



## Analyse multi-aléas sur le territoire de la municipalité de Coimbra (centre-ouest du Portugal). L'omniprésence du climat et l'importance anthropique

### Multi-hazard analysis on the territory of the Coimbra municipality (western-central Portugal). The omnipresence of climate and the anthropic importance

Lúcio CUNHA, Luca Antonio DIMUCCIO & Rui Ferreira FIGUEIREDO

**Abstract :** The general objective of this preliminary study is to define an integrated spatial modelling of natural risks for the Coimbra municipality (western-central Portugal), making it possible to establish intervention priorities for its mitigation. Indeed, this selected study area is an example of the persistence occurrence of potentially dangerous natural events, in time and space, particularly those linked to the environmental influences typical of the Mediterranean climate (extreme weather phenomena, heat and cold waves, floods, landslides and forest fires). Conventionally, risk assessment focuses on individual hazards and vulnerabilities, but the importance of addressing hazards collectively has been recognized here. Indeed, the aims is to develop a more complete understanding of natural multi-hazards by assessing and mapping either the relative danger or the suffered damage, on social, economic and environmental plan. The occurrence of dangerous natural events on a selected territory is crucial for defining the susceptibility or the probability of occurrence of unwanted and dangerous events, as well as for studying the possibility that a natural event may trigger another - cascade or domino effect. This research integrates different methodological approaches (definition of a multi-hazard index, artificial neural networks, geographic information systems and probabilistic analysis) on the same territory. Monothematic susceptibility (hazard?) maps, at the municipality level, will be produced. Through this analysis is expected to create a framework containing the main hazardous processes and most of the complex relationships and interconnections between them. In addition, this framework will also enable the precise mapping of the different degrees of multi-hazard zones, which is very important to achieve an integrated risk management model for the Coimbra municipality. From this perspective, it will be possible to plan the actions needed to reduce (or mitigate) hazard, exposure and vulnerability, and to promote the development of a resilient territorial system.

Keywords: Coimbra municipality, natural risks, hazards, vulnerability, climate, Portugal

**Résumé :** L'objectif général de cette étude préliminaire est de définir une modélisation spatiale intégrée des risques naturels pour la municipalité de Coimbra (centre-ouest du Portugal), permettant d'établir des priorités d'intervention pour sa mitigation. En effet, la zone choisie pour l'étude est un exemple de persistance d'événements naturels potentiellement dangereux, dans le temps et dans l'espace, en particulier ceux liés aux influences environnementales typiques du climat méditerranéen (les phénomènes météorologiques extrêmes, les vagues de chaleur et de froid, les inondations, les glissements de terrain et les incendies de forêt). Habituellement, l'évaluation des risques se concentre sur les aléas et les vulnérabilités individuels, mais l'importance d'une approche collective des aléas a été reconnue ici. En effet, l'objectif est de développer une compréhension plus complète des multi-aléas naturels en évaluant et en faisant la cartographie, soit du danger relatif ou des dommages subis tant sur le plan social, qu'économique et environnemental. La survenance d'événements naturels dangereux sur un territoire sélectionné est cruciale pour définir soit la susceptibilité, soit la probabilité d'occurrence d'événements indésirables et dangereux, ainsi que pour étudier la possibilité qu'un événement naturel puisse en déclencher un autre - effet de cascade ou domino. Cette recherche intègre différentes approches méthodologiques (définition d'un index multi-aléas, des réseaux de neurones artificiels, des systèmes d'information géographique et analyse probabiliste) sur le même territoire. Des cartes de susceptibilité (aléas?) monothématiques au niveau de la municipalité seront produites. Cette analyse permettra de créer un cadre contenant les principaux processus dangereux et la plupart des relations complexes et les interconnexions entre elles, par ailleurs ce cadre permettra également de dresser la cartographie précise des différents degrés de zones multi-aléas, très importante pour atteindre un modèle de gestion intégrée du risque pour la municipalité de Coimbra. Dans cette perspective, il sera possible de planifier les actions nécessaires pour réduire (ou atténuer) l'aléa, l'exposition et la vulnérabilité, et pour promouvoir le développement d'un système territorial résilient.

Mots-clés: Municipalité de Coimbra, risques naturels, aléas, vulnérabilité, climat, Portugal.

## INTRODUCTION

Certains événements naturels deviennent dangereux seulement quand ils touchent des zones où la présence humaine est permanente ou temporaire. Les conséquences des catastrophes naturelles sont associées aux processus dangereux (aléas), d'une part, et à l'exposition-fragilité de la société (vulnérabilité), d'autre part. Comme, dans notre société contemporaine, le montant des dommages dus aux catastrophes naturelles augmente à un rythme remarquable, l'identification des risques environnementaux (naturels, technologiques et mixtes), leur évaluation et leur gestion deviennent très importantes, en particulier en ce qui concerne les méthodes et les applications pratiques. Dans ce contexte, la demande croissante des espaces urbains, associée à l'absence de politiques ajustées de planification territoriale, conduisent à l'augmentation des problèmes environnementaux, avec un accent particulier sur ceux qui sont liés aux risques naturels, y compris la sécurité des populations. Par conséquent, la compréhension d'ensemble des aléas et de la vulnérabilité devient la clé pour aborder l'étude des catastrophes.

### CARACTERISATION GENERALE DE LA MUNICIPALITE DE COIMBRA

La municipalité de Coimbra est un territoire fortement contrasté du point de vue géologique et géomorphologique, ce qui induit des différenciations plus ou moins subtiles sur le climat, la végétation naturelle et les modes d'utilisation des terres municipales.

Sur le plan géologique, on peut clairement distinguer les terrains à prédominance schisteuse du Massif hespérien (Fig. 1), représentés sur les versants du Massif marginal de Coimbra (alt.max. : 535 m) à l'est, des terrains sablo-conglomératiques (consolidés et non consolidés), calco-dolomitiques et calco-marneux de la Orla meso-cénozoïque occidentale de Portugal (SOARES *et al.*, 1985, 2005, 2007 ; SOARES & MARQUES, 2004 ; REBELO, 1985 ; CUNHA *et al.*, 1999; TAVARES, 1999; TAVARES & CUNHA, 2004) représentés topographiquement par de douces collines de basse altitude (c. 200-300 m), à l'ouest (Fig. 2).

Ce contraste est accentué par la tectonique subméridienne qui renforce ce contact structural et que l'on retrouve sur les pentes des versants, beaucoup plus prononcés sur le Massif marginal de Coimbra ainsi que sur les collines, les petits plateaux et les plaines alluviales du côté occidental (Fig. 1 et 3).

La présence du rio Mondego et de certains affluents, la proximité de l'océan Atlantique (c. 40 km), ainsi que la faible résistance mécanique des unités lithiques et le dispositif tectonique-structural ont permis la formation d'une vaste plaine alluviale, en aval de Coimbra, qui, malgré les travaux de régulation fluviale réalisés il y a environ 40 ans, continue à subir de façon périodique des inondations significatives.

En fonction des caractéristiques géologiques et morphologiques, la cartographie de l'utilisation des terres représente essentiellement une affectation par des forêts sur les pentes du Massif marginal de Coimbra, ainsi que sur une grande partie des collines sablo-conglomératiques de la moitié ouest de la municipalité (Fig. 1). L'agriculture occupe toute la superficie de la plaine alluviale du rio Mondego ainsi que quelques petites parcelles de terre à proximité.

Enfin, l'affectation sociale ou, si l'on préfère, l'espace anthropisé utilisé à des fins différentes, correspond principalement à la ville de Coimbra qui est située dans la partie centrale de la municipalité. Cette ville bien établie dans sa partie centrale, se répand ensuite presque comme une tache d'huile dans les espaces ruraux environnants. Dans ces espaces, il existe de petites agglomérations d'origine rurale (villages) qui servent de dortoirs à la ville de Coimbra (Fig. 4).

Les caractéristiques climatiques correspondent à un climat méditerranéen (d'ailleurs, comme sur tout le territoire continental portugais), bien qu'il soit, ici, influencé par la proximité de l'océan et par les vents humides de l'ouest dus à une large ouverture correspondant à la plaine alluviale du rio Mondego. Prenant comme référence les valeurs des normales climatiques de 1951-1980, les températures moyennes oscillent à Coimbra entre 10 et 22°C (janvier et juillet) avec une température moyenne annuelle de 16°C, les précipitations, essentiellement sous forme de pluie (1038 mm) survenant, principalement, durant les mois les plus froids (octobre et mars). Étant donné la caractéristique des climats méditerranéens, l'irrégularité interannuelle est importante, aussi bien pour les températures que pour les précipitations (REBELO, 2013).

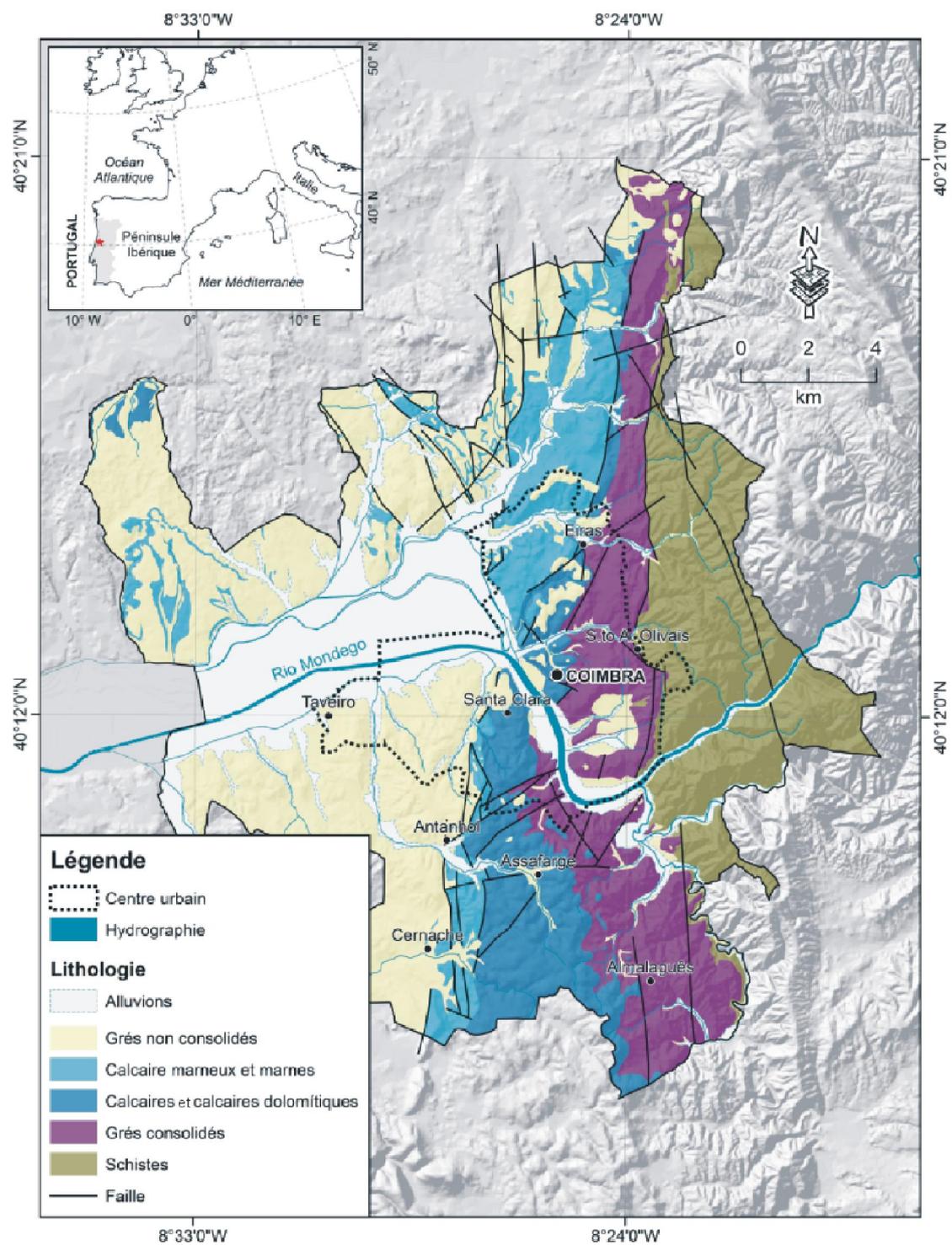


Fig. 1 - Carte lithologique de Coimbra (d'après SOARES & MARQUES, 2004, simplifié).

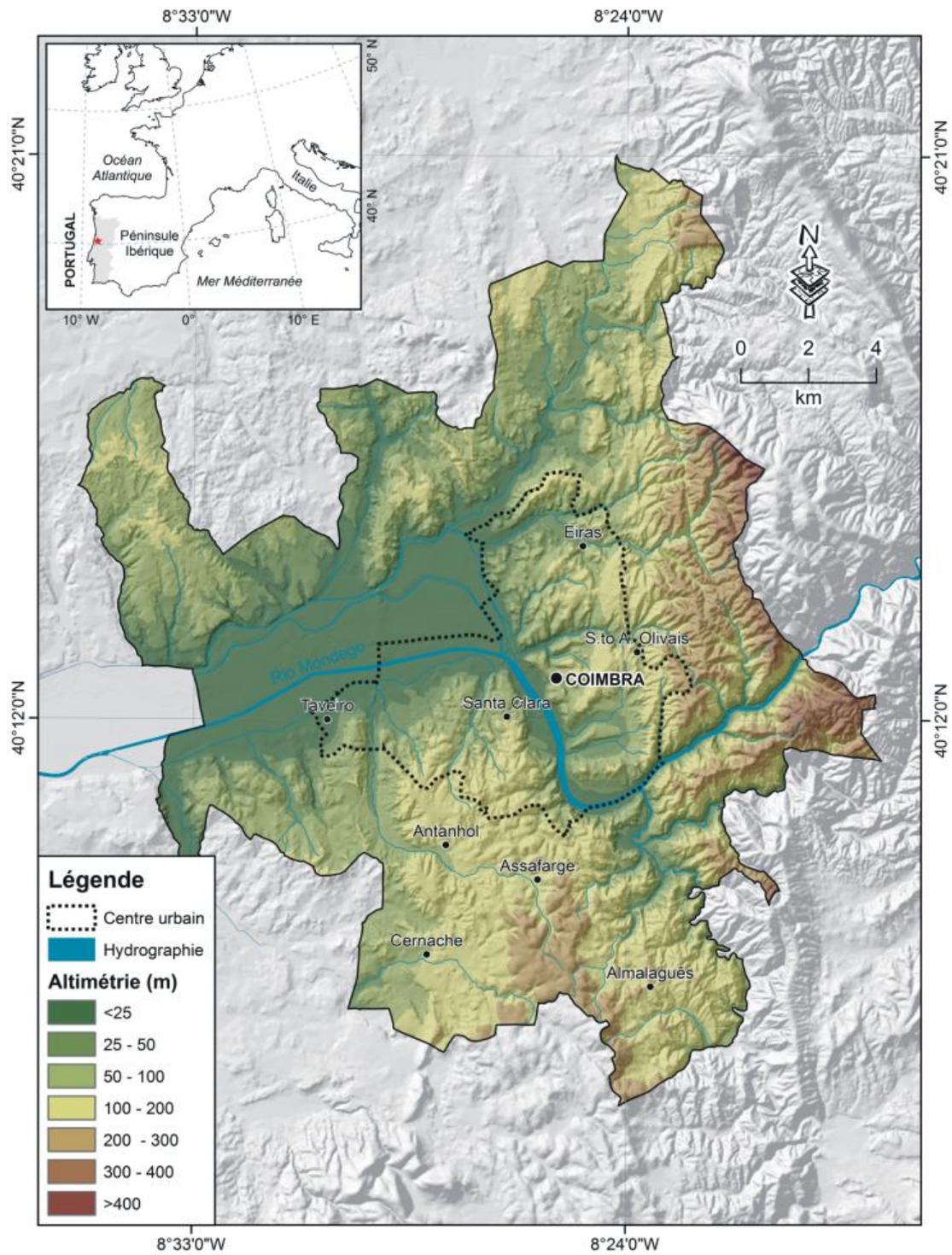
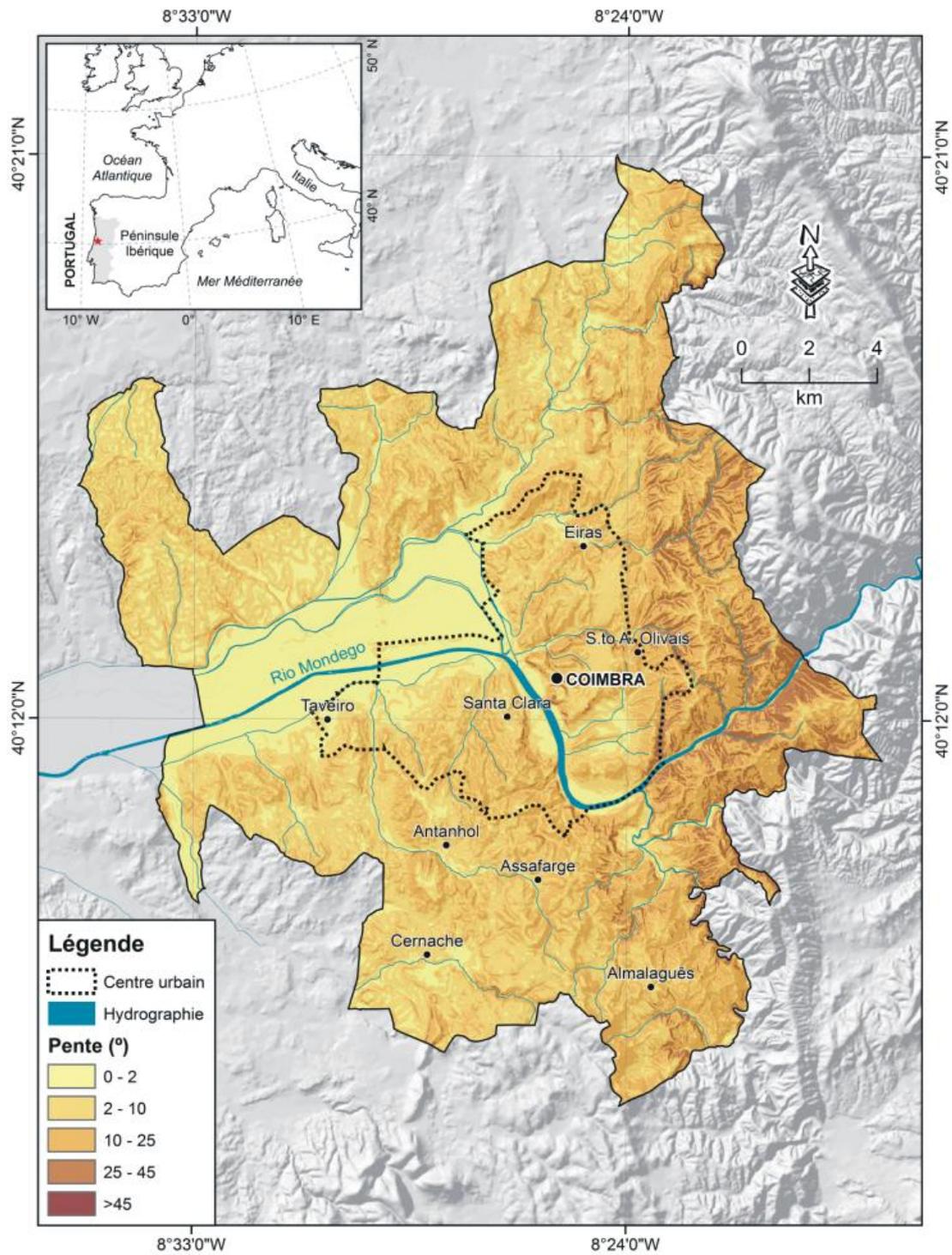


Fig. 2 - Carte hypsométrique de Coimbra.



**Fig. 3** - Carte des pentes de Coimbra.

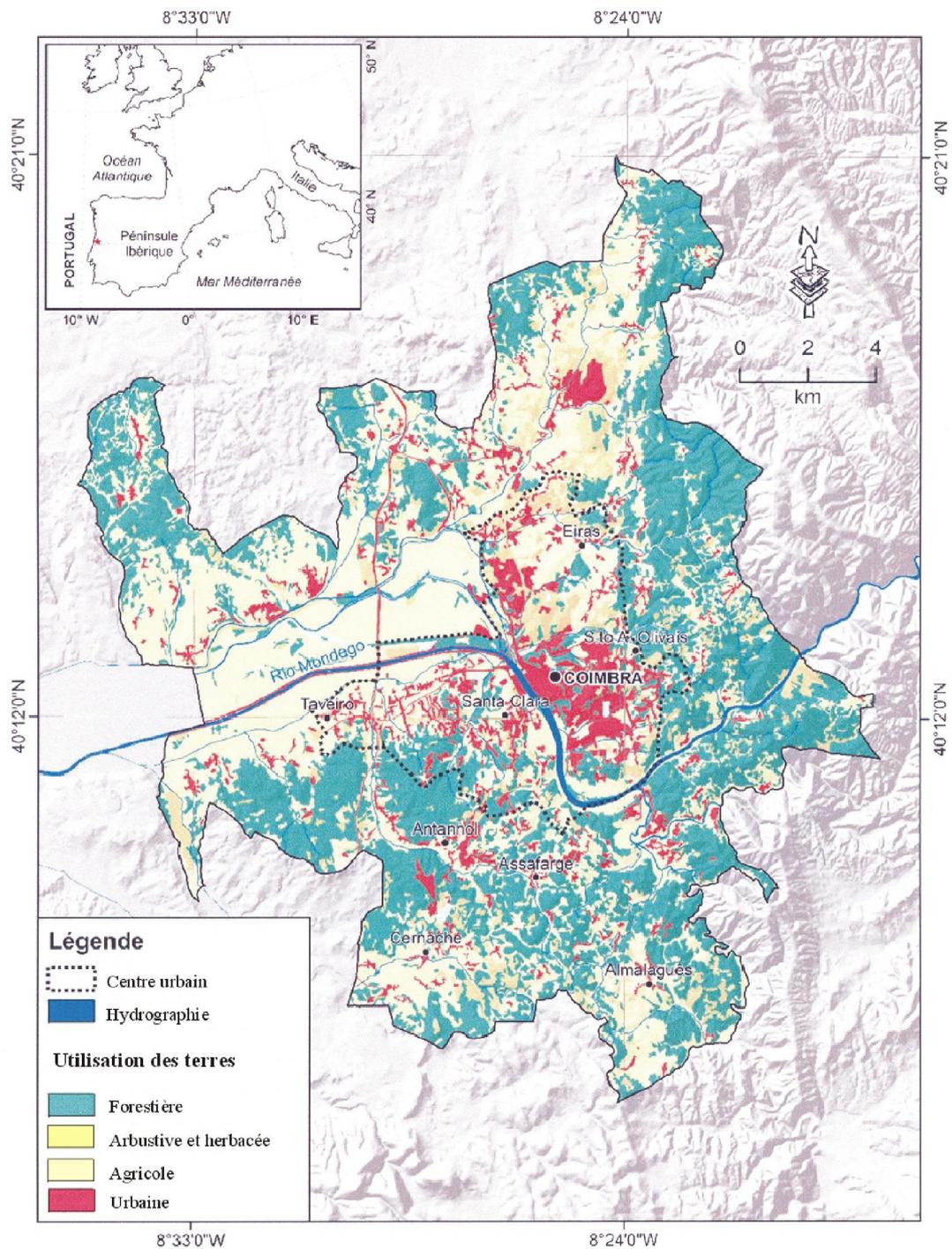


Fig. 4 - Carte de l'utilisation des terres de Coimbra.

Ces caractéristiques ont obligatoirement un impact sur le régime d'écoulement des principaux cours d'eau, en particulier pour le rio Mondego qui présente un régime très irrégulier, presque de type torrentiel, ayant des valeurs de débits à Coimbra, avant la construction d'un système de barrages dans les années 1980, qui pouvaient atteindre des valeurs inférieures à 1 m<sup>3</sup>/s pendant les mois d'été comme des valeurs qui dépassaient facilement les 3.000 m<sup>3</sup>/s pendant certains jours les plus pluvieux des mois d'hiver, provoquant de graves inondations dans les terrains en bordure du rio Mondego ainsi que dans la ville de Coimbra, ce qui a marqué son histoire depuis l'époque médiévale (MARTINS, 1940 ; PAIVA, 2006 ; PAIVA, 2011 ; REBELO, 2013).

Malgré des travaux de régulation de l'écoulement, on enregistre encore des crues du rio Mondego, parfois dues à une mauvaise gestion des débits. Ces crues ont provoqué des inondations significatives (2001, 2014 et 2016), bien que sans la gravité des inondations antérieures.

Les figures 5 et 6 représentent les aires bâties et le réseau routier sur le territoire de la municipalité de Coimbra, ainsi que la densité démographique des communes, montrant clairement le rôle essentiel exercé par la ville de Coimbra sur la polarisation de la municipalité (105 842 habitants à l'intérieur de la ville et 143 397 pour l'ensemble de la municipalité).

### LE CLIMAT ET LES RISQUES NATURELS SUR LE TERRITOIRE DE LA MUNICIPALITE DE COIMBRA

À l'exception du risque sismique dont la municipalité de Coimbra n'est pas complètement à l'abri, tous les autres risques naturels auxquels la ville et la municipalité sont soumis, sont liés directement ou indirectement aux caractéristiques climatiques.

Parmi les risques climatiques directs (Fig. 7), il convient de souligner les vagues de chaleur et de froid, la sécheresse et certains épisodes extrêmes tels que des épisodes de brouillard, des tempêtes et des vents forts capables d'influer et de conditionner la vie des citoyens de Coimbra. Mais les principaux processus potentiellement dangereux en termes de risques naturels tels que les mouvements de terrain, les inondations et les incendies de forêt sont liés également aux conditions climatiques extrêmes, typiques du climat méditerranéen, qui touchent souvent Coimbra. En ce qui concerne les deux premiers cas, il est nécessaire d'établir une relation avec les précipitations intenses et continues de l'hiver méditerranéen. Par contre, les incendies de forêt sont liés à des étés chauds et secs.

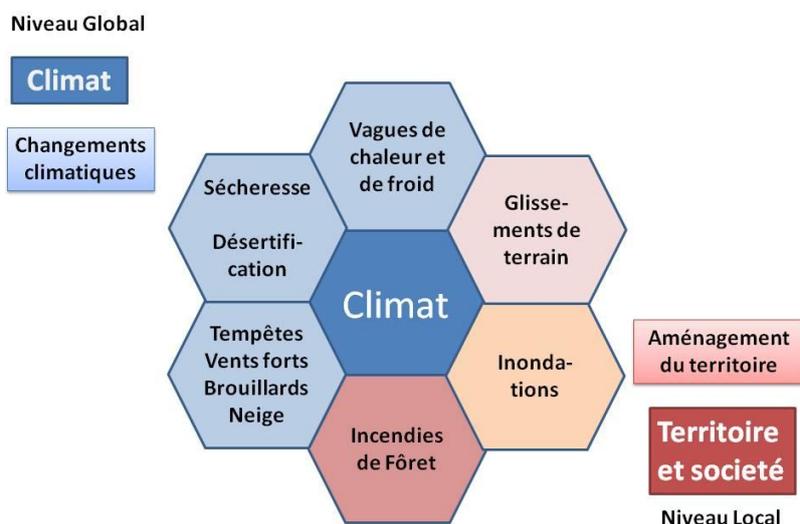
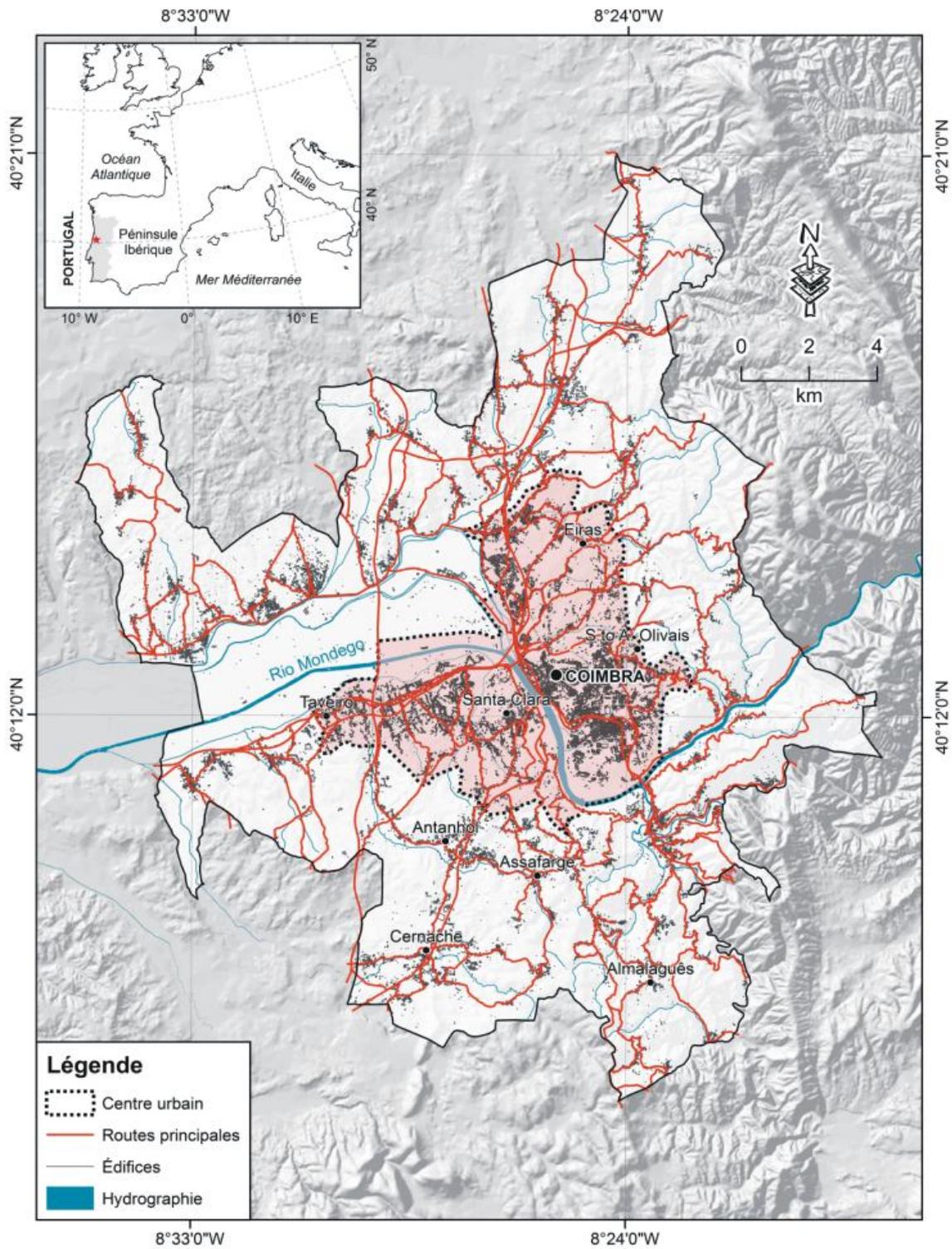


Fig. 7 - Cadre conceptuel sur l'importance du climat dans l'évaluation des risques naturels.

Lorsque nous établissons une relation entre le climat et les processus potentiellement dangereux ainsi que les catastrophes naturelles, nous évoquons, en règle générale, les changements climatiques



**Fig. 5** - Carte de l'urbanisation et du réseau routier de Coimbra.

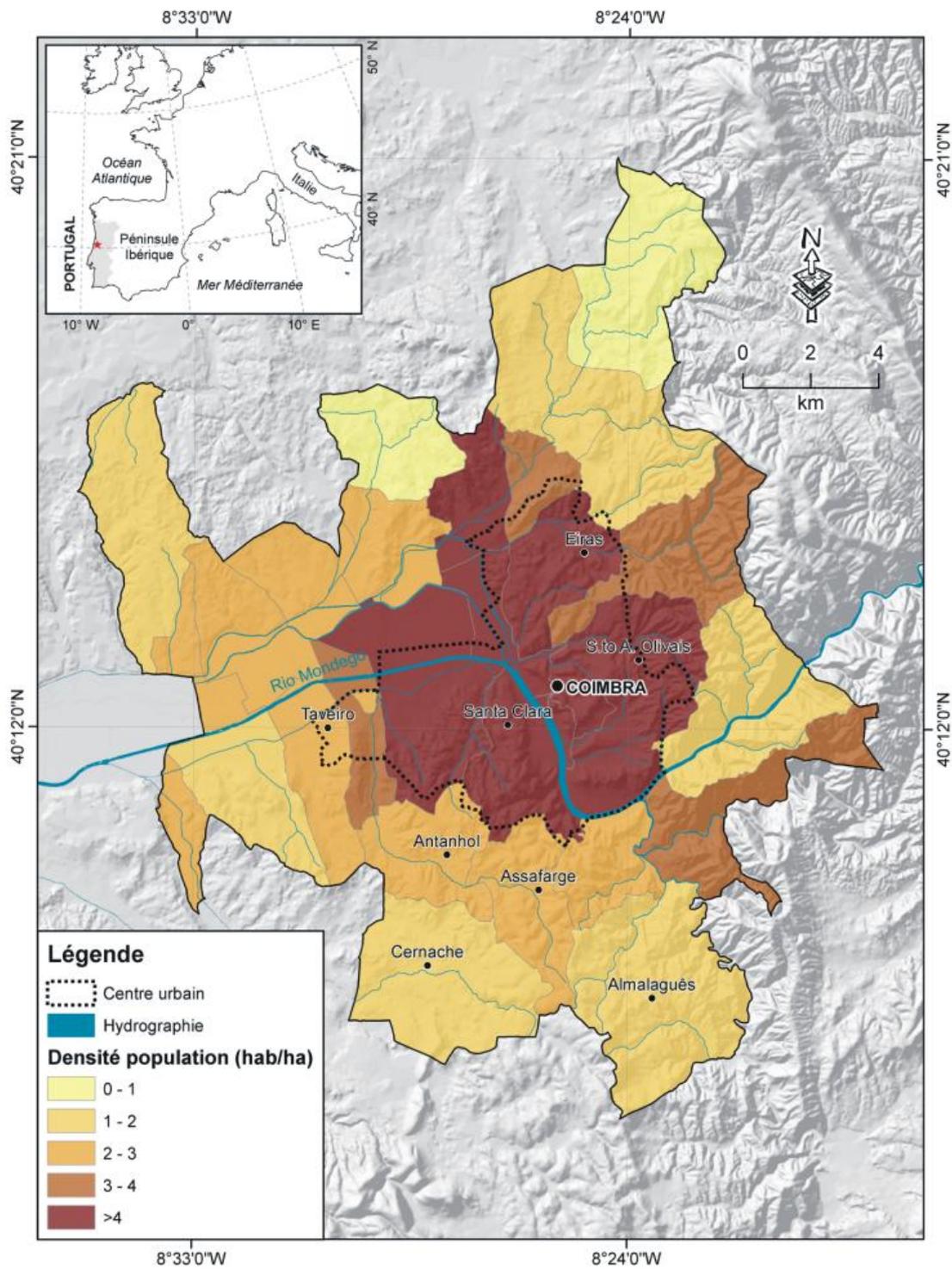


Fig. 6 - Carte de la densité démographique de Coimbra.

globaux (IPCC, 2014) comme étant une des causes principales de l'augmentation de ces processus et de ces catastrophes. L'augmentation apparente de certaines de ces manifestations est même souvent présentée comme l'une des preuves de ce que l'on nomme «le réchauffement global». Sans remettre en cause, entre nous, les changements climatiques dont les dimensions et les causes requièrent une évaluation plus rigoureuse, nous tenons à souligner l'importance des causes locales notamment celles qui se réfèrent aux politiques et aux pratiques d'aménagement du territoire urbain et rural (OZER, 2014), au déclenchement, à l'intensification des processus et à l'augmentation des conséquences des processus dangereux signalés comme déterminants pour Coimbra (les mouvements de terrain, les inondations et les incendies de forêt).

En réalité, avant de les associer à l'augmentation prévue de la concentration des précipitations durant les mois d'hiver (SANTOS & MIRANDA, 2006), les mouvements de terrain sur les versants sont associés à la mise en œuvre de remblais et de travaux de terrassements en vue de la construction de voies de communication et de grandes infrastructures commerciales, ainsi que par la dégradation de nombreux aménagements agricoles progressivement abandonnés sur le Massif marginal de Coimbra. Les inondations successives, qui se rapportent aux variations du débit du rio Mondego, seraient liées à une mauvaise gestion des barrages situés en amont de Coimbra, et surtout en raison de l'occupation inappropriée, tout au long de la plaine alluviale par des constructions de bâtiments à des fins diverses, notamment dans la perspective, qui allait s'avérer incorrecte, que les travaux de régulation (en particulier la construction du barrage d'Aguieira) allaient apporter au rio Mondego les conditions de sécurité contre les inondations que les populations riveraines avaient sollicitées. Outre ces dernières, les inondations soudaines urbaines qui touchent chaque fois davantage plusieurs endroits de la ville tels que Praça 8 de Maio, Solum, Vale das Flores, Rua do Brasil, Vale de Coselhas (PAIVA, 2006) sont principalement dues à l'imperméabilisation progressive du substrat, à la déforestation des parcelles de petits sous-bassins hydrographiques urbains, ainsi qu'au mauvais aménagement, à une mauvaise exécution ou à un nettoyage défectueux des infrastructures du réseau d'écoulement des eaux pluviales dans la ville.

Par ailleurs, les incendies de forêt ou incendies en milieu rural, dont les causes sont variées et qui, à l'instar des autres cas de risques naturels que nous avons mentionnés dans notre étude, doivent être considérés et étudiés à différentes échelles avant même d'être attribués au réchauffement des mois d'été, ceux-ci doivent être expliqués par le manque d'aménagement forestier au niveau régional et municipal, par l'urbanisation diffuse qui contribue à augmenter les zones d'interface urbain-forestier et surtout par la difficulté de mettre en place des bandes de gestion de combustibles autour des routes, des maisons et d'autres infrastructures construites.

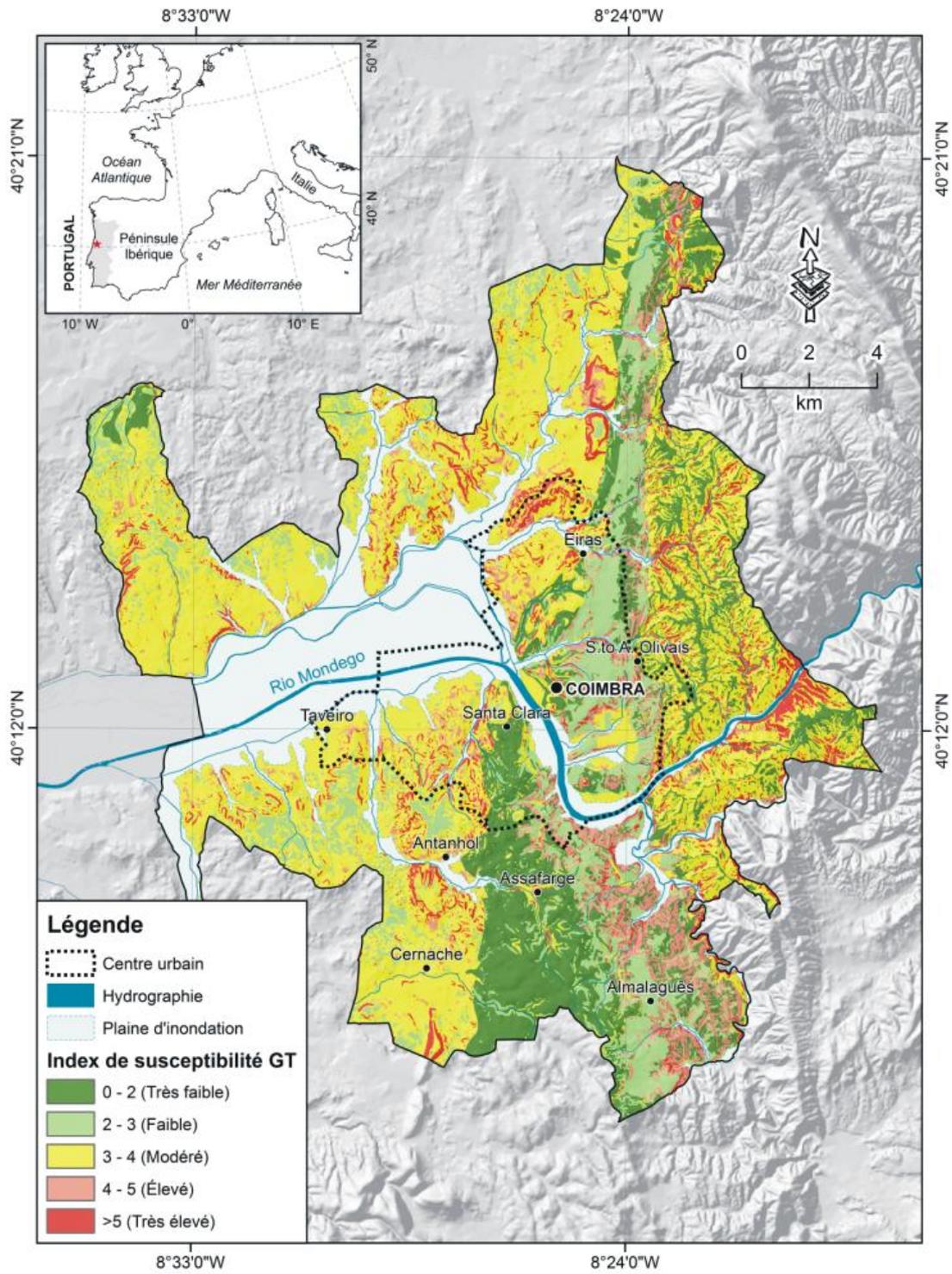
En d'autres termes, le rôle du climat, soit en ce qui concerne les risques climatiques directs ou les risques climatiques indirects, tels que ceux abordés, doit être considéré, compris et étudié dans une pensée globale: il nous sera impossible d'ignorer en toile de fond, les changements climatiques, mais c'est principalement l'intervention locale où seul un aménagement correct du territoire, notamment celui qui trouve son expression à l'échelle municipale, peut faire l'objet d'étude, d'intervention et de l'éventuelle résolution de problèmes, aussi bien au niveau de l'atténuation des processus potentiellement dangereux que de la réduction de leurs impacts sur les populations et leurs biens.

Nous présenterons par la suite, les cartographies de la susceptibilité aux glissements de terrain, aux incendies de forêt et aux inondations élaborées selon différentes méthodologies, par la municipalité de Coimbra, dans la perspective de construction d'un indice multi-susceptibilités ou multi-aléas, ayant une signification en terme d'Aménagement du Territoire.

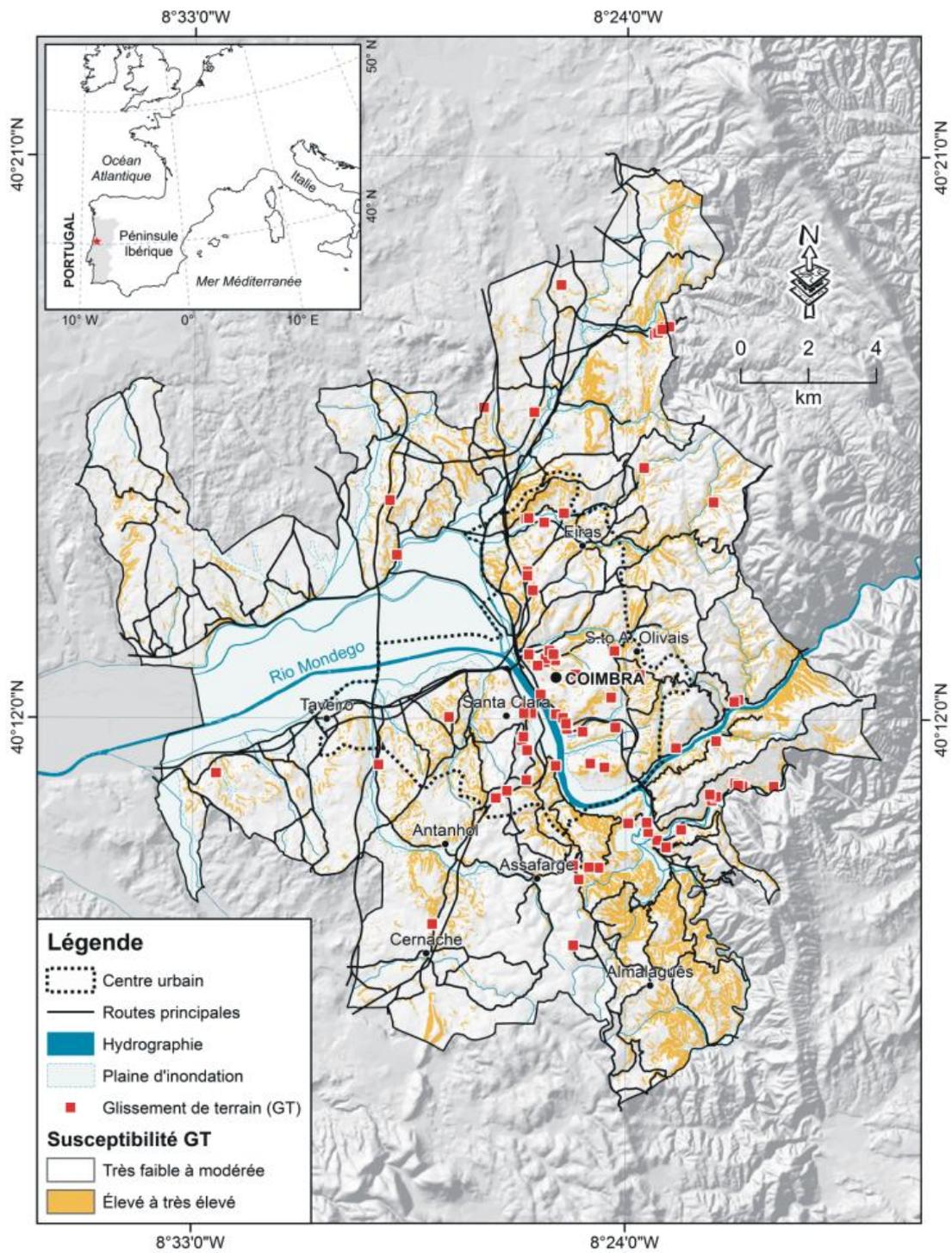
## **LES GLISSEMENTS DE TERRAIN (GT)**

La cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain au niveau des versants (glissements de terrain et flux de terres, principalement) a été fondée sur la méthodologie décrite par DIMUCCIO *et al.* (2006) pour évaluer la susceptibilité dans une petite zone au sud de Coimbra et maintenant appliquée à l'ensemble du territoire municipal.

Les facteurs de conditions utilisés sont: les pentes, la lithologie et l'utilisation du sol, préalablement classés selon des différents degrés de susceptibilité. La pondération de ces classements



**Fig. 8** - Carte de susceptibilité aux glissements de terrain (GT) de Coimbra.



**Fig. 9** - Carte de susceptibilité aux glissements de terrain (GT) de Coimbra.

au sein de chacun des facteurs a été établie grâce à un modèle de régression linéaire, en tenant compte de la répartition des mouvements répertoriés, l'hiver 2000/2001 (CUNHA & DIMUCCIO, 2002). La pondération des facteurs a été établie grâce à la méthodologie des réseaux de neurones artificiels (voir DIMUCCIO *et al.*, 2006).

Les résultats (Fig. 8) révèlent une répartition de la susceptibilité qui met clairement en évidence l'importance des versants pentus du Massif marginal de Coimbra, sculptés dans des matériaux schisteux, pas toujours très cohérents, en particulier ceux à usage principalement agricole. Les zones en pente au contact entre les roches carbonatées et les roches détritiques ne sont pas fixes et sont délimitées stratigraphiquement au-dessous et au-dessus, principalement quand le sol est à usage agricole ou est recouvert par des formations végétales dégradées (herbes et arbustes).

La validation des résultats, ou au moins une perception visuelle de la validité du modèle peut être faite en comparant les zones de grande susceptibilité avec l'emplacement des principaux mouvements détectés dans la municipalité, au cours de la période 2000/2013, tout en sachant que ceux-ci sont également directement associés aux routes principales (Fig. 9).

### **LES INCENDIES DE FORET (IF)**

La carte de susceptibilité aux incendies de forêt a été établie grâce à la méthodologie CRIF (cartographie des risques d'incendie de forêt; CRIF, 2004) proposée par l'IGP (Institut géographique portugais). Il s'agit d'une analyse multicritère réalisée par un groupe d'experts chargé d'établir les facteurs de conditions, leur poids relatif ainsi que le poids de chaque classement.

Les facteurs explicatifs ou de contrainte de la distribution spatiale de la susceptibilité ont été sélectionnés: le type d'occupation du sol, la contiguïté des espaces forestiers, les pentes, l'exposition des versants, les distances par rapport au réseau hydrographique et au réseau routier, la distribution des points d'eau, le temps de déplacement des pompiers et les bassins de vision axés sur les tours de surveillance d'incendies.

La carte révèle l'importance des versants inclinés et boisés de pins et d'eucalyptus dans la définition des zones avec le plus de susceptibilité. Ceci est particulièrement évident dans le Massif marginal de Coimbra, ainsi que dans la zone sud-ouest de la municipalité, située au sud du rio Mondego, en raison de l'abandon de l'agriculture et de son remplacement par des forêts de pins et d'eucalyptus notamment (Fig. 10 et 11).

Le modèle révèle une bonne adaptation à la réalité, surtout lorsque nous faisons la comparaison visuelle des zones de haute et de très haute sensibilité dans les zones brûlées par les incendies de forêt qui ont touché la municipalité, pendant la période de 1990 à 2007.

### **LES INONDATIONS (IN)**

Finalement, la susceptibilité aux inondations est représentée sur la carte de la figure 12 et révèle la susceptibilité aux inondations progressives, associées à des crues d'hiver du rio Mondego et de ses plus importants affluents, telles que les inondations rapides en territoire urbain résultant du changement des conditions hydrologiques par imposition des processus d'urbanisation (imperméabilisation, déforestation, canalisation des conduites d'eau, etc.). La méthode utilisée dans la représentation de la susceptibilité a été la méthode historico-géomorphologique (TAVARES & CUNHA, 2008) ce qui correspond à une simple représentation cartographique des espaces habituellement inondés par les deux types de processus.

La principale zone de forte susceptibilité aux inondations correspond à la plaine alluviale du rio Mondego qui part de Coimbra et qui se prolonge jusqu'en aval (Fig. 12). Cette zone comprend également les ramifications des principaux affluents, en particulier le rio Ceira, la Ribeira dos Fornos et le Vala de Ega. Il y a, cependant, également de petites zones à l'échelle de la ville, susceptibles d'être touchées par des inondations urbaines rapides, dans le Vale da Ribeira de Coselhas (CUNHA & ROCHA, 1997) et dans le Vale das Flores.

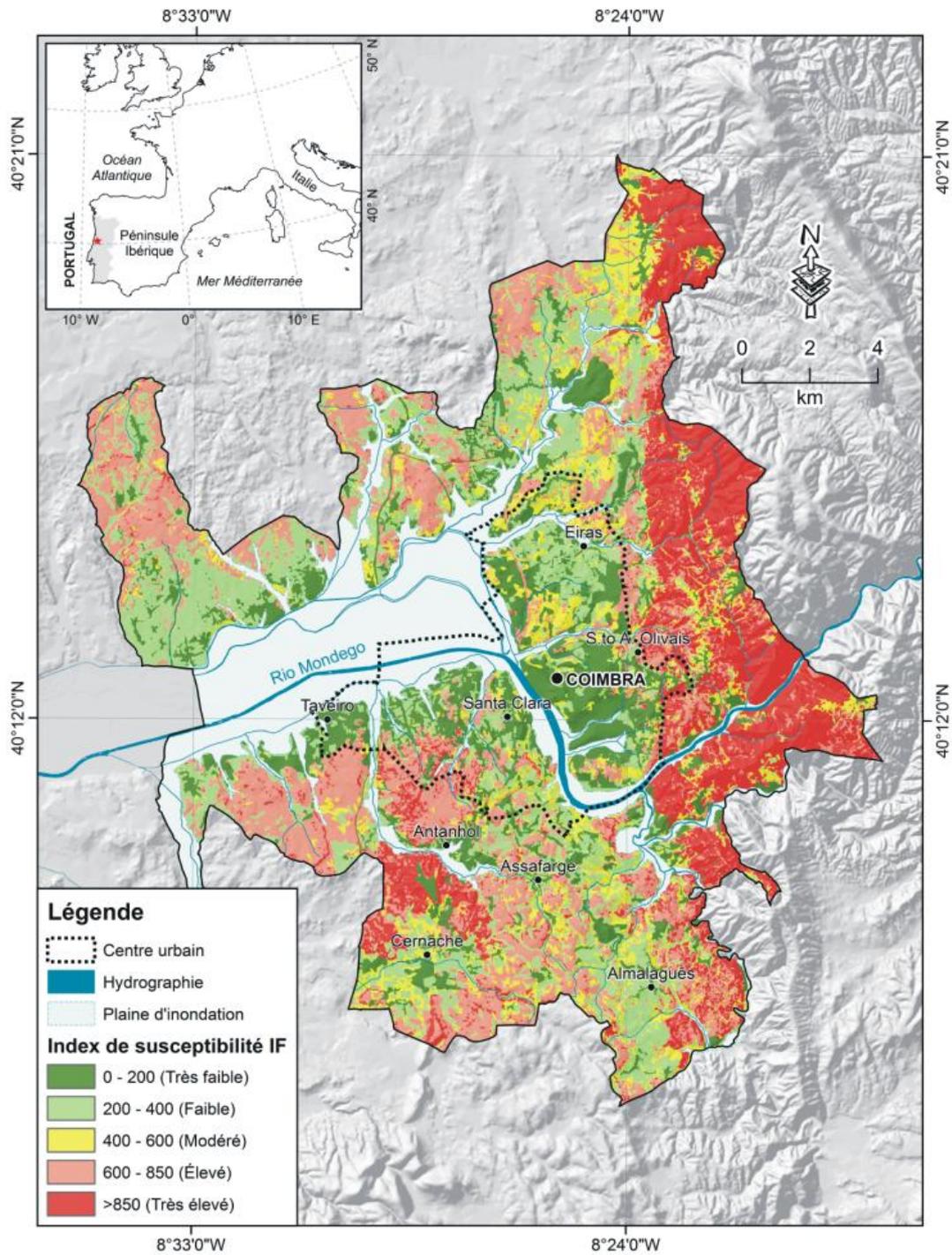


Fig. 10 - Carte de susceptibilité aux incendies de forêt (IF) à Coimbra.

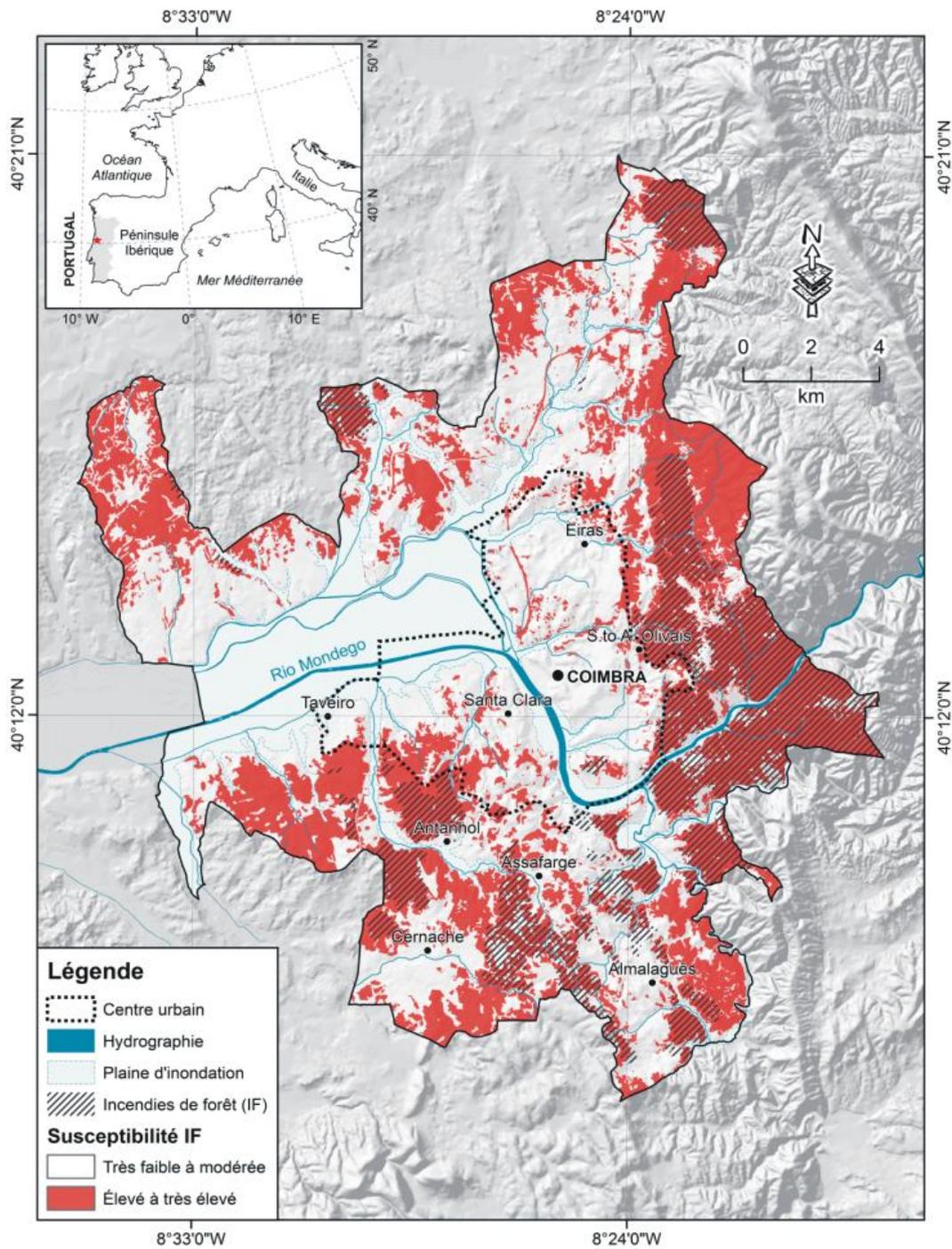
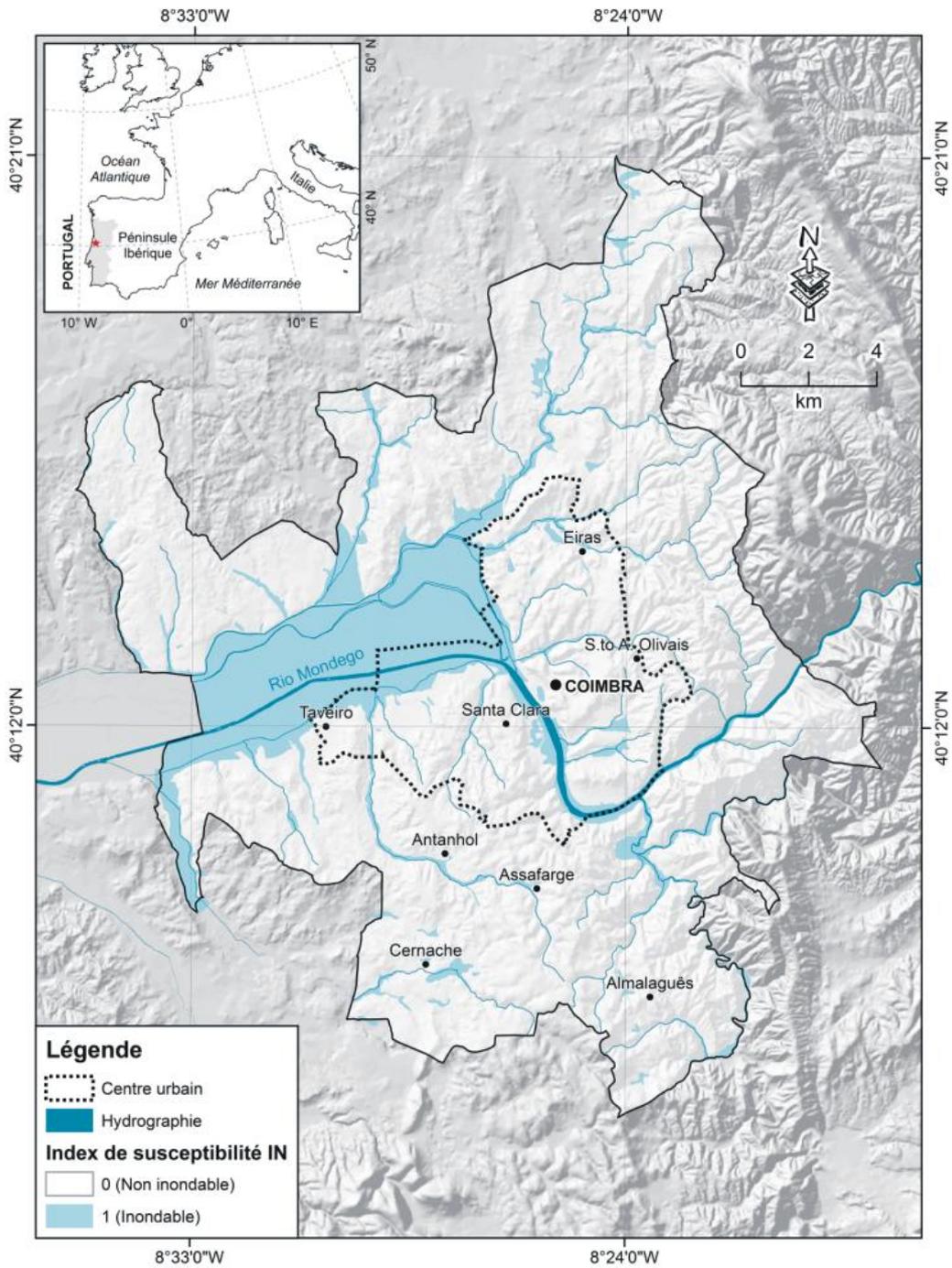


Fig. 11 - Carte de susceptibilité aux incendies de forêt (IF) et comparaison des zones brûlées (1990-2007) avec les zones de haute et de très haute susceptibilité, à Coimbra.



**Fig. 12** - Carte de susceptibilité aux inondations (IN) de Coimbra (d'après TAVARES & CUNHA, 2008, *modifié*).

## UNE ANALYSE MULTIRISQUES, MULTI-ALEAS OU MULTI-SUSCEPTIBILITES

Parmi les divers éléments du risque (susceptibilité, probabilité, aléa et vulnérabilité), on entend que la susceptibilité, plus exactement, le degré d'incidence spatiale des processus potentiellement dangereux, c'est celle qui présente le plus d'intérêt en termes d'aménagement du territoire, à l'échelle municipale. Connaître la localisation et les caractéristiques des zones les plus sensibles à l'apparition des processus dangereux peut aider les décideurs à établir des limitations en ce qui concerne l'utilisation du territoire, en mesure d'empêcher l'exposition des populations et de leurs biens à ces mêmes processus.

Par ailleurs, les facteurs de conditionnement utilisés pour développer les modèles de susceptibilité sont les mêmes qui influencent une partie importante de leur probabilité temporelle d'occurrence, autrement dit, dans bien des cas, les lieux où il existe une plus grande probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux donné, sont aussi les lieux où ce phénomène peut se produire le plus souvent. En ce sens, les cartes de susceptibilité peuvent se rapprocher des cartes d'aléas.

Pour la municipalité de Coimbra, nous avons testé cette analyse multi-aléas grâce à deux méthodes cartographiques. Dans la première, nous avons cartographié sur le même document les niveaux élevés et très élevés de probabilité d'occurrence des trois phénomènes dangereux pris en compte (mouvements de terrain, incendies de forêt et inondations). Dans la seconde, nous avons utilisé un indice simple de combinaison de la probabilité d'occurrence des trois phénomènes (Fig. 13 et 14).

Dans un cas comme dans l'autre, la première conclusion qui en ressort est que l'espace urbain de Coimbra semble avoir une localisation idéale, compte tenu de la probabilité d'occurrence des trois processus dangereux en question. Toutefois, il en ressort des restrictions, en ce qui concerne l'usage social du territoire municipal et, en particulier, l'expansion de la ville, même si celle-ci s'est effectuée, ces dernières années, de façon diffuse, par la construction d'habitations dispersées au détriment des terres en milieu rural (agriculture et forêt) tout autour de la ville. Les limites d'utilisation sont particulièrement fortes à l'ouest, sur la plaine alluviale du rio Mondego, pour cause de probabilité d'inondations et à l'est, sur le Massif marginal de Coimbra, pour cause de forte probabilité d'occurrence d'incendies de forêt et de glissements de terrain. Au nord et au sud de la ville, les limitations sont moindres, bien que, surtout au sud, la probabilité d'occurrence de glissements de terrain soit significative et implique ou justifie des mesures et des coûts particuliers en ce qui concerne la construction.

## CONCLUSION

Par sa position dans le contexte climatique régional, le relief environnant et la présence du rio Mondego, la municipalité de Coimbra présente un ensemble significatif de risques naturels, parmi lesquels, il en ressort trois, ici présentés (glissements de terrain, incendies de forêt et inondations). Les modèles utilisés permettent une bonne adaptation à la réalité de la municipalité et la cartographie réalisée peut constituer un excellent outil en ce qui concerne l'aménagement du territoire.

Cependant, tout ce travail peut être nettement amélioré: (1) en incluant les risques climatiques directs; (2) en incluant les différentes expositions et vulnérabilités; et (3) en créant un index multi-aléas et, éventuellement, multirisques plus complet.

Quoi qu'il en soit, l'analyse des risques à l'échelle municipale soulève d'importants défis. La gestion des risques doit être fondée sur les principes de la complexité (des processus dangereux et de l'interaction nature-société), de l'incertitude (quand, comment et où ?), de la prudence et de la responsabilité (par les politiques et les actions de gestion). Il est important d'apprendre et de tirer des leçons de tous les événements passés afin de comprendre s'il est plus urgent d'investir dans la prévention, l'atténuation, l'aide ou la récupération ou bien dans toutes ces phases du processus de gestion du risque ?

Une dernière note pour démystifier l'importance des changements climatiques dans l'implantation des risques et plus encore dans tout ce qui a trait à sa gestion. Si, en effet, à l'échelle mondiale il y a des changements significatifs dans les conditions climatiques, indépendamment de leurs causes, les perturbations environnementales qui se traduisent en risques à l'échelle municipale ne

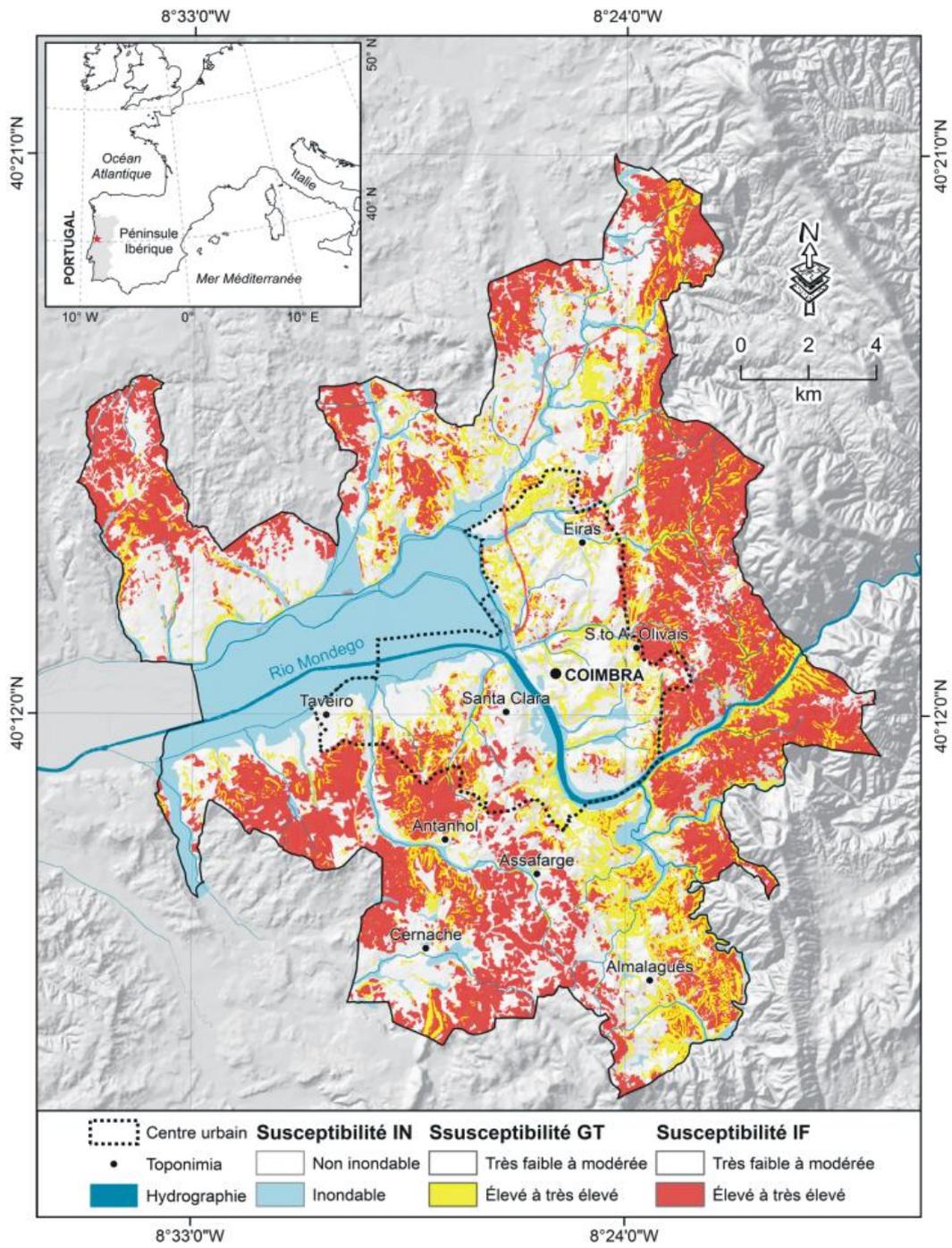


Fig. 13 - Cartographie multi-aléas de la municipalité de Coimbra (plus détaillée dans le texte).

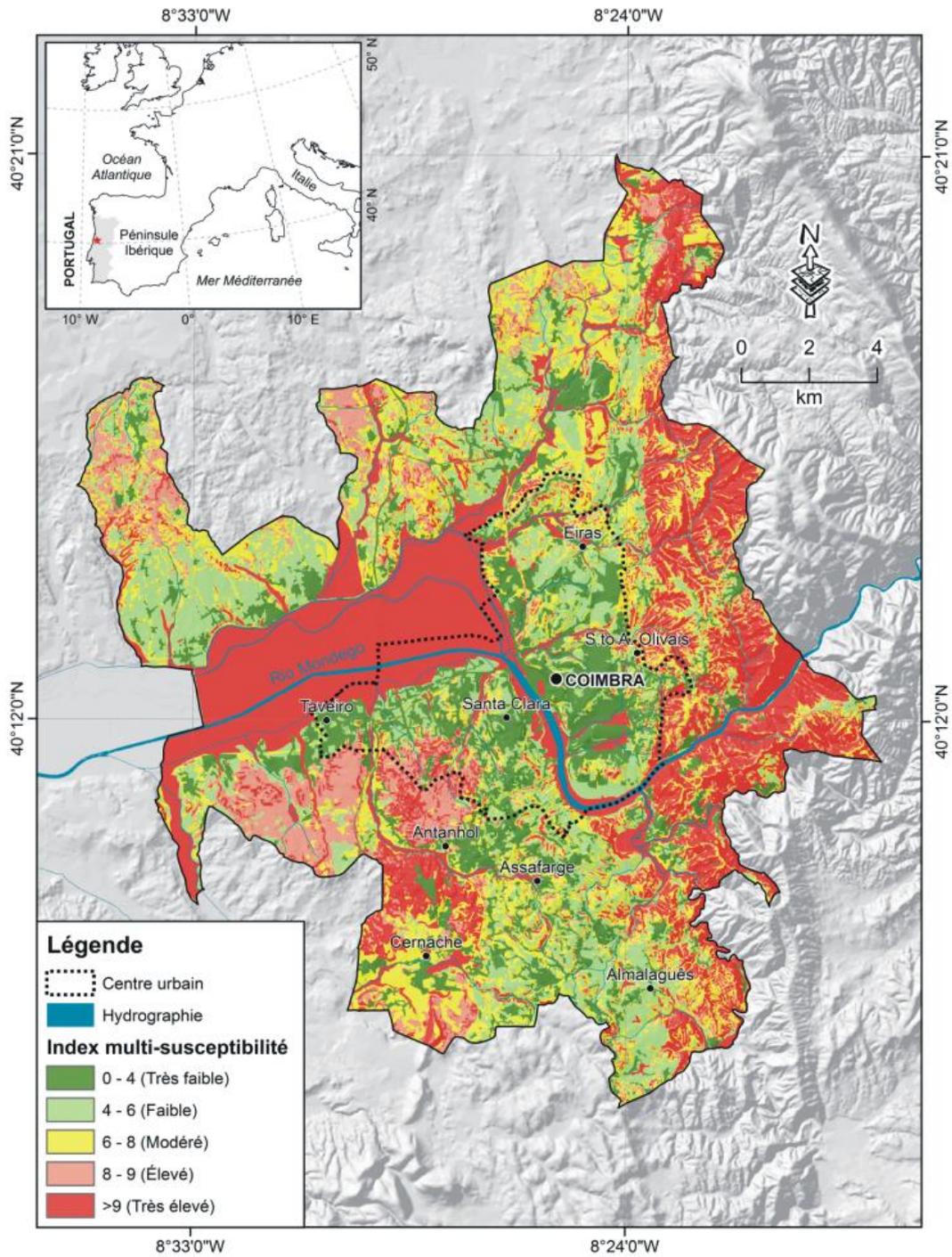


Fig. 14 - Cartographie multi-aléas de la municipalité de Coimbra (plus détaillée dans le texte).

peuvent et ne doivent pas être liées directement à ceux-ci. Elles sont liées aux politiques et aux pratiques d'aménagement du territoire, à la concentration urbaine qui se fait dans un mode spéculatif, ce qui entraîne des conditions d'inégalité et, voire même, de marginalité sociale, ainsi que dans la mise en place de la prévention, du secours et de la récupération face aux phénomènes potentiellement dangereux.

Pour conclure, nous tenons à faire référence à l'importance de la cartographie dans les processus de la gestion des risques. Les cartes sont le mode d'expression privilégié des phénomènes géographiques de risque, tout en répondant aux modèles de prévision et de gestion, en accompagnant les techniciens qui travaillent sur le territoire (géographes, géologues, ingénieurs, architectes, etc.) dans leur relation interdisciplinaire avec les techniciens responsables de la gestion des risques, de la protection civile et les décideurs politiques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CRIF, 2004. Cartografia do Risco de Incêndio Florestal. Relatório do Distrito de Viseu. Instituto Geográfico Português (IGP), Lisboa, 73 p.
- CUNHA L. & DIMUCCIO L.A., 2002. Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra. *Territorium*, 9: 37-51.
- CUNHA L. & ROCHA R. 1997. Ensino da Geografia e Riscos Naturais. Reflexões a propósito de um mapa de riscos naturais do vale de Coselhas (Coimbra). *Cadernos de Geografia*, 16: 25-38.
- CUNHA L., SOARES A.F., TAVARES A. & MARQUES J.F., 1999. O julgamento geomorfológico de Coimbra. O testemunho dos depósitos quaternários. *Cadernos de Geografia*, Número especial, 15-26,
- DIMUCCIO L., FERREIRA R. & CUNHA L., 2006. Aplicação de um Modelo de Redes Neurais na Elaboração de Mapas de Susceptibilidade a Movimentos de Vertente: Um Exemplo numa área a Sul de Coimbra (Portugal Central). *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, APGeom, 3: 281-289
- IPCC, 2014. Cambio climático 2014. *Mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas*. OMM, PNUMA, Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 40 p.
- MARTINS A.F., 1940. O esforço do Homem na Bacia do Mondego. Tese de licenciatura em Geografia, Coimbra, 299 p.
- OZER P., 2014. Catastrophes naturelles et aménagement du territoire: de l'intérêt des images Google Earth dans les pays en développement. *Geo-Eco-Trop.*, 38 : 209-220.
- PAIVA I., 2006. Risco de inundação em Coimbra: factores físicos e acção antrópica. As inundações urbanas e as cheias do Mondego. Dissertação de Mestrado em Geografia, Coimbra, 193 p.
- PAIVA I., 2011. A educação ambiental no contexto da investigação em Hidrologia. As cheias do Mondego e as inundações urbanas em Coimbra enquanto caso de estudo. *Iberografias*, CEI, Guarda, vol. Paiva, 2011, 17 : 259-278.
- REBELO F., 1985. Nota sobre o conhecimento geomorfológico da área da região de Coimbra (Portugal). *Memórias e Notícias, Publicação do Mus. Min. Geol. da Universidade de Coimbra*, 100:193-202
- REBELO F., 2013. Coimbra e o Mondego. In: Rebelo F. (Eds.), *Portugal: Geografia, paisagens e interdisciplinaridade*, Imprensa da Universidade de Coimbra, 53-65
- SANTOS F.D. & MIRANDA P., 2006 (Eds.). Alterações climáticas em Portugal - cenários, impactos e medidas de adaptação. Gradiva, Lisboa, 306 p.
- SOARES A.F. & MARQUES J.F., 2004. Os recursos geológicos do Concelho de Coimbra. Câmara Municipal de Coimbra (relatório técnico não publicado).
- SOARES A.F., MARQUES J.F. & ROCHA R.B., 1985. Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Min. Geol. Univ. Coimbra*, 100: 41-71
- SOARES A.F., MARQUES J.F., ROCHA R.E.B., CUNHA P.P., DUARTE L.V., SEQUEIRA A.J.D., DE SOUSA B.M., PEREIRA G.A., GOMES E., PEREIRA E. & ROLA DOS SANTOS J., 2005. Carta Geológica de Portugal, Folha 19-D Coimbra-Lousã. Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P., Departamento de Geologia.
- SOARES A.F., MARQUES J.F. & SEQUEIRA A.J.D., 2007 (Eds.). Notícia explicativa da Folha 19-D Coimbra-Lousã. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Departamento de Geologia, Lisboa, 71 p.
- TAVARES A., 1999. Condicionantes físicas ao planeamento. Análise da susceptibilidade no espaço do concelho de Coimbra. Tese de Doutoramento em Engenharia Geológica, Universidade de Coimbra, 343 p.
- TAVARES A. & CUNHA L., 2004. Espaços de planeamento no concelho de Coimbra. A importância das variáveis biofísicas, demográficas e sociais. *Cadernos de Geografia*, 21/23: 241-254

TAVARES A. & CUNHA L., 2008. Perigosidade natural na gestão territorial: o caso do Município de Coimbra.  
In: *A Terra - conflitos e ordem. Livro de homenagem a A. F. Soares*. MMGUC, 89-100

