.

8. Surface, nombre de pièces, présence d'un jardin, etc.

9. Éloignement aux centres urbains, présence de services publics à proximité, etc.

les éléments déterminant la nature et la localisation du risque sont tout d'abord anthropiques, puis ensuite naturels. Nous verrons ainsi dans notre première partie que le choix par les ménages d'une localisation résidentielle n'incorpore pas ou peu l'exposition au risque d'incendie⁵. A contrario, nous verrons en seconde partie que la structure territoriale a une incidence majeure sur l'occurrence et l'intensité du risque d'incendie. Nous avons donc cherché à élaborer un certain nombre d'indices susceptibles de rendre compte des effets croisés entre la structure de l'urbanisation et la dynamique des milieux naturels. Notre troisième partie les détaillera et proposera une réflexion en vue d'élaborer un modèle intégré de dynamique anthropique/naturelle. Notre objectif est de mettre en évidence les principaux déterminants de la structuration spatiale d'un territoire en voie d'urbanisation et de faire un certain nombre d'hypothèses sur leurs évolutions.

Le risque d'incendie a une faible influence sur la structure territoriale résultant du marché foncier

Un des moyens d'évaluer l'influence du risque d'incendie sur les comportements individuels est de considérer que ce risque a des effets mesurables sur un marché où interviennent ces mêmes individus. Si nous considérons le marché foncier, nous savons, depuis David Ricardo (1815), que la rente rend compte de l'anticipation des propriétaires sur l'usage ultérieur du sol⁶. Ainsi, si les individus observés pensent qu'une localisation très exposée au risque d'incendie (en contact avec la forêt par exemple) implique une forte probabilité de destruction de son bien dans un avenir proche, les mécanismes de marchés réduiront la valeur des maisons en contact avec la forêt, par rapport à celles qui en sont éloignées. Le risque structurerait donc spatialement le marché immobilier.

Les outils de l'analyse hédonique en économie nous permettent de rendre compte de tels phénomènes. Formellement, chaque bien est décrit par un ensemble de caractéristiques dont le prix est égal à la somme des valeurs de chacune de ses caractéristiques⁷. Ce type d'analyse permet :

– de caractériser un certain nombre d'éléments subjectifs. Un marché déterminé regroupe des transactions qui se sont réalisées en dehors de tout processus expérimental. Le principe de rationalité implique que les individus y ont exprimé leurs

préférences. Si une variable construite est significativement corrélée au prix d'un bien, nous pouvons donc considérer qu'il s'agit d'une validation statistique de sa construction ;

– d'attribuer une valeur (un prix implicite) à des biens non marchands (l'environnement d'un bien immobilier par exemple). Ce prix implicite est une mesure des préférences des agents entre les différentes caractéristiques déterminant l'acquisition (dont peut faire partie l'exposition d'une maison au risque d'incendie).

Lorsqu'on dispose d'informations suffisantes sur le marché foncier (encadré 2), l'estimation de l'influence du risque d'incendie sur les valeurs des maisons individuelles est possible grâce à une régression liant les prix observés aux caractéristiques internes⁸ et externes⁹ des biens vendus, dont une caractéristique explicitement liée à l'exposition au risque. Pour ce faire, nous avons construit une variable « *sfeu1* » croisant, grâce au SIG, les périmètres de trois incendies majeurs qui se sont déroulés entre 1989 et 1999 dans les Bouches-du-Rhône (encadré 3), avec les sections cadastrales du département que nous avons numérisées. Chaque observation de la base immobilière dont nous disposons contenant la référence cadastrale, la variable *sfeu1* nous renseigne donc sur la localisation d'une vente par rapport aux zones incendiées. La date n'est pas prise en compte dans la construction de la variable. *sfeu1* retrace donc la localisation sur une zone ayant été soumise à l'aléa, sans indication certaine de l'occurrence de l'événement par rapport à la date de l'acquisition. Nous avons ensuite construit une seconde variable, en

Encadré 2

Une base de données d'informations foncières

Sur le périmètre de l'agglomération marseillaise, et par extension sur le département des Bouches-du-Rhône, nous avons constitué une base de données à partir de l'ensemble des informations disponibles sur le foncier. La liaison entre les données quantifiées et spatiales est assurée par un système d'information géographique (SIG) qui rassemble toutes les informations descriptives sur les sections cadastrales numérisées sur tout le département. D'autres publications dans la présente revue nous ont permis de détailler notre base de données. Nous ne le ferons donc pas ici. Il est possible de se reporter au numéro spécial « *Aménités* » (janvier 2003), dans l'article : « *Les aménités environnementales, fruit de l'étalement spatial des agglomérations ?* ».

Encadré 3

Les 11 communes touchées par les incendies de 1989 et 1999 dans les Bouches-du-Rhône

Allauch, Marseille (3 arrondissements : les 9^e, 13^e et 14^e), Plan de Cuques, Le Rove, Simiane-Collongue, Septemes pour l'incendie dit « de Marseille » de 1997 ; Carry pour l'incendie dit de « la côte bleue » de 97 ; Lambesc, Lançon, Pelissane et Salon pour l'incendie « des collines de Lançon » de 1995 (sources : base Prométhée).

intégrant la date de la mutation (*sfeu*), afin de connaître les ventes qui se sont effectivement opérées après l'incendie.

Les deux variables *sfeu* et *sfeu1* sont dichotomiques et prennent la valeur (1) si la section se situe à l'intérieur ou à proximité (moins de 100 mètres) du périmètre des feux retenus et (0) si elle se situe au-delà. Nous avons alors pu constituer une base de données des mutations immobilières (hors terres agricoles) sur les Bouches-du-Rhône entre 1989 et 1999 de 78 203 observations, à partir de laquelle peuvent être extraites les mutations immobilières sur les 10 communes ayant subi un incendie majeur (8 234 observations). La variable *sfeu1* prend la valeur (1) 1 257 fois et la variable *sfeu* prend la valeur (1) 70 fois¹⁰.

Trois questions préalables se posent :

– les incendies de forêts ne concernent-ils qu'un seul type d'espace ? Dans ce cas, la mesure de

l'influence de l'exposition au risque sur les prix du bâti pourrait être biaisée par l'hétérogénéité de sa répartition spatiale. Sachant que les ventes immobilières sont quasiment inexistantes au cœur des massifs forestiers et que les incendies de forêt ne se développent pas au centre des villes, nous avons examiné les corrélations partielles entre les sections que nous appelons « à risque » (c'est-à-dire où la variable *sfeu1* est égale à 1) et une variable de densité d'habitat (*scompodiscont*, construite sous forme de pourcentage de surface d'habitat non dense (*versus* le continuum urbain) sur la superficie totale de la section. Les résultats de l'estimation (tableau 1) montrent assez clairement qu'il n'y a pas de corrélation directe entre la densité du bâti et les sections « à risque » : ce ne sont pas les habitats les plus dispersés qui sont les plus confrontés au risque d'incendie ; les fronts d'urbanisation (de forte densité urbaine) sont également soumis à ce risque ;

– les incendies de forêts ne concernent-ils qu'un seul type de bien ? En l'occurrence, le marché est-il segmenté par le risque (par exemple les villas sur de grandes parcelles sont-elles plus exposées que les lotissements les plus denses). Là encore, les corrélations partielles sont faibles entre les sections « à risque » (*sfeu1* = 1) et la taille des parcelles vendues (*tersurf*, exprimée en m) ;

– les prix des maisons vendues sont-ils directement influencés par l'exposition au risque d'incendies de forêts ? Il n'y a pas de significativité statistique des corrélations partielles entre les prix (*HT*) et *SFEU1* (tableau 1).

10. Le marché immobilier rend compte des transactions qui se sont réalisées sur des biens construits ou constructibles. Les incendies de forêts se développant plutôt dans des espaces non urbanisés, les ventes immobilières observées sur des zones à risque sont donc peu représentées dans notre base.

Corrélations SFEU1/scompodiscont Bdr (coeff. de Pearson)		
	Sfeu1	Scompodiscont
Sfeu1 (section sur zone à risque [sans date])	1,00000	- 0,20168
	8234	< 0001
		7833
Scompodiscont (% tissu urbain discontinu par section)	- 0,20168	1,00000
	< 0001	
	7833	7833
Corrélations SFEU1/tersurf Bdr		
Sfeu1 (section sur zone à risque [sans date])	1,00000	0,02591
	8234	0,0374
		6453
Tersurf (surface du terrain)	0,02591	1,00000
	0,0374	
	6453	6453
Corrélations SFEU1/HT Bdr		
Sfeu1 (section sur zone à risque [sans date])	1,00000	0,01428
		0,1951
HT (prix HT)	0,01428	1,00000
	0,1951	

◀ Tableau 1 – Corrélations partielles entre les sections à risque, l'habitat diffus et la forêt.

Les réponses à ces trois questions préalables montrent d'une part, que dans les régions méditerranéennes, l'ensemble des espaces forestiers et/ou urbains est exposé au risque d'incendie. La modélisation envisagée doit donc pouvoir intégrer la diversité du bâti comme des milieux naturels. D'autre part, l'évaluation des incidences croisées entre chaque type d'espace ne peut se faire directement par une variable rendant compte de l'effet de l'exposition au risque d'incendie sur les prix immobiliers. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que les choix de localisations résidentielles exprimés par les acquéreurs de biens immobiliers ne prennent pas ou peu en compte l'exposition au risque d'incendie. C'est-à-dire qu'il n'y aurait pas d'aversion individuelle à ce risque, dans la population que nous avons observée. Pour le vérifier, nous avons construit le modèle suivant¹¹ :

$$P = \alpha X + \beta Y + \delta Z + \varepsilon \quad (1)$$

Où X , Y et Z sont des matrices de variables explicatives de dimension $N \times K$.

– X rend compte des caractères physiques décrivant les biens fonciers (*logtersurf* : surface du terrain ; *loghabsurf* : surface habitable) ;

– Y rend compte des éléments d'ambiance paysagère susceptibles de conférer de la valeur aux biens immobiliers (*scompodiscont* : habitat diffus ; *porient* : exposition par rapport à l'ensoleillement), ainsi que l'exposition au risque d'incendie (*SFEU* et *SFEU1*) ;

– Z étant des éléments de classes tels que l'année de mutation, l'imposition, l'âge du bien, etc.¹²

Que ce soit au sein du département (tableau 2, page 46), ou sur les communes directement concernées par un incendie majeur (tableau 3, page 47), nous constatons tout d'abord que la variable *SFEU1* n'est jamais significative. Il n'y a pas clairement une valeur attribuée par les acheteurs de biens immobiliers, au fait d'être exposé au risque d'incendie (*SFEU1* = 1) ou d'en être éloigné (*SFEU1* = 0).

Pour vérifier que la non-significativité de la variable *SFEU1* n'est pas due à une sur-représentation des maisons vendues avant le passage de l'incendie¹³, nous avons utilisé la variable *sfeu* construite avec les seules ventes observées sur la zone brûlée, dans les années suivant un incendie majeur. Nous pouvons supposer que quel que soit

le niveau de conscience du risque d'incendie de l'acheteur immobilier¹⁴, l'information lui est accessible, ne serait-ce que par l'observation des traces physiques du feu sur l'environnement. Or, que ce soit sur le département en son entier (tableau 4, page 48) ou sur les 10 communes ayant connu des incendies majeurs (tableau 5, page 49), il n'y a pas de validité statistique avérée pour la variable *SFEU*¹⁵.

L'analyse hédonique du marché immobilier semble donc indiquer qu'il n'y a pas d'aversion marquée au risque d'incendie au sein de la population des acquéreurs dans les Bouches-du-Rhône. Comme si le risque d'incendie (approché par les surfaces brûlées) n'est pas un déterminant important de la localisation résidentielle dans le département. Cela ne signifie pas que les individus n'ont aucune sensibilité à l'incendie de forêt. Cela indique simplement que les individus qui achètent un bien immobilier prennent très peu en compte le risque d'incendie dans leur choix. Une explication peut être que les individus ne perçoivent pas l'incendie comme un risque individuel : si le phénomène se déclare, il ne détruira certainement pas leur bien puisque les moyens de lutte sauront le protéger. Il n'y a donc

11. Le choix d'une forme linéaire n'est certainement pas le plus adapté à la forme fonctionnelle de chaque variable utilisée. Toutefois, il ne s'agit ici que de valider ou invalider l'hypothèse d'aversion au risque d'incendie, sans chercher à obtenir les valeurs exactes des coefficients.

12. Il est à noter que dans les éléments de classes, nous avons porté une variable muette pour la commune, afin de prendre en compte les zones de prix qui structurent spatialement un marché (Geniaux *et al.*, 2002). Il s'agit par exemple des éléments de « notabilité » des lieux qui ne sont pas attachés aux caractéristiques physiques ou paysagères des zones considérées (toute chose égale par ailleurs, le front de mer au nord de Marseille est moins prisé que le bord de mer au sud de la ville).

13. Par exemple, en faisant l'hypothèse que les ventes de biens immobiliers sur les zones brûlées sont inexistantes du fait du marché (le construit subissant un détour de la demande inhérent à la destruction des aménités paysagères) ou de la législation (la constructibilité des terrains peut être remise en cause après un incendie).

14. Par exemple du fait d'une origine géographique issue d'une région connaissant peu l'incendie de forêt.

15. En gardant à l'esprit le faible nombre d'observation.

qu'un lien ténu entre occurrence du risque et valeur du bien. Le nombre de maisons totalement détruites par les incendies de forêt en France est d'ailleurs très peu élevé. La performance de la prévention et de la lutte est telle, qu'effectivement les pertes immobilières ou en vie d'individus non professionnels du feu sont l'exception¹⁶.

En revanche, la structure territoriale a une forte incidence sur le risque d'incendie

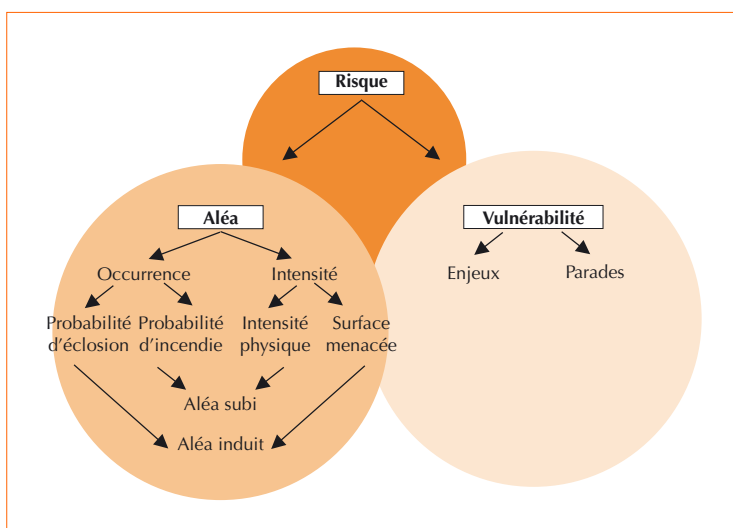
Le risque d'incendie, comme tout risque naturel, n'existe que du fait de la présence humaine, dans la mesure où il affecte les populations à travers la manifestation du phénomène. Il résulte donc de la rencontre de deux termes :

– l'aléa : la probabilité que l'événement se produise. Plus précisément, l'aléa se définit comme « la probabilité qu'un phénomène naturel d'intensité donnée se produise en un lieu donné ». Il est donc lui-même fonction de deux éléments : l'occurrence et l'intensité ;

– la vulnérabilité : les conséquences particulières découlant de cet événement. La vulnérabilité correspond aux « conséquences prévisibles d'un phénomène naturel d'intensité donnée sur les enjeux ». Elle est donc fonction de deux éléments : les enjeux et les parades de prévention ou de lutte (figure 1).

Mais, plus que tout autres risques naturels, l'incendie de forêt et plus particulièrement son éclosion dépend étroitement de l'homme. La naissance d'un feu résulte de la présence simultanée d'une étincelle, généralement d'origine humaine, et de la végétation inflammable et combustible. 96 % des causes connues de départs de feu sont liés aux activités humaines (sources Prométhée pour le département des Bouches-du-Rhône). Par ailleurs, les activités humaines constituent des enjeux à défendre contre le phénomène. Les zones de contact entre les activités humaines et la végétation représentent donc des espaces particulièrement sensibles en terme de gestion du risque, que ce soit pour les départs de feux ou pour la lutte ; nous les appellerons interfaces habitat/forêt (photos 1 et 2).

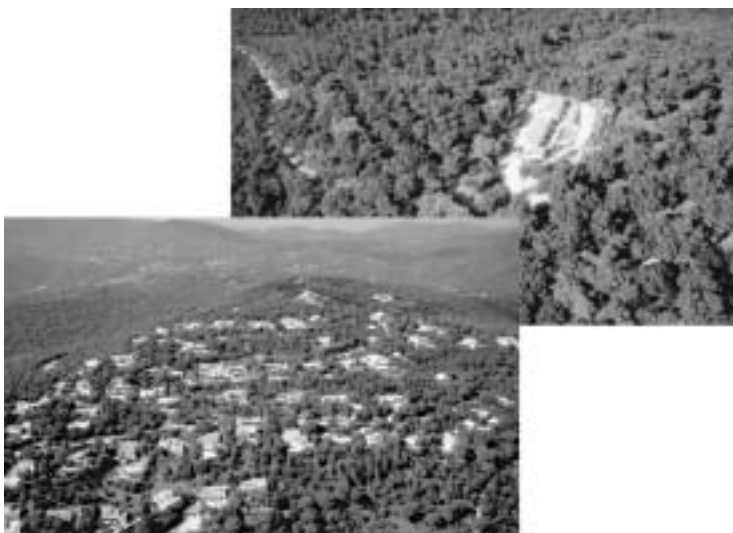
¹⁶. Par contre, la capitalisation des aménités paysagères, notamment forestières, est souvent vérifiable. Nous pouvons donc nous interroger sur la capitalisation du coût de la lutte dans les valeurs de certains biens immobiliers.



▲ Figure 1 – Les éléments du risque d'incendie de forêt (Jappiot *et al.*, 2000).

Ces interfaces marquent une rupture plus ou moins brusque entre des espaces aux fonctionnalités différentes (un massif resté essentiellement dominé par des processus naturels versus une zone où les activités humaines dominent). C'est ainsi que les espaces agricoles, forestiers et urbains s'interpénètrent et forment des territoires plus ou moins complexes selon des tendances structurantes : moindre entretien et faible valeur productive de la forêt, remise en friche des espaces agricoles (terrasses), croissance urbaine au sein des formations forestières ou croissance végétale au sein des agglomérations (lotissements arborés, jardins et plantes d'ornement et d'ombrages, friches des terrains vagues en attente d'urbanisation).

▼ Photos 1 et 2 – Exemple d'interfaces habitat/forêt.



17. Situation en première ligne de bâti ou en seconde ligne... En fait, il s'agit de la longueur et de la complexité des interfaces urbains/forêt qui déterminent les enjeux et les taux d'endommagement.

18. Le débroussaillage.

Au regard de notre problématique, la coexistence d'un processus d'urbanisation et d'une dynamique végétale de recolonisation interstitielle engendre un type de risque spécifique. D'une part, les interfaces constituent des zones où les mises à feu sont potentiellement nombreuses, du fait des différentes activités humaines sources d'allumage (barbecue, mégots...) au contact d'une végétation inflammable et combustible. D'autre part, la pression d'urbanisation est telle dans la région méditerranéenne française, que le nombre d'habitations à la lisière des forêts ou à l'intérieur des espaces forestiers, est de plus en plus élevé.

Par ailleurs, la croissance de la vulnérabilité aux interfaces modifie la stratégie de lutte. Elle nécessite de concentrer les moyens sur les zones de contacts habitat/forêt (où vivent de plus en plus d'individus), parfois au détriment de la protection de la forêt elle même.

Enfin, les interfaces se présentent sous différentes formes, qui n'ont pas toutes les mêmes incidences sur le risque d'incendie de forêt. Les conséquences apparaissent clairement si l'on examine plusieurs types d'interfaces (photos 3, 4 et 5) :

- dans le cas d'un lotissement dense (photo 3, à gauche) seule la lisière, c'est-à-dire la zone de contact linéaire entre urbain et forêt sera concernée par un éventuel front de flamme ;

- dans le cas d'un lotissement moins dense (photo 4, au centre), l'incendie peut facilement se propager entre les maisons, notamment par le phénomène des sautes de feu. Par ailleurs, les activités humaines (barbecues, brûlage de branchages...) menacent potentiellement la forêt avoisinante ;

- enfin, l'habitat isolé en forêt (photo 5, à droite) contribue en totalité à une augmentation du risque d'incendie.

Lors d'enquêtes auprès d'habitants de maisons ayant été menacées par un incendie, nous avons constaté un lien direct entre le niveau de dégâts déclarés et la localisation précise de la maison par rapport au front d'urbanisation¹⁷, l'éloignement aux espaces combustibles¹⁸, ou la présence de moyens de lutte. Un gradient croissant allant des maisons les plus intégrées à un urbanisme dense au bâti isolé en forêt, peut résumer le rapport existant entre type d'occupation et risque d'incendie (encadré 4).

La connaissance et la cartographie des interfaces revêtent donc un caractère d'enjeu scientifique et technique pour la prévention et la lutte contre les incendies. Or, la caractérisation de chacun des types d'interfaces présents sur un territoire peut être réalisée de façon automatisée, grâce aux outils d'analyse spatiale mis à notre disposition par les développements récents de la géomatique ; ces outils permettent d'interpréter une photo aérienne ou satellitale et de délimiter automatiquement des espaces différents sur une zone vaste (les forêts, les zones urbanisées, etc.), à partir de critères prenant en compte les différents paramètres d'occupation du sol, de densité d'habitat, d'hétérogénéité du milieu.

Enfin, la structure territoriale a une influence sur le marché foncier

La structuration spatiale des milieux naturels et anthropisés est fortement marquée par les dynamiques anthropiques (Napoléone C., 2003) et relativement peu par le risque d'incendie. Les zones urbaines s'étendent en fonction de facteurs qui leur sont propres et modifient la structure territoriale qui, elle, a une forte incidence sur le risque d'incendie. Or, l'intensité et la fréquence des incendies varient fortement selon l'organisation spatiale des différents milieux en contact (principalement la forêt et les zones urbaines).

▼ Photos 3, 4 et 5 – Différents types d'interfaces rencontrés en milieu périurbain en région péri-marseillaise.



Encadré 4

La relation entre type d'occupation et risque d'incendie

En fonction des éléments dont nous disposons, nous montrons que les dommages sont quasi nuls dès que le bien concerné ne se trouve pas en front d'urbanisation alors que l'indemnisation moyenne est approximativement 10 fois supérieure lorsque le bien est en contact avec le massif forestier, avec des dommages moyens 30 fois supérieurs. Pour plus de précisions, voir le rapport au ministère de l'Écologie et du Développement durable intitulé « Contribution à l'évaluation des vulnérabilités en zone périurbaine sensible aux incendies de forêt », Cemagref – 2002.

Le paysage est donc façonné par les influences réciproques entre dynamique urbaine et naturelle. De fait, s'il existe une relation entre la structure spatiale et la diversité fonctionnelle des milieux naturels, il est alors possible d'en déduire des lois d'organisation générales qui peuvent être formalisées par un modèle intégré de la dynamique urbaine et « naturelle ». Ceci implique, en préliminaire d'un travail plus approfondi sur la relation entre le paysage et la dynamique urbaine, de choisir une zone d'étude en suivant une approche interdisciplinaire économie/écologie du paysage.

Choix d'une zone d'étude

Pour illustrer notre méthodologie, nous reprendrons les travaux que nous réalisons sur différents milieux de la région péri-marseillaise. Il faut alors garder à l'esprit trois éléments préalables :

– l'abandon ancien¹⁹ des terres agricoles en région péri-marseillaise a favorisé l'enforestement et contribué à la fermeture des milieux semi-naturels (Barbero *et al.*, 1989). Ces espaces, pour l'essentiel préforestiers²⁰, sont composés d'espèces expansionnistes au fort pouvoir combustible tel que le pin d'Alep ;

– depuis une quarantaine d'années, l'urbanisation se développe aux frontières ou à l'intérieur (mitage) des milieux semi-naturels, qui subissent une fragmentation croissante. L'avancée de

l'urbanisation et plus précisément son organisation dépend en partie du choix de localisation résidentielle. Les ménages choisissent un lieu pour résider en partie en fonction de la nature de l'environnement naturel ;

– la rencontre des systèmes urbains et préforestiers en région péri-marseillaise génère différents types d'interfaces urbanisation/forêt qui possèdent leur dynamique propre. Sans pouvoir conclure *a priori* sur la pérennité d'un tel système, nous observons toutefois un certain nombre de changements dans l'imbrication des différents milieux, dont nous ne connaissons pas l'impact sur le devenir des espaces, tel que l'accroissement du risque de départ de feux.

Dans ce cadre, le choix d'une zone d'étude qui satisfasse aux besoins des analyses économiques et spatiales sur le paysage, peut être réalisé en croisant deux critères :

– des critères économiques disponibles à l'échelle de la section cadastrale²¹, telles que les catégories socioprofessionnelles ou l'accessibilité²² des lieux de résidence... En ne retenant que les déplacements pendulaires dans les Bouches-du-Rhône, il existe une préférence à résider à moins de 30 minutes de son lieu d'emploi (Geniaux, Hollard, Napoléone, 2001). De fait, la zone d'étude peut correspondre aux sections cadastrales situées à une demi-heure de Marseille et d'Aix-en-Provence, soit un ensemble de 26 communes²³ ;

19. Depuis le début du siècle.

20. Les espaces préforestiers représentent une étape transitoire entre un stade initial herbacé et final forestier. En région méditerranéenne, ces stades transitoires sont majoritairement représentés où ils sont les témoins d'une pression anthropique passée ou actuelle qui façonne ces milieux et dicte l'évolution des paysages méditerranéens (Barbero, 1997).

21. La section cadastrale est une division administrative du territoire, beaucoup plus petite qu'une commune (par exemple la ville de Marseille est divisée en un millier de sections différentes) ; sa taille dépend de la densité démographique : les sections rurales sont plus grandes que les sections urbaines.

22. L'accessibilité correspond à la distance aux pôles d'emplois (Aix-en-Provence et Marseille).

23. Il s'agit plus précisément de deux petites régions naturelles (les Chaînon calcaires méridionaux et les coteaux et versants sud et Bassin d'Aix et Durance) qui sont pour nous représentatives de la Basse-Provence calcaire, et qui présentent l'avantage d'être homogènes bioclimatiquement et géologiquement.

24. En effet, en milieu périurbain l'urbanisation s'organise fréquemment au sein d'une matrice forestière. Dans ces conditions, l'identification de l'urbanisation isolée nécessite d'utiliser un support cartographique à grande échelle.

25. Pour le détail de la méthode utilisée et les résultats obtenus, le lecteur intéressé peut se reporter au rapport « *Du marché foncier à la lecture paysagère. Contribution à une méthodologie d'évaluation des valeurs paysagères en région PACA* », Programme Politiques Publiques et Paysages – ministère de l'Écologie et du Développement durable-CEMAGREF, 2003.

– des critères d'interfaces habitat/forêt, décrivant l'organisation spatiale de l'urbanisation au contact de la végétation à partir d'une cartographie de l'occupation du sol. Il est à noter qu'une grande précision du support cartographique est nécessaire car l'urbanisation²⁴ correspond à des objets de petite taille. Les orthophotographies aériennes représentent ici un support cartographique intéressant du fait qu'elles ont un grain de résolution allant jusqu'à 50 cm, c'est-à-dire supérieur à celui proposé par les images satellitaires actuelles.

Résultats

À partir du support cartographique, la modélisation a pour but de rendre compte des liens entre les analyses réalisées sur le paysage et les données économiques (dont le niveau d'observation est la section cadastrale). Pour ce faire, l'utilisation d'indices paysagers permet d'apporter une information d'ordre quantitatif sur l'organisation du paysage. Les indices sont nombreux dans la littérature en écologie du paysage. Par exemple, des indices de configuration tels que les indices de forme (dimension fractale – Mandelbrot, 1982 ; *Landscape Shape Index* – Milne, 1991), ou encore l'indice d'agrégation AI (figure 2). Ce sont des outils quantificateurs du paysage qui caractérisent l'organisation des différentes classes d'occupation du sol.

Nous avons calculé deux indices issus de l'écologie du paysage : l'indice de diversité de Shannon (diversité) et l'indice de forme (IF) (encadré 5), sur notre zone d'étude. En reprenant le modèle (1), et en y intégrant des variables rendant compte des ambiances paysagères²⁵ (dominance) et d'occupation du sol (% d'agriculture ou de tissu urbain continu par section),

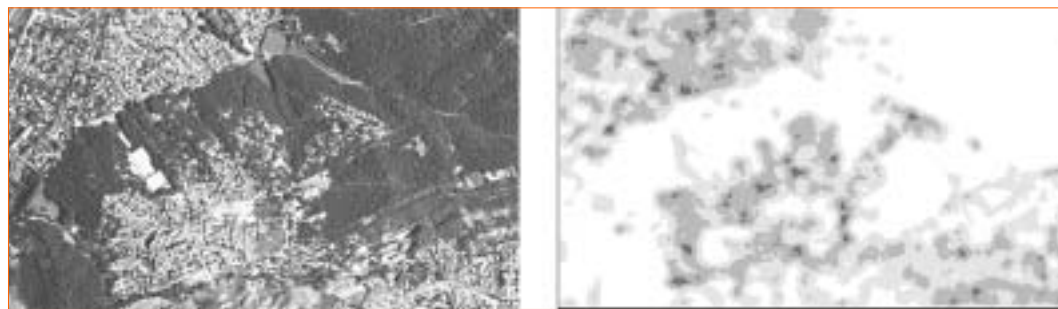
afin de contrôler l'éventuelle ambiguïté pouvant exister entre structure physique du territoire et aménités paysagères, nous avons évalué la pertinence et le poids des indices de diversité de Shannon et de forme. Les résultats (tableau 6, page 50) montrent très clairement deux éléments importants :

– les indices d'écologie du paysage représentent des éléments qui peuvent être intégrés à un modèle économique hiérarchisant les consentements à payer pour un certain nombre de caractéristiques spatiales inhérentes à la structure et l'organisation des milieux. Il y a donc bien une voie de modélisation intégrée écologie/économie ;

– les valeurs des variables montrent que les individus préfèrent, toute chose égale par ailleurs, avoir un environnement naturel relativement divers (aversion de l'homogénéité – $IF > 0$). Et ce jusqu'à un seuil où la diversité nuit à la lisibilité ($IF < 0$). Les individus préfèrent également avoir des contacts urbains/forêt non rectilignes ($diversité > 0$), jusqu'à un seuil retraçant l'aversion de la trop grande complexité ($diversité^2 < 0$).

Conclusion

La forte pression urbaine qui s'exerce dans les régions méditerranéennes sur les espaces naturels et agricoles accroît la vulnérabilité au risque d'incendie et complique l'organisation de la lutte. Une première solution est de laisser faire le marché, en postulant que l'aversion individuelle au risque d'incendie empêchera les constructions dans les zones les plus exposées. Or, nous avons vu que la conscience du risque d'incendie s'exprime assez peu au niveau individuel.



▲ Figure 2 – Indice d'agrégation calculé sur la commune de Bouc Bel Air (Bouches-du-Rhône). Indice calculé à partir du logiciel FRAGSTAT® 3.3 (McGarrigal, 1994) sur une image classifiée du logiciel Imagine® 8.5 (ERDAS, 2001) et du logiciel Clapas® (Robbez-Masson, 1998). La résolution du pixel de la photographie aérienne est de 2 mètres.

Encadré 5

Les trois types de variables (toutes géo-référencées) utilisées dans nos travaux

- 1– Des variables décrivant physiquement le bien foncier (taille, nombre de pièces, présence d'un jardin, etc.).
- 2– Des variables décrivant la géographie du lieu de la vente (distance au centre urbain, présence de services publics à proximité, type de population composant le quartier, etc.).
- 3– Des variables calculées spécifiquement pour la recherche présentée :
 - 2 variables rendant compte de l'exposition au risque d'incendie (*Sfeu* et *Sfeu1*) ;
 - l'indice de diversité de Shannon (SHDI) présente l'intérêt de varier en fonction de la dominance d'une ou plusieurs classes d'occupation du sol dans le paysage. Il mesure la part relative de chacune des classes d'occupation du sol (OS) dans le paysage : $SHDI = - \sum_{i=1}^n \text{Log}(OS_i) \times OS_i$;
 - l'indice de forme (IF), c'est-à-dire la mesure de la taille et de la forme des classes d'occupation du sol qui composent le paysage. Il décrit l'organisation de chaque classe d'occupation du sol dans le paysage. L'indice de forme est le calcul du ratio périmètre/aire (que nous appellerons ratio), intégré dans la formule suivante : $IF = \frac{\text{ratio}}{\text{Log}(\text{ratio})}$

Une réglementation de l'urbanisme s'impose donc²⁶, afin d'éviter le développement de situations inextricables. Cependant, contraindre le droit du sol est une décision importante qui doit être légitimée par la mise en évidence d'une relation directe entre la nature de la zone exclue de l'urbanisme et le risque subi ou induit que présenterait une urbanisation éventuelle. Ce sont de tels scénarios prospectifs pour lesquels nous proposons une démarche méthodologique de modélisation.

Nous montrons tout d'abord qu'une interdisciplinarité (encadré 6) entre économie, écologie du paysage et géomatique permet de rendre compte du lien existant entre les dynamiques anthropiques et naturelles sur un espace suffisamment large pour permettre l'exercice de la décision publique (une agglomération urbaine par exemple). L'utilisation d'un SIG permet dans ce cadre de représenter les résultats sous une forme cartographique adaptée autant à l'échange interdisciplinaire qu'à la concertation locale.

Nous montrons ensuite qu'à partir des éléments obtenus dans l'analyse interdisciplinaire, la construction d'un modèle intégrant les dynamiques anthropique et naturelle est possible au sein d'un modèle hédonique de localisation résidentielle. Les résultats de la modélisation peuvent être détaillés au niveau de la section cadastrale et cartographiés sur un département. On y parviendra, par exemple, en attribuant, dans chaque section cadastrale, des valeurs aux facteurs de localisation résidentielle et en imputant à chaque milieu naturel contigu un type de réaction prévisible.

À partir de là, des scénarios prospectifs²⁷ sont possibles en modifiant des variables explicatives au sein du modèle construit :

- la décision publique de contrôler l'anthropisation d'un milieu naturel peut être intégrée au modèle de localisation en modifiant les variables de densité d'urbanisation si la décision concerne la constructibilité, de distance au centre s'il s'agit de la construction d'une route, etc. ;

26. Au moyen des PPR par exemple.

27. Nous entendons, par là, la représentation cartographiée de l'incidence possible de certains choix publics.

Encadré 6

Modélisation et interdisciplinarité

La modélisation des relations complexes entre des milieux anthropiques et naturels que nous envisageons, est favorisée par le recours à plusieurs champs disciplinaires. En effet, chaque champ agit comme un descriptif d'éléments complémentaires : l'économie spatiale définit les moteurs qui impulsent la dynamique urbaine, tandis que l'écologie du paysage détermine les variables qui décrivent les résultats des activités humaines dans le paysage. Isolément, l'écologie du paysage ne pourrait entreprendre une telle modélisation des mécanismes responsables de la dynamique paysagère lorsque ces dynamiques sont liées aux activités humaines (Baudry, 1997). Une réflexion unifiée de l'écologie et de l'économie est donc encore nécessaire dans un objectif de modélisation et peut être considérée comme l'élément novateur de la recherche qui s'engage actuellement au sein de l'équipe d'Aix-en-Provence.

28. La construction d'un lotissement dans une forêt modifie les indices de diversité et d'agrégation de la zone. À partir des nouveaux indices, le type d'incidence sur le milieu pourra être décrit.

– l'incidence du choix public sur les milieux naturels peut être prise en compte par l'évolution induite sur les indices d'écologie du paysage²⁸.

Par exemple, une vallée non urbanisée au sein de laquelle la commune décide de faire passer une route, verra son indice d'agrégation diminuer et son indice de diversité croître. La modification des indices paysagers aura alors un double effet (sans s'étendre sur les autres variables) : modifier la dynamique des milieux naturels d'une part et

accroître l'attractivité de la vallée pour la localisation résidentielle d'autre part.

La modélisation interdisciplinaire présentée permet d'évaluer les interactions entre les éléments anthropiques et naturels qui influent sur l'aléa et la vulnérabilité. La gestion du risque à moyen terme peut alors se baser sur un certain nombre de scénarios probables illustrant, soit l'évolution du risque sans intervention publique, soit au contraire l'incidence de la décision publique sur le niveau de risque. □

R-Square	Adj R-Sq		Lambda	F Value	Liberal p
0,5588	0,5544		0,3000	126,76	> = <,0001
Variable	Coefficient	F Value	Liberal p	Label	
Intercept	1 355 481,56	6 822,46	> = <,0001	Intercept	
Logtersurf	78 088,38	2 724,47	> = <,0001	Logtersurf	
Loghabsurf	9 090,91	66,10	> = <,0001	Loghabsurf	
Scompodiscont	64 825,01	78,03	> = <,0001	% tissu urbain discontinu par section	
Porient	- 537,41	63,87	> = <,0001	Éloignement au sud (en °)	
Sfeu1	- 31 509,68	3,21	> = 0,0733	Section sur zone à risque (sans date)	
Variables de classe					
1992	-33 738,43	10,34	> = 0,0013	Année de la vente : 1992	
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...	
1998	40 613,48	16,83	> = <,0001	Année de la vente : 1998	
Com13001	356 633,01	796,06	> = <,0001	N° INSEE d'Aix-en-Provence	
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...	
Com13119	192 510,88	81,37	> = <,0001	N° INSEE de Carnoux	
CODETVAH	-16 952,17	0,97	> = 0,3255	CODE TVA H	
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...	
CODETVAF	25 068,93	0,02	> = 0,8915	CODE TVA F	
USAGEMI	81844,49	23,83	> = <,0001	Usage mixte personnel/professionnel	
USAGEPR	133 089,39	11,81	> = 0,0006	Usage professionnel	
ONEMUTO	25 334,15	18,23	> = <,0001	Mutation onéreuse	
MOINS5ANSO	- 51 664,84	8,18	> = 0,0042	MOINS 5 ANS Oui	
MOINS5ANSm	56 630,06	3,06	> = 0,0804	MOINS 5 ANS Non	
DEPENDO	69 683,35	157,88	> = <,0001	Présence de dépendances	
EPOQUEF	39 797,45	37,38	> = <,0001	Époque de la construction (1981/1991)	
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...	
EPOQUEA	- 35 826,01	8,28	> = 0,0040	Époque de la construction (1790/1850)	
Dicnbsdbzero	- 30 194,44	34,75	> = <,0001	Pas de salles de bains	
Dicnbsdbplus	168 836,06	808,09	> = <,0001	Plusieurs sdb	
Dicnbparkzero	- 85 156,63	341,65	> = <,0001	Zéro parkings	
Dicnbpark	64 628,40	36,70	> = <,0001	Plusieurs parkings	
MUTPTYPE	38 944,75	2,01	> = 0,1566	Type de mutation précédente : échange	
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...	
MUTPTYPYR	- 169 627,57	0,92	> = 0,3363	Type de mutation précédente : partage	
LIBROCCO	- 42 861,06	16,24	> = <,0001	Occupé	
LIBROCCP	40 207,61	3,07	> = 0,0796	Libre	
VIAGO	- 152 549,93	65,11	> = <,0001	Vente en viager	
MAITYPmi	- 37 724,83	54,32	> = <,0001	Type de maison : maison individuelle	
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...	
MAITYPMV	- 50 037,11	30,94	> = <,0001	Type de maison : maison de village	

► Tableau 2 – Résultats de la régression Box-cox par la procédure « *transreg* » (SAS) en prenant en compte la variable *SFEU1* sur la base des Bouches-du-Rhône.

R-Square	Adj R-Sq	Lambda	F Value	Liberal p
0,5043	0,4926	0,4100	43,17	> = <,0001
Variable	Coefficient	F Value	Liberal p	Label
Intercept	960 748,99	513,49	> = <,0001	Intercept
Logtersurf	78 777,63	318,41	> = <,0001	Logtersurf
Loghabsurf	16 589,91	23,91	> = <,0001	Loghabsurf
Scompodiscont	110 326,33	21,90	> = <,0001	% tissu urbain discontinu par section
Porient	- 23,47	0,01	> = 0,9290	Éloignement au sud (en °)
Sfeu1	- 13 383,94	0,46	> = 0,4972	Section sur zone à risque (sans date)
Variables de classe				
1992	- 92 140,34	13,24	> = 0,0003	Année de la vente : 1992
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
1998	84 767,96	15,45	> = <,0001	Année de la vente : 1998
Com13002	191 575,26	89,23	> = <,0001	N° INSEE d'Allauch
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
Com13107	70 479,80	5,74	> = 0,0167	N° INSEE de Simiane
CODETVAH	- 27 162,12	0,38	> = 0,5388	CODE TVA H
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
CODETVAF	- 62 356,97	0,05	> = 0,8168	CODE TVA F
USAGEMI	- 13 393,01	0,08	> = 0,7838	Usage mixte professionnel/personnel
USAGEPR	517 187,30	26,04	> = <,0001	Usage professionnel
ONEMUTO	36 386,98	4,14	> = 0,0420	Mutation onéreuse
MOINS5ANSO	- 17 137,56	0,14	> = 0,7123	MOINS 5 ANS Oui
DEPENDO	80 597,04	29,06	> = <,0001	Dépendances Oui
EPOQUEG	- 77 860,78	5,08	> = 0,0243	Époque de la construction (1992/1999)
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
EPOQUEA	- 77 610,78	3,84	> = 0,0501	Époque de la construction (1790/1850)
MUTPTYPE	- 65 844,55	0,49	> = 0,4851	Type de mutation précédente : échange
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
MUTPTYPD	- 64 076,13	2,01	> = 0,1566	Type de mutation précédente : donation
LIBROCCO	- 35 877,49	1,24	> = 0,2661	Occupé
LIBROCCP	- 74 933,29	1,49	> = 0,2231	Libre
VIAGO	- 174 080,54	7,36	> = 0,0067	Viager Oui
MAITYPmi	- 41 763,04	7,89	> = 0,0050	Type de maison : maison individuelle
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
MAITYPMV	- 53 671,87	4,51	> = 0,0337	Type de maison : maison de village

▲ Tableau 3 – Résultats de la régression Box-cox par la procédure « *transreg* » (SAS) en prenant en compte la variable *SFEU1* sur la base de 10 communes ayant connu l'incendie pendant la période d'observation.

R-Square	Adj R-Sq	Lambda	F Value	Liberal p
0,5587	0,5544	0,3000	128,27	> = <,0001
Variable	Coefficient	F Value	Liberal p	Label
Intercept	1 355 222,58	6 818,28	> = <,0001	Intercept
Logtersurf	78 060,16	2 722,30	> = <,0001	Logtersurf
Loghabsurf	9 064,99	65,72	> = <,0001	Loghabsurf
Scompodiscont	65 450,50	79,34	> = <,0001	% tissu urbain discontinu par section
Porient	- 530,26	62,39	> = <,0001	Éloignement au Sud (en °)
Sfeu	6 886,20	0,03	> = 0,8614	Section ayant brûlé avant la vente
Variables de classe				
1992	- 33 663,40	10,30	> = 0,0013	Année de la vente : 1992
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
1998	40 556,58	16,76	> = <,0001	Année de la vente : 1998
Com13001	357 156,97	798,55	> = <,0001	N° INSEE d'Aix en Provence
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
Com13119	192 864,45	81,66	> = <,0001	N° INSEE de Carnoux
CODETVAH	- 17 298,77	1,01	> = 0,3157	CODE TVA H
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
CODETVAF	35 779,05	0,02	> = 0,8863	CODE TVA F
USAGEMI	81 839,86	23,82	> = <,0001	Usage mixte professionnel/personnel
USAGEPR	133 218,95	11,83	> = 0,0006	Usage professionnel
ONEMUTO	25 308,72	18,19	> = <,0001	Mutation onéreuse
MOINS5ANSO	- 51 617,55	8,16	> = 0,0043	Construction de moins de 5 ans
MOINS5ANSm	57 023,81	3,10	> = 0,0784	Construction de plus de 5 ans
DEPENDO	69 225,01	156,11	> = <,0001	Présence de dépendances
EPOQUEF	39 713,51	32,60	> = <,0001	Époque de la construction (1981/1991)
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
EPOQUEA	- 35 839,16	8,29	> = 0,0040	Époque de la construction (1790/1850)
Dicnbsdbzero	- 30 282,97	34,95	> = <,0001	Pas de salles de bains
Dicnbsdbplus	168 716,36	806,88	> = <,0001	Plusieurs sdb
Dicnbparkzero	- 85 229,62	342,05	> = <,0001	Zéro parkings
Dicnbpark	63 972,91	35,99	> = <,0001	Plusieurs parkings
MUTPTYPE	38 468,02	1,96	> = 0,1618	Type de mutation précédente : échange
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
MUTPTYP	- 169 653,10	0,92	> = 0,3363	Type de mutation précédente : partage
LIBROCCO	- 42 656,21	16,08	> = <,0001	Occupé
LIBROCCP	40 858,35	3,17	> = 0,0749	Libre
VIAGO	- 152 779,59	65,30	> = <,0001	Viager Oui
MAITYPmi	- 37 621,16	54,01	> = <,0001	Type de maison : maison individuelle
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
MAITYPMV	- 50 018,39	30,91	> = <,0001	Type de maison : maison de village

► Tableau 4–
Résultats de la
régression
Box-cox par la
procédure
« *transreg* »
(SAS) en
prenant en
compte la
variable *SFEU*
sur la base
des Bouches-
du-Rhône.

R-Square	Adj R-Sq	Lambda	F Value	Liberal p
0,5043	0,4926	0,4100	43,16	> = <,0001
Variable	Coefficient	F Value	Liberal p	Label
Intercept	955 593,82	502,65	> = <,0001	Intercept
Logtersurf	78 666,54	317,91	> = <,0001	Logtersurf
Loghabsurf	16 544,12	23,81	> = <,0001	Loghabsurf
Scompodiscont	115 565,13	23,67	> = <,0001	% tissu urbain discontinu par section
Porient	18,38	0,01	> = 0,9430	Éloignement au Sud (en °)
Sfeu	27 174,51	0,40	> = 0,5281	Section ayant brûlé avant la vente
Variables de classe				
1992	- 90291,88	12,65	> = 0,0004	Année de la vente : 1992
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
1998	85 493,59	15,73	> = <,0001	Année de la vente : 1998
Com13002	189 057,44	92,84	> = <,0001	N° INSEE d'Allauch
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
Com13107	72 339,60	6,00	> = 0,0144	N° INSEE de Simiane
CODETVAH	- 28 005,35	0,40	> = 0,5261	CODE TVA H
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
CODETVAF	- 56 522,10	0,04	> = 0,8336	CODE TVA F
USAGEMI	- 13 121,81	0,07	> = 0,7881	Usage mixte professionnel/personnel
USAGEPR	518 270,92	26,15	> = <,0001	Usage professionnel
ONEMUTO	36 292,20	4,12	> = 0,0426	Mutation onéreuse
MOINS5ANSO	- 17 104,97	0,14	> = 0,7128	MOINS 5 ANS
DEPENDO	79 578,75	28,70	> = <,0001	Dépendances O
EPOQUEG	- 77 272,20	5,01	> = 0,0253	Époque de la construction (1992/1999)
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
EPOQUEA	- 77 217,50	3,80	> = 0,0513	Époque de la construction (1790/1850)
MUTPTYPE	- 70 720,90	0,56	> = 0,4537	Type de mutation précédente : échange
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
MUTPTYPD	- 64 466,92	2,03	> = 0,1541	Type de mutation précédente : donation
LIBROCCO	- 35 295,05	1,20	> = 0,2739	Occupé
LIBROCCP	- 73 546,67	1,43	> = 0,2317	Libre
VIAGO	- 173 434,06	7,30	> = 0,0070	Viager Oui
MAITYPmi	- 41 054,29	7,60	> = 0,0059	Type de maison : maison individuelle
.../...	.../...	.../...	.../...	.../...
MAITYPMV	- 53 694,80	4,52	> = 0,0336	Type de maison : maison de village

▲ Tableau 5 – Résultats de la régression Box-cox par la procédure « *transreg* » (SAS) en prenant en compte la variable *SFEU* sur la base de 10 communes ayant connu l'incendie pendant la période d'observation.

Identity (pDomin)	468,07	7,61E12	7,61E12	140,19	$\lambda = <,0001$	dominance (par rapport centre village)
Identity (pentediff)	174,81	3,25E12	3,25E12	59,92	$\lambda = <,0001$	Pente – proxi de la longueur de vue
Identity (scompodiscont)	39372,88	2,3E12	2,3E12	42,37	$\lambda = <,0001$	% tissu urbain discontinu par section
Identity (porient)	- 210,45	9,16E11	9,16E11	16,87	$\lambda = <,0001$	Éloignement au sud (en °)

▲ Tableau 6 – Résultats de la régression (Box Cox) intégrant les ambiances paysagères et les indices d'écologie du paysage (variable expliquée : HT, le prix du bien immobilier).

Résumé

L'étalement spatial des villes entraîne une concurrence d'usage du sol où les dynamiques anthropique et naturelle entrent en conflit. Ces nouveaux paysages, où se multiplient les contacts urbanisation/espaces naturels, affectent la diversité des milieux naturels et induisent un nombre croissant de départs de feux. Le département des Bouches-du-Rhône en est un exemple : depuis le début du siècle, de nombreuses terres agricoles ont été abandonnées. Celles-ci ont été progressivement enforestées. Les espèces colonisatrices, tel que le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) possèdent souvent un fort pouvoir combustible. D'autre part, depuis 1960, nous observons un étalement spatial de l'urbanisation depuis le centre de Marseille sur les communes rurales alentours. La rencontre entre ces deux dynamiques croisées, urbaine et « naturelle », a donné naissance à de nouveaux types de contacts et a accru les départs de feux. Ceci nous a conduit à étudier les interfaces entre espaces urbanisés et espaces forestiers, avec deux approches complémentaires.

- Aménagement du territoire et ses conséquences écologiques : les patrons d'urbanisation sont fonction des choix de localisation résidentielle. Les ménages choisissent un lieu pour résider, en fonction d'un certain nombre d'éléments inhérents à la structure du territoire (réseau de transport, pôles d'emplois, localisation des services publics, etc.), mais également en fonction de l'environnement naturel. L'étude des comportements résidentiels peut donc être un moyen de révéler les préférences individuelles pour un type d'environnement. Réciproquement, l'organisation de l'urbanisation sous forme linéaire aux abords des espaces « naturels » ou sous forme surfacique à l'intérieur des îlots forestiers modifie la structure du paysage, tendant à le fragmenter. L'objectif est de comprendre les liens entre patrons urbains et structure des communautés végétales à différentes échelles.
- Analyse du risque : les formations rencontrées au niveau des interfaces urbanisation/milieux naturels sont des formations en général préforestières. En sous-bois, elles présentent des fonctionnements de réponse aux perturbations liées aux activités anthropiques : ces perturbations semblent issues en partie de l'organisation de l'urbanisation. L'objectif est de mettre en évidence le rôle de ces formations de sous-bois dans la vulnérabilité, le départ et la propagation des incendies.

Abstract

Urban sprawl provides a model of competitive land use where anthropogenic dynamic and wildland dynamic conflict. It creates a threat at the wildland-urban interface, which affects biodiversity. So, we observe more and more wildfires at these interfaces. For example, In Southern France (region of Bouches-du-Rhône), since 1900, natural lands have been abandoned. Then, they have been colonized by forest species most of them very combustible like *Pinus halepensis*. Urban sprawl have reduced wildland around Marseille since 1960. Development of two crossed dynamics, urban and wildland ones, are making up a new wildland/urban interface. These interfaces are our subject of study, two questions being considered.

- Management of urban area ecology consequences: In part, urban pattern depends on choices of housing location. People choose their location according to practical reasons (transportation costs, job opportunities like in Marseille or Aix-en-Provence) and characteristics of area (beautiful landscape, green open spaces...etc.). Analysis of urban dynamics needs to characterize forest amenities on interfaces. Moreover, urban pattern is linear or mosaic-like along wildland. This creates a growing fragmentation of this area. Our purpose is to determine the links between urban pattern and wildland communities at different scales. Preliminary results reveal disturbances along urban/wildland interface. Our spatial analysis has made possible a description of the structure of exurban landscape and of urban/wildland interfaces. Moreover results in economics show that residential location factors can be included in an economic model as landscape variables.
- Risk analysis: Interface vegetation usually consists in coniferous stands. However, vegetation constituting the underbrush has different characteristics, which are modified by human activities and urban patterns. Our purpose is to assess underbrush impact on fire vulnerability, i.e. on fire ignition and spread.

Bibliographie

- AUGIER, P., BAUDRY, J., FOURNIER, F., 1992, Hiérarchies et échelles en écologie, *Naturalia*, France.
- BARBERO, M., 1987, Écologie du paysage : expression synthétique des hétérogénéités spatio-temporelles et fonctionnelles, *Ecologia mediterranea*.
- BARBERO, M., QUEZEL, P., 1989, Structures, architectures forestières à sclérophylles et prévention des incendies, *Bulletin d'écologie*, 20.
- BAUDRY, J., 1997, Quelle place pour les activités humaines dans la recherche en écologie du paysage ?, *Ecologia mediterranea*, 23.
- BENZECRI, J.-P., 1973, *L'analyse des données, tome II, L'analyse des correspondances*, Dunod, Paris.
- BOCKSTAEL, N., 1996, Modeling Economics and Ecology: The importance on a Spatial Perspective, *American Journal agricultural Economics*, 78.
- CAPPOZZA, D., HESLEY, R., 1987, The Fundamentals of Land Prices and Urban Growth, *Journal of Urban Economics*, 26.
- COOK, E., 2002, Landscape structure indices for assessing urban ecological networks, *Landscape and Urban Planning*, 58.
- CRIGE, 1999, *Carte de l'occupation du sol 1999 en région Provence-Alpes-Côte d'Azur*
- FORMAN, R., 1995, *Land Mosaics — The ecology of landscapes and regions*, Cambridge University Press, Cambridge.
- GACHET, S., 1996, *Base de données écologiques BASECO, BD Baseco*, université Aix-Marseille III.
- GENIAUX, G., HOLLARD, G., NAPOLEONE, C., 2001, Peut-on quantifier le territoire ?, *In Métropolisation, gouvernance et citoyenneté dans la région urbaine marseillaise*, A. DONZEL coord., Paris, Maison-neuve et Larose.
- GENIAUX, G., NAPOLEONE, C., 2002, *Rente foncière et anticipation dans le péri-urbain*, en cours de publication.

- GERARD-VARET, L.-A., 2000, *Les grands métropoles et la croissance urbaine : un examen de quelques enjeux de l'action publique*, note de recherche de l'IDEP NR-02-00.
- GRIME, J.-P., 1977, *Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory*, *Amer. Nat.*, 111.
- GRIME, J.-P., 1974, Vegetation classification by reference to strategies, *Nature*, 250, p. 26-31.
- HAINES-YOUNG, R., CHOPPING, M., 1996, Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes, *Progress in Physical Geography*, 20,4.
- HE HONG, S., DEZONIA, E., BARRY, MLADENOFF DAVID, J., 2000, An aggregation index (AI° to quantify spatial patterns of landscapes), *Landscape Ecology*, 15.
- JAPPIOT, M., SAUER, S., ALIBERT, N., PHILIBERT-CAILLAT, C., 2002, (à paraître), *Wildland/urban interfaces and fire risk*. An automatic mapping, Proceedings of the IV International Conference on Forest Fire Research 18 novembre au 22 novembre 2002, Luso (Portugal), Ed. DXViegas, Millpress.
- JAPPIOT, M., BLANCHI, R., ALEXANDRIAN, D., 2000, Rencontres euroméditerranéennes feux de forêt 2000, thème « Feux péri-urbains, évaluation du risque dans l'aménagement du territoire », 25-27 octobre 2000, Hyères-les-Palmiers (France), 11 p.
- LUGINBÜHL, Y., 2001, *La demande sociale de paysage*, Conseil national du paysage, séance inaugurale.
- LUTTIK, J., 2000, The value of trees, water and open space as reflected by house prices in the Netherlands, *Landscape and Urban Planning*, 48, p. 3-4.
- MANDELBROT, B., 1982, *The fractal geometry of nature*, W.-H., Freeman and Co, New-York.
- MCGARIGAL, K., MARKS, B.-J., 1995, FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, Portland (OR): USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station: *General Technic Report PNW-GTR-351*.
- MÉDAIL, F., ROCHE, PH., TATONI, T., 1998, Fonctionnal groups in phytoecology: an application to the study of isolated plant communities in Mediteranean France, *Acta Oecologia*, 19, p. 3.
- MICHALLAND, B., VOLLET, D., 1999, Utilisation de la méthode des prix hédonistes pour l'évaluation des aménités agricoles et forestières. État des lieux et données disponibles, *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, 51.
- MILNE, B.-T., 1991, Heterogeneity as a multiscale characteristic of landscapes, In J. Kolasa and T.-A. Pickett, *Ecological heterogeneity*, Springer Verlag, New-York, p. 69-84.
- MOLINIER, R., MULLER, P., 1938, *La dissémination des espèces végétales*, *Rev. Gen. Bot.*, 50.
- NAPOLEONE, C., 2000, *Base de données économique géoréférencées*, Cemagref.
- NAPOLEONE, C., 2003, Les aménités environnementales, fruit de l'étalement spatial des agglomérations ?, *Ingénieries-EAT, N° spécial Aménités*.
- RAUNKIER, C, 1989, *The life-forms of plants and statitical plant geography*, Claredon Press, Oxford.
- RICARDO, D., 1815, Réed. 1988, *Essai sur l'influence d'un bas prix du blé sur les profits*, *Economica*.
- RONCAYOLO, M., 1999, *La ville et ses territoires*, Folio.
- TYRVÄINEN, L., 1997, The amenity value of the urban forest: an application of the hedonic pricing method, *Landscape and Urban Planning*, 37, p. 3-4.
- WIEL, M., 1999, *La transition urbaine*, Sprimont (Belgique), Mardaga.