



Analyse des risques naturels dans la municipalité de Leiria (Centre du Portugal)

Natural hazards analysis in the municipality of Leiria (Central Portugal)

Anabela Martins RAMOS & Ana GOMES ¹

Abstract : The aim of this work is to study susceptibility, hazard and vulnerability (risk) existing face different hazardous natural processes in the municipality of Leiria (Portugal).

The geographic situation, the diversity of the physical characteristics, the pressure of urban occupation, as well as human interventions make this city an appropriate area to be able to contribute to the decrease of the danger posed by these various natural processes (landslides, mud flows, floods, coastal erosion and earthquakes) studies. The methodology employs a multidisciplinary approach in the areas of the coastal and karst geomorphology, the hydro-climatology, geographic information systems as well as methods of field and laboratory, commonly used in sedimentology, stratigraphy and geomorphology.

To develop the map of landslides susceptibility, we followed the process of hierarchical analysis (AHP - Analytic Hierarchy Process) whose results have proved reliable enough for the scale of the area in question. The recurrence of various phenomena *in situ* allowed us to identify two major areas with high susceptibility to landslides.

The number of daily precipitation data were analysed between 1982 and 2012, assuming that there is a close relationship between the extremes of precipitation and the presence of dangerous process of hydro-geomorphological nature and assuming that natural dangerous processes are sufficiently important events to be reported in the local press due to their social consequences. This is why we have consulted the weekly newspaper *Região de Leiria* (1982-2012), in order to guarantee optimal coverage of the various events that have occurred in the city of Leiria.

Keywords: Leiria (Portugal), Natural hazards, Analytic Hierarchy Process, Regional press.

Résumé : Le but de ce travail est d'étudier la susceptibilité, l'aléa et la vulnérabilité (le risque) existants face aux différents processus naturels dangereux dans la commune de Leiria (Portugal).

La situation géographique, la diversité des caractéristiques physiques, la pression de l'occupation urbaine ainsi que les interventions humaines font de cette ville une zone appropriée pour mener des études capables de contribuer à la diminution du danger que représentent différents processus naturels (glissements de terrain, coulées boueuses, inondations, érosion côtière et tremblements de terre).

La méthodologie a recouru à une approche multidisciplinaire dans les domaines de la géomorphologie côtière et karstique, l'hydro-climatology, les systèmes d'information géographique ainsi que les méthodes de terrain et de laboratoire, couramment utilisées dans la sédimentologie, la stratigraphie et la géomorphologie.

Afin d'élaborer la carte de susceptibilité aux glissements de terrain, nous avons suivi le processus d'analyse hiérarchique (AHP - Analytic Hierarchy Process) dont les résultats se sont avérés suffisamment fiables à l'échelle de la zone d'étude. La récurrence de divers phénomènes *in situ* nous a permis d'identifier deux grandes zones présentant une forte sensibilité aux glissements de terrain.

L'analyse des données quotidiennes de précipitations a été réalisée entre 1982 et 2012, en considérant qu'il existe une étroite relation entre les événements pluviométriques extrêmes et la présence de processus dangereux de nature hydro-géomorphologique et en partant du principe que les processus naturels dangereux sont des événements suffisamment importants pour qu'ils soient signalés dans la presse régionale à cause de leurs conséquences sociales. C'est pour cette raison que nous avons consulté le journal hebdomadaire *Região de Leiria* (1982-2012), afin de garantir une couverture optimale des différents événements qui se sont produits dans la ville de Leiria.

Mots-clés: Leiria (Portugal), risques naturels, processus d'analyse hiérarchique, presse régionale.

¹CITEUC - Centre de Recherche de la Terre et de l'Espace de l'Université de Coimbra. Observatoire Astronomique, Almas de Freire - Sta Clara 3040- 004 Coimbra, Portugal.
e-mail auteurs : Ramos A.M.: ana-baia@sapo.pt / Gomes A. : ana.im.gomes78@gmail.com

INTRODUCTION

Zone d'étude

La municipalité de Leiria se trouve au Portugal, dans la Région Centre (NUT II)^{*} et dans la sous-région du *Pinhal Litoral* (NUT III). Ce district de 126 884 habitants (d'après le recensement de 2011) et d'une superficie de 565 km² est divisé en 18 *freguesias* (communes) et limité par plusieurs municipalités : au nord-nord-ouest par la municipalité de Pombal, à l'est celle de Ourém, au sud Batalha et Porto de Mós, au sud-ouest celle de Alcobaça, à l'ouest par celle Marinha Grande et enfin, au nord-ouest, Leiria est baignée par l'océan Atlantique (Figure 1).

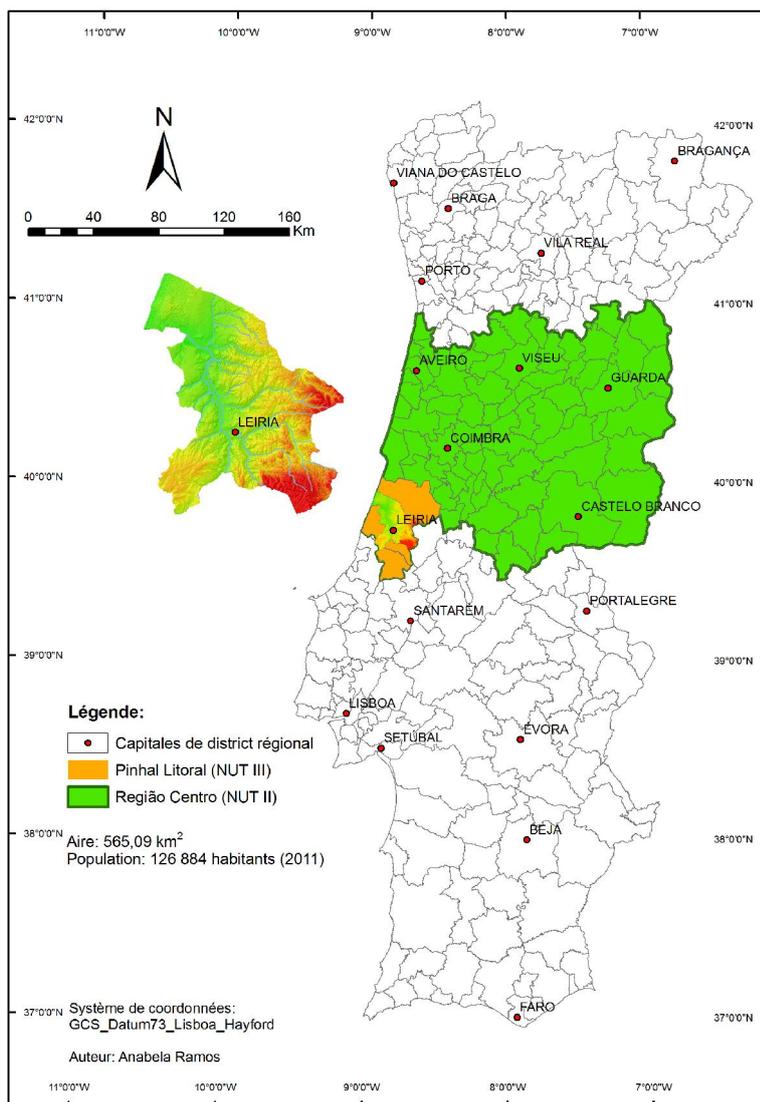


Figure 1 – Localisation de la municipalité de Leiria (Portugal continental).

La ville de Leiria est le centre de ce district (municipalité), située à environ 55 km au sud-ouest de la ville de Coimbra, elle représente le principal centre urbain du Pinhal Litoral et de la communauté urbaine de Leiria, ainsi qu'un important centre de commerces, services et industries (agriculture et élevage, céramique, plastiques et ciment).

^(*) NUTS : Nomenclature d'Unités Territoriales à des fins Statistiques

Leiria est desservie par 4 autoroutes (A1, A8, A17 et A19). On y trouve également la Base aérienne n° 5 (Monte Real).

Parmi les principaux centres d'intérêts touristiques de Leiria se trouvent le château de Leiria de 1135, les thermes du Monte Real, la plage de Pedrógão et l'abri du Menino do Lapedo – une sépulture infantile d'environ 25 mille ans classée comme monument national (<http://www.cm-leiria.pt>). D'autres éléments aux caractéristiques d'avantage géo-patrimoniales font partie des curiosités touristiques. C'est le cas notamment du dôme en dolérite du château de Leiria, de la vallée tiphonique^(*), des formes sédimentaires (de grands blocs roulés de silice), d'un paléo-littoral datant du Pliocène (environ 4 millions d'années) et des sources du fleuve Lis, par exemple.

La présentation de la municipalité de Leiria est particulièrement bien décrite dans les mots de Francisco Rodrigues Lobo (ANDRE, 2009), écrivain originaire de Leiria:

*“Está a fermosa terra situada
Numa planície fresca e deleitosa
A huma rocha íngreme encostada,
Donde o Castelo a mostra mais fermosa;
De dous alegres rios rodeada,
E de fresca verdura graciosa, vales ao redor verdes, sombrios,
Que cortam mansamente os brandos rios”*

*“Cette belle terre est située
Sur une plaine fraîche et charmante
Appuyée contre une roche abrupte,
D'où le Château la montre encore plus belle;
Enlacée par deux fleuves joyeux,
Une verdure rafraîchissante gracieuse, et de vertes et sombres vallées autour,
Qui recourent délicatement les fleuves tranquilles ” (traduction libre)*

Géologie, géomorphologie et territoires à risques

La lithostratigraphie de la municipalité de Leiria présente une grande diversité qui intègre des séries sédimentaires dont les âges vont de l'ère jurassique à nos jours (Figure 2). On y distingue calcaires, grès, marnes, argilites, dômes et filons de roches basiques (RAMOS, 2008). Le réseau de drainage obéit à différents éléments, en fonction de la lithologie et de la structure où il s'installe. Le principal cours d'eau est le fleuve Lis et son affluent, la rivière Lena.

La série sédimentaire du Pliocène (Zancléen), dans la zone de Leiria, se caractérise par des faciès sédimentaires marins (environnement de plage, littoral et plage sous-marine) ce qui la situe, à cette époque, dans une position de paléo-littoral (RAMOS, 2008; RAMOS *et al.*, 2014a).

Cette région est touchée par des alignements néotectoniques orientés N-S, dont un se prolonge au sud de Leiria, jusqu'à la ville de Nazaré (CABRAL & RIBEIRO, 1988). À cet alignement néotectonique, vient s'ajouter un val tiphonique^(*) bien développé avec des centres diapiriques ainsi qu'un grand nombre d'épicentres de phénomènes sismiques, dont les magnitudes maximales, enregistrées ces 20 dernières années, ne dépassent pas la valeur de 4.4 (RAMOS, 2008; RAMOS *et al.*, 2013) (Figure 3).

* vallée tiphonique : « vallée limitée par des failles et dont le fond aurait été soulevé à travers des terrains plus récents au contact desquels il se trouve actuellement sur le pourtour » (CHOFFAT, 1881)

En prenant en compte les caractéristiques physiques de la région : pentes, lithologie, utilisation du sol, hypsométrie, exposition des versants et proximité de la côte ; les susceptibilités aux processus naturels dangereux peuvent être énoncées, en fonction des différentes unités géologiques et géomorphologiques (Figures 4, 5, 6 et 7).

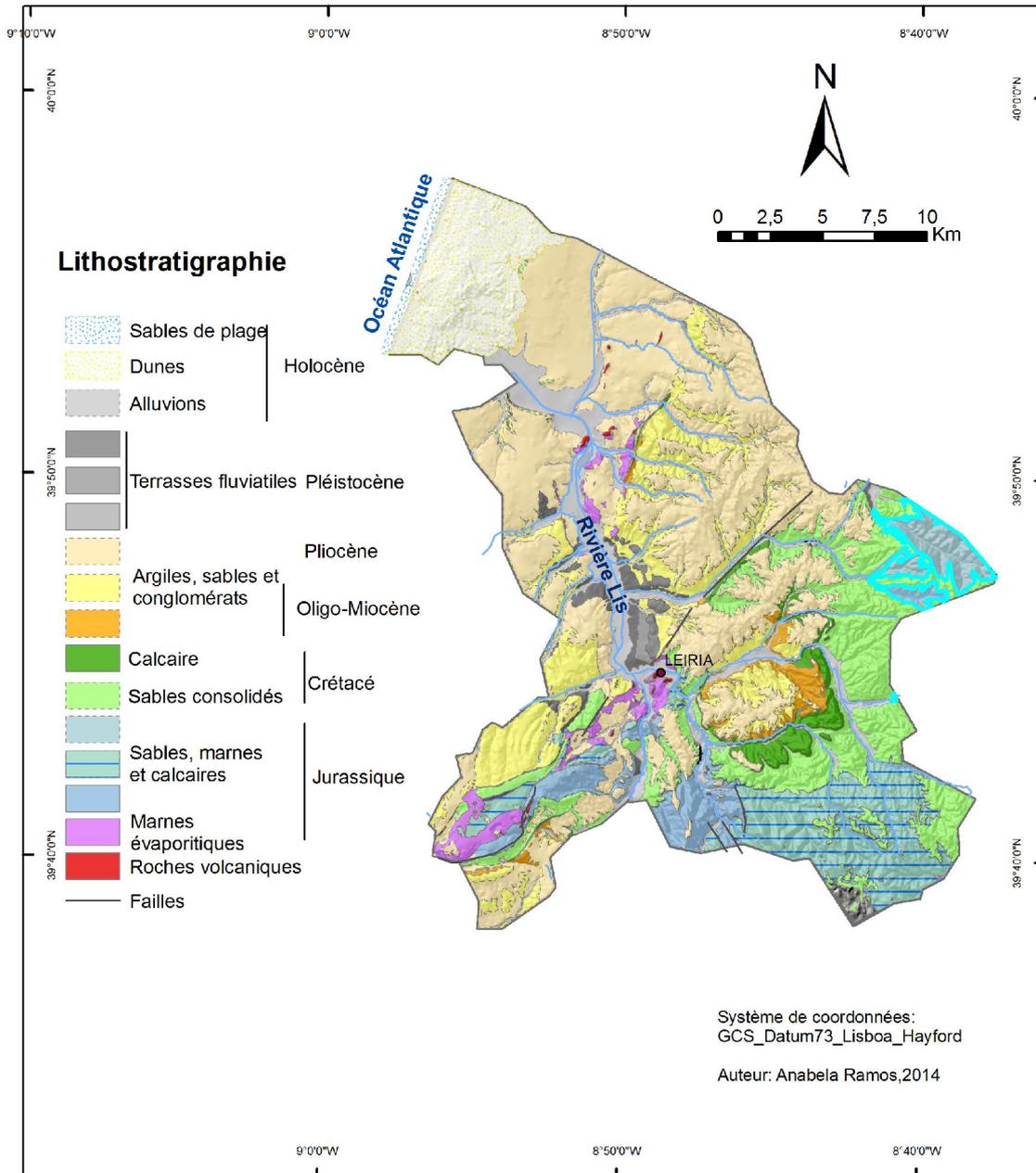


Figure 2 – Lithostratigraphie de la municipalité de Leiria.

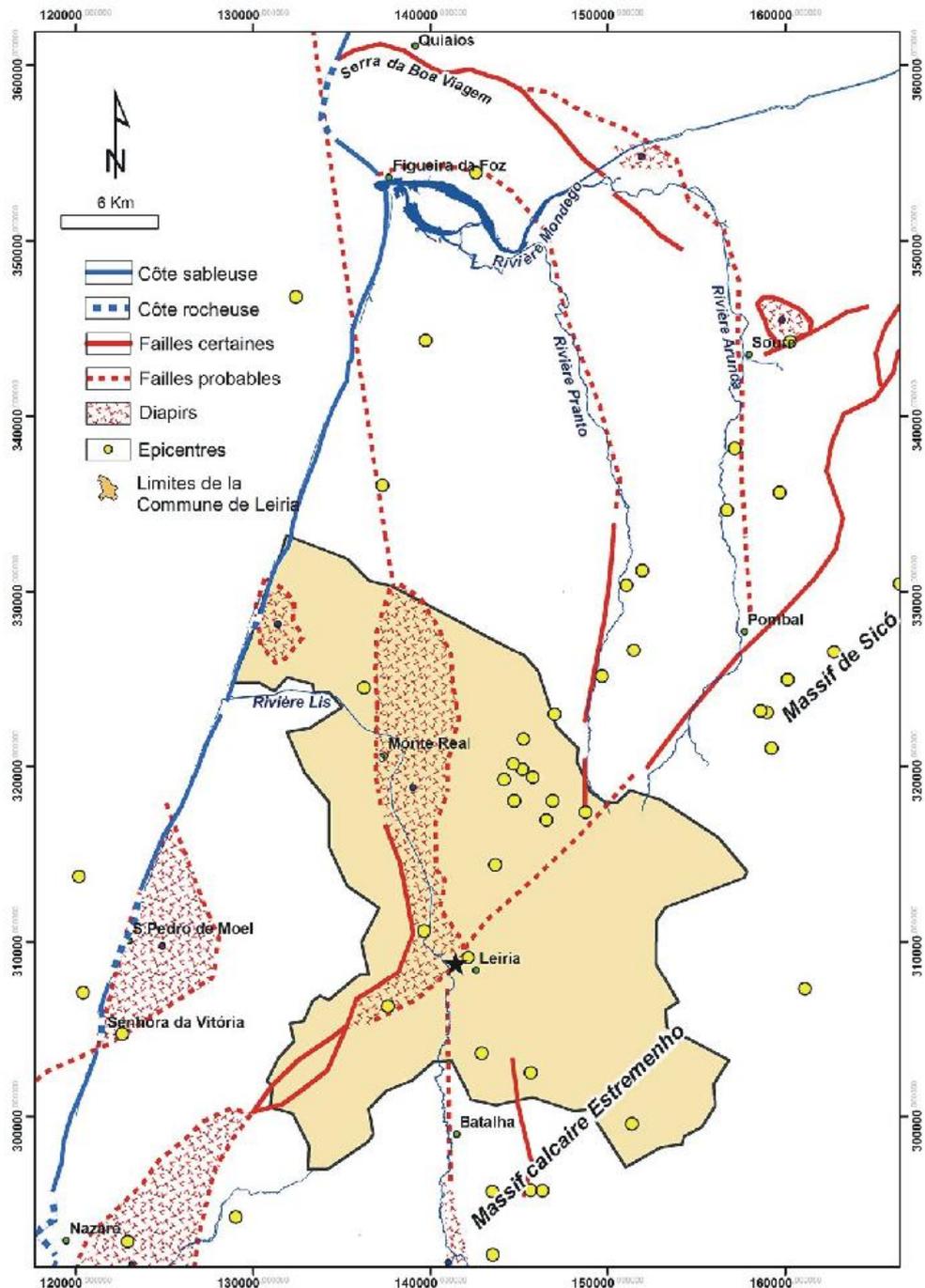


Figure 3 – Cadre néotectonique et distribution des épacentres dans la municipalité de Leiria.

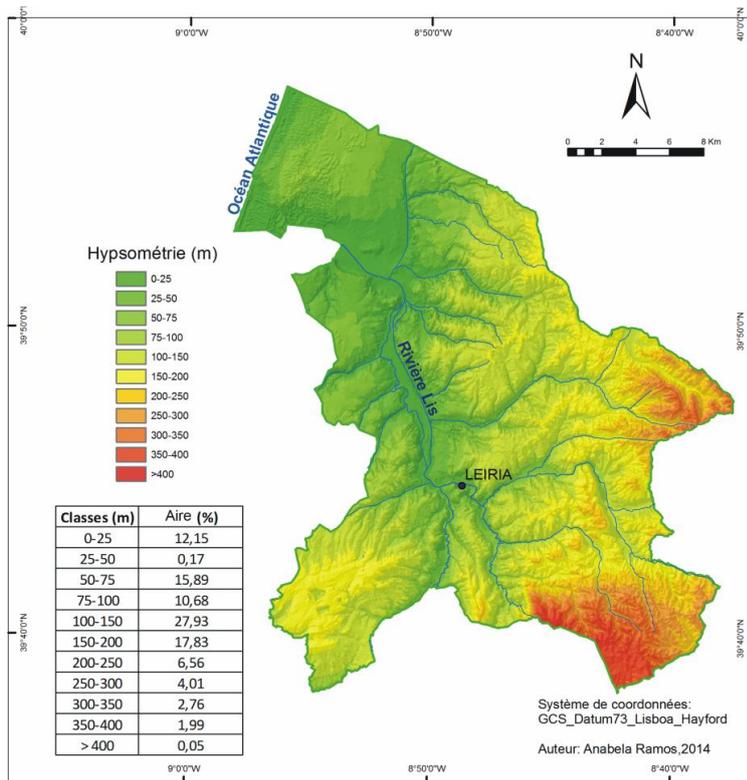


Figure 4 – Carte hypsométrique.

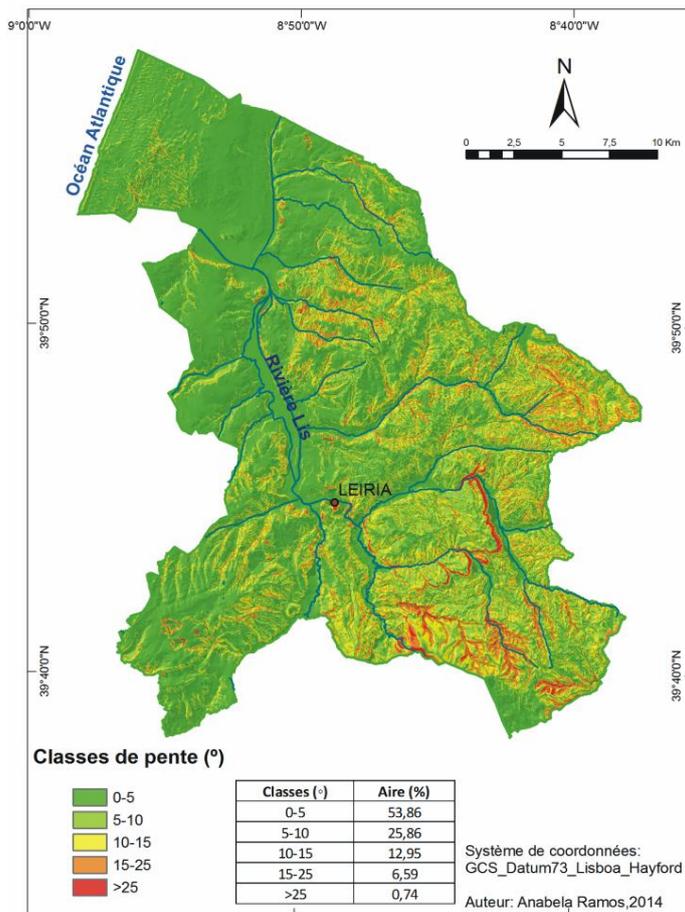


Figure 5 – Carte de pentes.

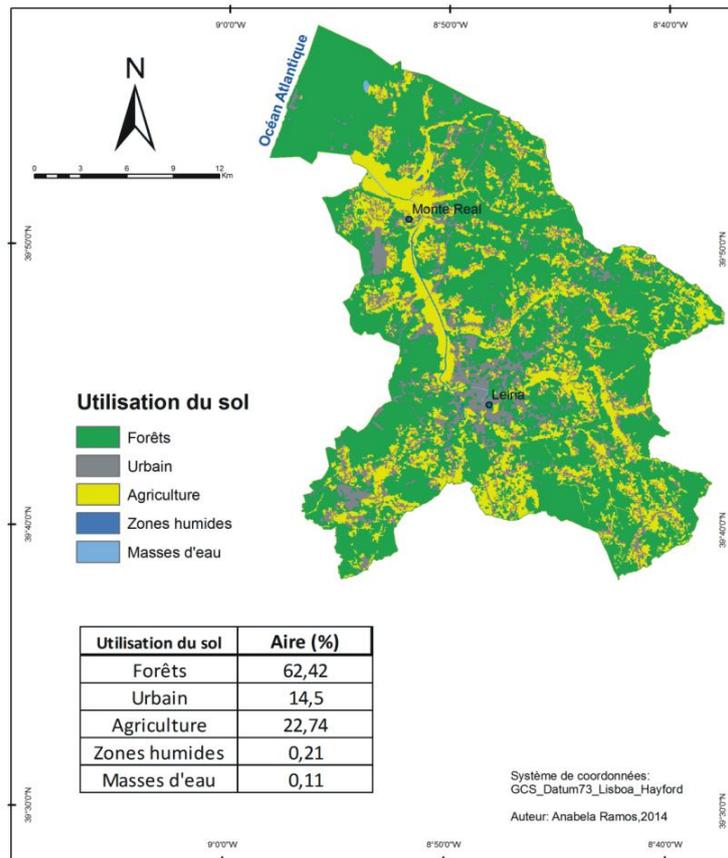


Figure 6 - Carte d'utilisation du sol.

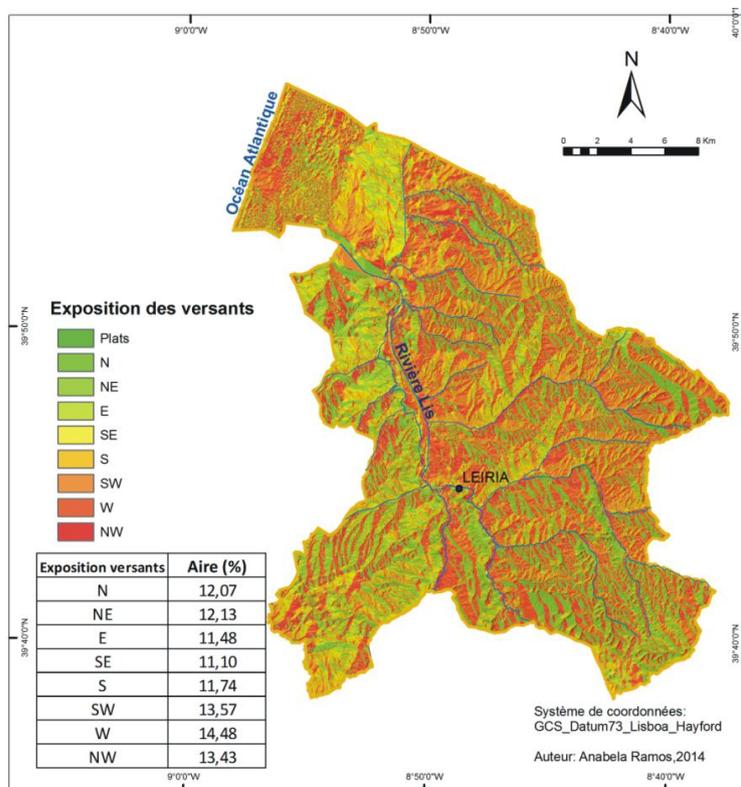


Figure 7 – Carte d'exposition des versants.

Cinq unités principales ont été définies:

1) Une importante unité géomorphologique se trouve à l'est de la zone d'étude et est, représentée par les reliefs calcaires du massif calcaire Estremenho. C'est dans cette unité que l'on enregistre les altitudes les plus élevées et les plus fortes pentes, présentant une susceptibilité aux mouvements de versants (éboulements, glissements et flux), des incendies et des érosions hydriques .

2) A l'ouest, par rapport à la première, il existe un ensemble de collines composées de lithologies moins consolidées (sables plus ou moins cimentés, conglomérats et argiles), à des altitudes autour des 100-120 m et présentant des pentes plus douces. Dans cette unité, il est naturel d'avoir une susceptibilité aux glissements et flux de terres, en particulier dans les zones de contact géologique entre grès ou calcaires et les marnes gypseuses, associées aux situations de pentes raides (ex: talus de routes) ou dans les centres diapiriques (Monte Real).

3) La plaine alluviale avec une susceptibilité très élevée aux crues et aux inondations. Les fleuves Lis et Lena font, depuis longtemps, l'objet de travaux de régularisation du débit, dans le but de réduire le risque de crue, et le danger et la vulnérabilité de la population limitrophe exposée à ce type de processus naturels dangereux.

4) La zone littorale, composée de différentes morphologies côtières (falaise de sable et de roches, plage et massifs dunaires, présente une susceptibilité à l'érosion côtière élevée, avec des glissements et des éboulements dans les falaises et un recul important de la ligne de côte.

5) Notons également l'importance du tracé des principales failles néotectoniques, tout au long duquel se trouvent les centres diapiriques et où sont enregistrés les épicentres des séismes ($M < 4,4$), et que l'on peut donc considérer en tant que couloirs tectoniques avec une susceptibilité aux séismes pouvant provoquer, comme effet collatéral des perturbations sismiques, une instabilité sur les versants et les falaises proches.

MÉTHODES

Dans la réalisation de ce travail d'investigation, nous cherchons à mettre en valeur une conception méthodologique de nature multidisciplinaire:

1) Les informations sont recueillies à partir d'un travail sur le terrain, d'analyse de photographies aériennes, d'images satellites, de cartes topographiques et géologiques, le tout inséré dans une base de données, créée dans un Système d'Information Géographique (le logiciel *ArcGIS10*) qui intègre les données suivantes: la lithologie, l'altimétrie, l'hydrographie, la toponymie, le réseau hydrographique, le réseau routier, l'utilisation des sols, les pentes, les types et formes des versants, la fracturation et la distribution des épicentres.

2) Utilisation de la méthode de l'algèbre de cartes à partir de l'outil *raster calculator* de l'extension *Spatial analyst* du logiciel *ArcGis10*. Nous avons calculé la somme algébrique pondérée des variables: lithologie, fracturation, distribution des épicentres, Vs30 (vitesse de propagation des ondes S dans les 30 premiers mètres de profondeur, dans les formations géologiques affleurantes, selon l'Eurocode 8 – EN 1998) et la susceptibilité à la liquéfaction, pour définir la carte de dangerosité aux séismes .

3) Essai de méthodes permettant la création de cartes de susceptibilité aux différents processus naturels dangereux dans la zone étudiée, soutenue et validée par des données sur l'occurrence des événements passés *in situ*, avec une attention particulière pour les zones ayant des contraintes topographiques, démographiques et environnementales contrastantes (par exemple, les zones rocheuses à faible densité de population par rapport aux zones rocheuses urbaines) et l'utilisation réussie de l'*Analytic Hierarchy Process* (AHP) de SAATY (1991), appliquée auparavant dans l'évaluation de la susceptibilité aux glissements dans la zone entre les villes de Figueira da Foz et Nazaré (RAMOS *et al.*, 2014b).

4) L'analyse de la série de données de précipitations quotidiennes entre 1982 et 2012, en considérant qu'il existe une relation étroite entre les précipitations extrêmes et l'occurrence de processus dangereux de nature hydro-géomorphologique (PEREIRA *et al.*, 2012).

Le tableau I montre quelques exemples de la relation entre les quantités de précipitation et l'occurrence des inondations et des glissements de terrain.

Tableau I – Relation entre les précipitations et les inondations et glissements de terrain.

Année	Mois	Jour	Précipitation (mm)	Occurrences
1996	Décembre	11	21,5	Inondations
		12	31,6	Glissements de terrain (milliers d'euros)
		13	39,6	
2000	Décembre	5	32,8	Inondations
		6	44,6	Glissements de terrain (milliers d'euros)
		7	30,3	
2014	Février	11	15,5	Inondations
		12	25	Glissements Glissement d'une maison familiale. (milliers d'euros)
		13	15,2	

5) Enfin, la lecture et l'analyse du journal hebdomadaire *Região de Leiria* (1982 - 2012), qui garantit, en termes d'informations, une bonne couverture des événements sociaux qui se sont produits dans la municipalité de Leiria, puisque l'on considère que les processus naturels dangereux, tels que les crues et les inondations, les débordements et les séismes, constituent des événements suffisamment pertinents pour être rapportés par la communication sociale écrite, au vu des conséquences qu'ils engendrent.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'utilisation du processus d'analyse hiérarchique pour élaborer la carte de la dangerosité aux glissements a fourni des résultats suffisamment fiables pour l'échelle de la zone d'étude. Deux grandes zones avec une forte susceptibilité aux glissements ont pu être identifiées puis validées par l'observation sur place de phénomènes de glissements récents: la première, d'une certaine façon, correspond aux centres diapiriques où la lithologie affleurante correspond à la Formation des marnes de Dagorda datant du Hettangien et dont la composition gypseuse présente un comportement plastique glissant facilement quand elle se trouve sur un plan incliné; la deuxième se situe le long de la côte sableuse où l'association entre la lithologie sableuse, bien que consolidée, et les pentes raides constituent les facteurs déterminants du glissement (RAMOS *et al.*, 2014b), (Figure 8).

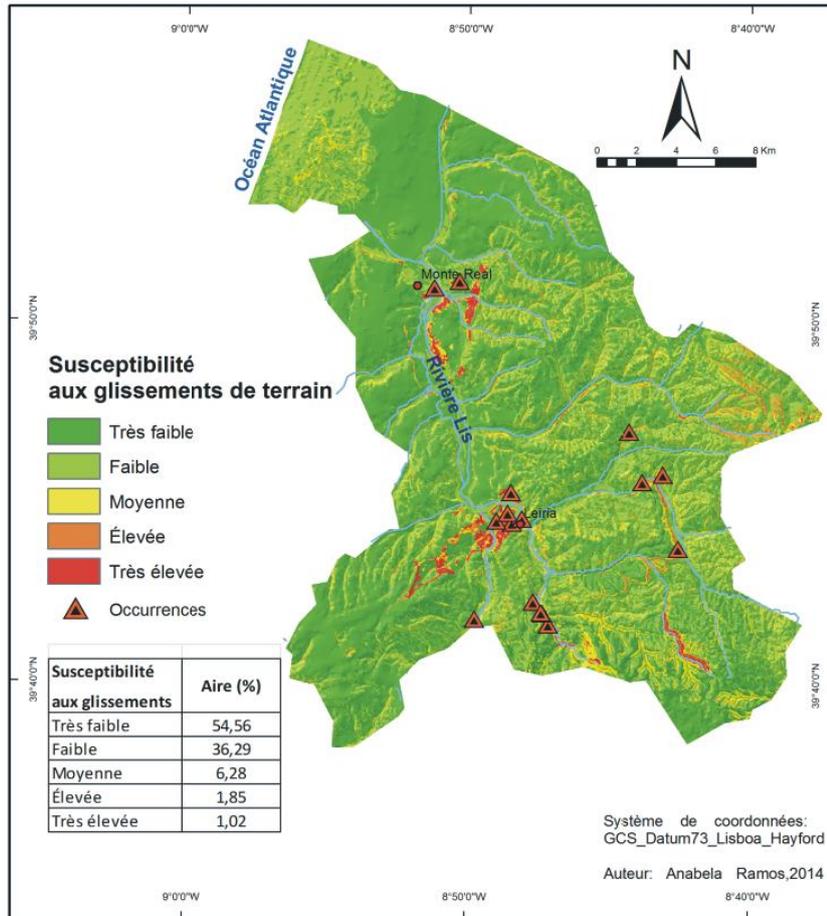


Figure 8 – Carte de susceptibilité aux glissements de terrain.

La carte de la dangerosité sismique obtenue (Figure 9) montre que, étant donné la distribution de la localisation des épicentres de séismes survenus dans la période comprise entre 1990 et 2008, nous pouvons considérer que la zone présente une susceptibilité et une dangerosité sismique faible à modérée pour l'occurrence de phénomènes sismiques liés aux sources locales, les zones de dangerosité sismique modérée se répartissent par rapport aux plaines alluviales des fleuves Lis et Lena, au massif dunaire, à l'alignement des fractures, et au centre historique de Leiria et Monte Real, ce qui est prévisible étant donné la nature et la structure des formations géologiques. Il faut également prendre en compte le risque sismique associé aux sources sismiques externes. En particulier, les répercussions décrites et ressenties dans la zone suite au séisme de 1755: liquéfaction des sols, augmentation de la hauteur des vagues, conséquence du tsunami, accompagnées d'inondations. Si nous considérons la possibilité qu'un phénomène similaire se reproduise de nos jours, étant donné l'occupation urbaine et le type de construction (inconnu dans la plupart des cas), principalement dans des zones proches du littoral, estuaires et plaines alluviales, il faudrait classer la zone étudiée comme zone à risque sismique élevé quand il s'agit de sources sismiques externes et au vu des registres historiques de séismes.

Notons également que dans le calcul du risque associé aux processus naturels dangereux tels que les séismes, l'impact extérieur constitue un facteur qui indique de quelle façon les pertes économiques, les interruptions dans les voies de communication, la vie politique et sociale seront touchées au-delà du lieu où les phénomènes se sont produits (RAMOS & CUNHA, 2015).

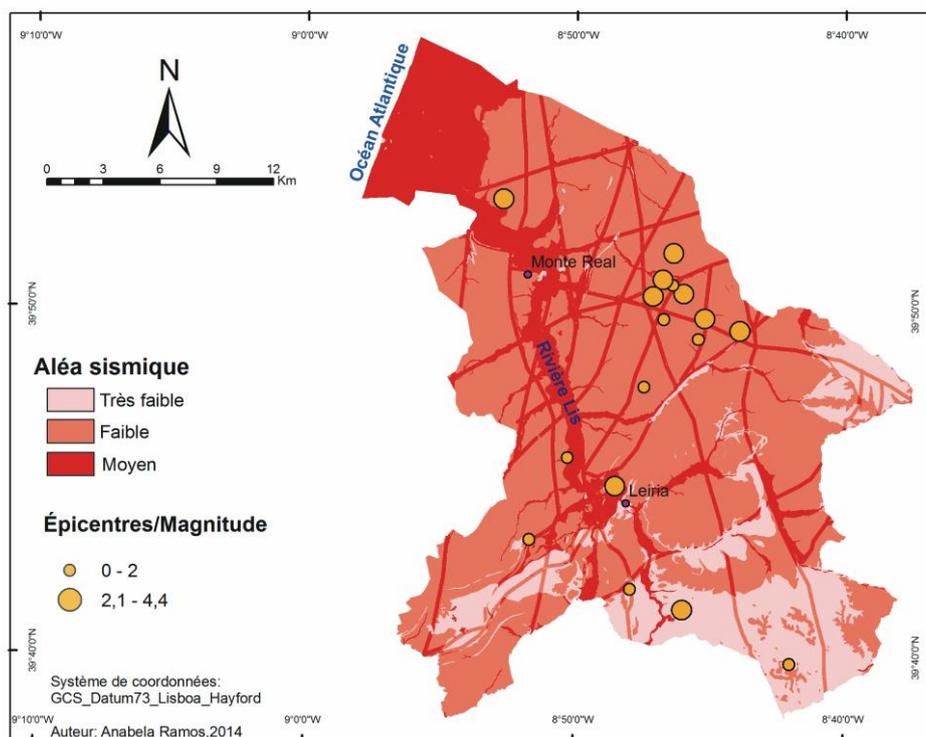


Figure 9 – Carte d'aléa sismique dans la commune de Leiria.

Le recueil de données sur l'occurrence de processus naturels dangereux, à partir des informations enregistrées sur 30 ans et publiées dans des articles du journal hebdomadaire *Região de Leiria* se trouve reporté sur les graphiques des figures 10, 11, et 12, et montrent respectivement la relation entre l'année/le nombre d'occurrences d'inondations et de glissements, de séismes et d'érosion littorale.

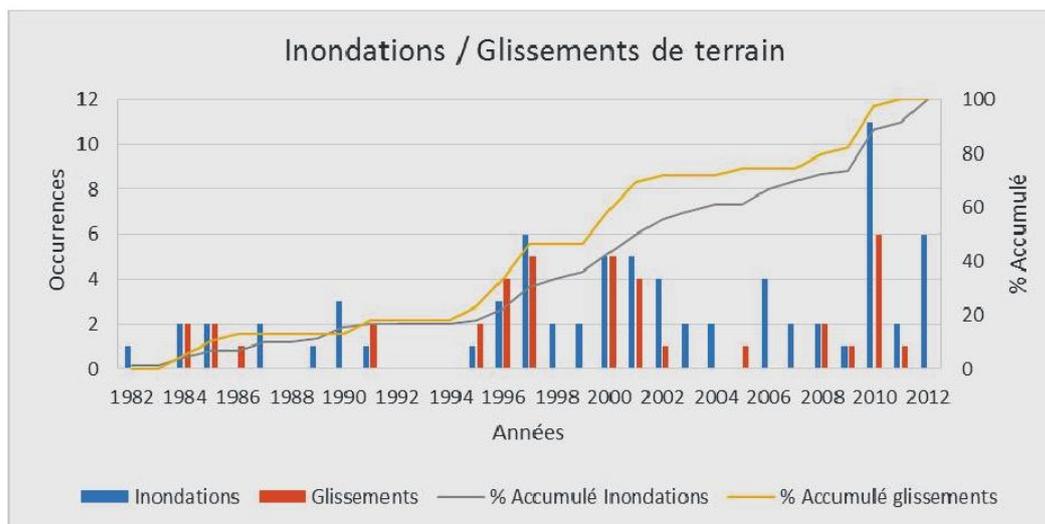


Figure 10 – Relations entre le nombre d'occurrences d'inondations et de glissements, par année, dans la période 1982-2012.

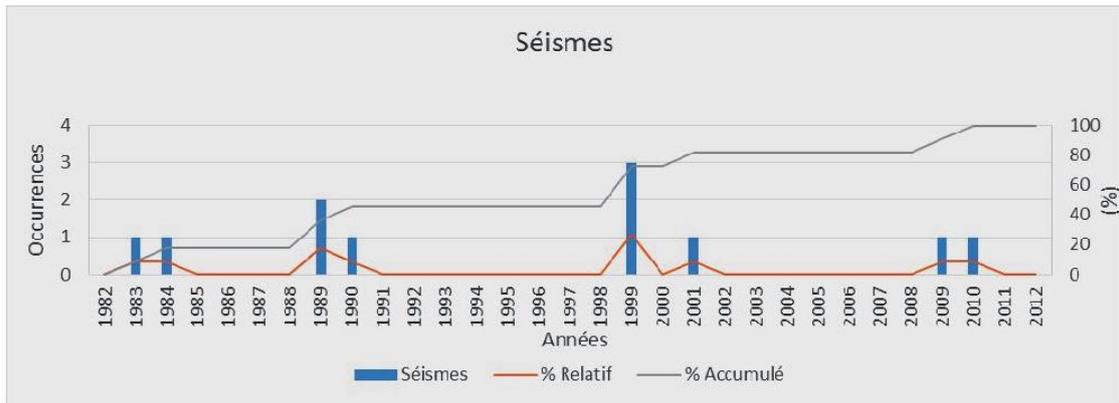


Figure 11 – Relations entre le nombre d’occurrences de séismes, par année, dans la période 1982-2012.

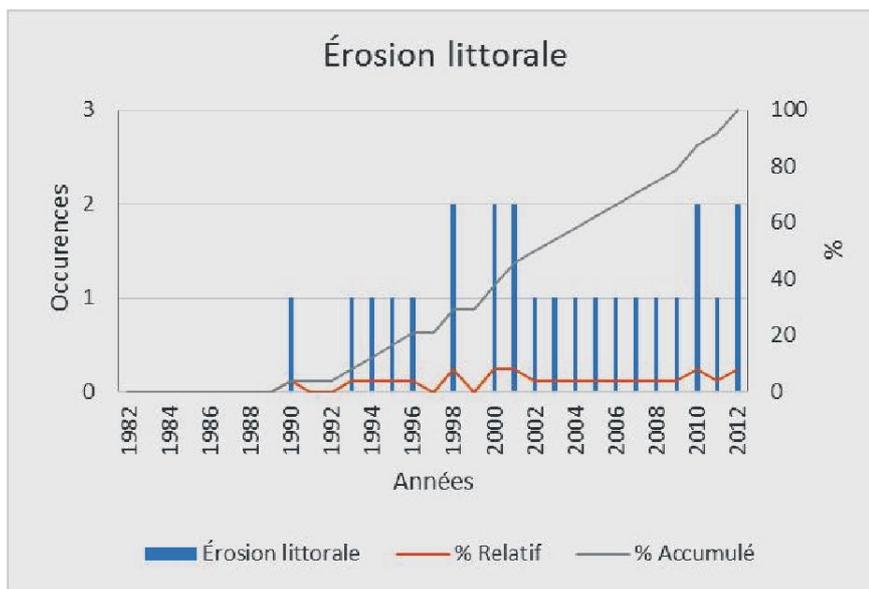


Figure 12 – Relations entre le nombre d’occurrences d’érosion littorale, par année, dans la période 1982-2012.

En analysant les graphiques, on constate que :

- a. Il est assez fréquent d’observer que les articles de presse concernant les occurrences d’inondations sont publiés au même moment que les glissements. On constate une augmentation de ce type de phénomène à partir de 2010 (Figure 13)
- b. Le phénomène de l’érosion littorale est publié une fois par an, pendant quasiment 30 ans de journal, en particulier pendant les mois d’hiver, entraînant de graves conséquences au niveau des infrastructures côtières touchées par les débordements de la mer (Figure 14).
- c. Les articles de presse qui abordent l’occurrence d’évènements sismiques révèlent une tendance à la répétition environ tous les 10 ans. Cependant, et bien qu’ils soient ressentis par la population, aucun dommage matériel, ni humain n’y est décrit (Figure 15).



Figure 13 – Inondations dans le centre historique de la ville de Leiria (février 2014, <http://www.cm-leiria.pt>).



Figure 14 – Érosion côtière et destruction du mur de support de la route littorale de la plage de Pedrógão (zone littorale de la municipalité de Leiria – février 2014, <http://www.diarioleiria.pt>).



Figure 15 – Article de presse sur l'occurrence des séismes. (hebdomadaire « Região de Leiria – 27.10.1989)

Nous avons employé cette méthodologie car il n'existe pas de base de données où sont indiqués les lieux précis, les dates, l'extension et les dommages causés par les processus naturels dangereux survenus par le passé. Dans le cas des glissements, il est très important de connaître les endroits où ils se sont déjà produits, car il existe une forte probabilité qu'ils continuent de s'y reproduire actuellement, entraînant le besoin de réaliser l'étude de la dynamique et d'évaluer l'état de stabilisation des versants touchés. La même situation se vérifie dans le cas des phénomènes historiques d'inondations, d'érosion littorale et de séismes, qui, une fois répertoriés, permettront de mieux planifier et organiser le territoire, et aideront ainsi la population à être davantage résiliente face aux occurrences de ces dangers naturels.

Il faut néanmoins reconnaître que cette méthode ne présente pas que des avantages, car le langage journalistique est parfois subjectif, utilise des descriptions vagues et a tendance à être sensationnaliste et ne permet donc pas de situer avec précision les événements et le type de processus.

L'intérêt pour ce type d'informations dans la presse s'est fortement accru au long de ces dernières décennies. En ce qui concerne le journal *Região de Leiria*, ces événements ont pris place sur la première page à partir des années 2000. Les informations recueillies décrivent une infime partie des processus qui se sont déroulés dans la région, mais leur nature destructive, le type de dommages et les perturbations qu'ils ont causés dans le fonctionnement normal des activités économiques et la circulation des personnes et des biens, ont le mérite d'être communiqués en priorité. Un autre élément tout aussi important, tel que le mentionne BATEIRA *et al.* (2005), est la perception que les personnes ont de ces événements et qui est fortement influencée par l'ampleur du processus et des zones touchées, le nombre de répétitions, le degré de destruction ainsi que la quantité de pertes matérielles et humaines.

CONCLUSION

L'utilisation du processus d'analyse hiérarchique pour élaborer la carte de la dangerosité aux glissements a fourni des résultats suffisamment fiables à l'échelle de la zone d'étude. Deux grandes zones avec une forte susceptibilité aux glissements ont pu être identifiées puis validées par l'observation sur ces mêmes lieux de phénomènes de glissements récents. Le type de lithologie (marnes et sables) associé aux pentes raides constitue les facteurs déterminants des glissements.

Quant à la dangerosité sismique, en considérant la distribution de la localisation des épicentres des séismes qui se sont produits entre 1990 et 2008, nous pouvons déterminer que la zone présente une susceptibilité et une dangerosité sismiques faibles à modérées pour l'occurrence des phénomènes sismiques liés aux sources locales ; les zones de dangerosité sismique modérée s'établissent par rapport aux plaines alluviales des fleuves Lis et Lena, au massif dunaire, à l'alignement des fractures, au centre historique de Leiria et Monte Real, ce qui est prévisible étant donné la nature et la structure des formations géologiques.

Selon les données recueillies dans le journal hebdomadaire *Região de Leiria*, en 30 ans, des inondations ont été signalées presque tous les ans par des débordements du fleuve Lis et de la Lena et qui ont touché en particulier le centre historique de la ville de Leiria, causant d'importants dégâts économiques (Tableau I).

L'intensité du phénomène de l'érosion côtière et des risques associés respectifs a déterminé la plupart des investissements réalisés sur la côte. Au Portugal, dans la dernière décennie, un total d'environ 244M€ (<https://rea.apambiente.pt/>) a été alloué pour des interventions de protection et de défense côtière afin de protéger la population. Les taux moyens de recul du littoral, au Portugal, pour la période 1958-2010, varient entre 0,5 m/an et 9,0 m/an (<https://rea.apambiente.pt/>).

L'occurrence des séismes locaux, de faible ampleur et peu fréquents ressentis par la population mais ne provoquant aucun type de dommage.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été en partie financé par le CITEUC, Fonds du Gouvernement portugais par le biais de la FCT – Fondation pour les Sciences et la Technologie, FEDER e COMPETE 2020. Project ReNATURE - Valorization of the Natural Endogenous Resources of the Centro Region (Centro 2020, Centro-01-0145-FEDER-000007).

REFERENCES

- ANDRE, C. A., 2009. Fotobiografia (Im) Possível: Francisco Rodrigues Lobo: 1574 – 1620 Condestabre de Portugal D. Nuno Álvares Pereira, 13.67. Imagens e Letras, s.n.
- BATEIRA, C., SEIXAS, A. & PEREIRA, S., 2005. Notícias de Catástrofes do Douro: uma leitura geográfica da dinâmica do meio físico. *Douro, Estudos e Documentos*, I, 17: 319-344 (Actas do 2º Encontro Internacional da História da Vinha e do Vinho no Vale do Douro)
- CABRAL, J. & RIBEIRO, A., 1988. Carta Neotectónica de Portugal. *Serv. Geol. Portugal*.
- CHOFFAT, P., 1882 – Note préliminaire sur les vallées tiphoniques et les éruptions d’ophite et de teschénite au Portugal. *B.S.G.F.*, 10: 267-288.
- PEREIRA, S.; ZÊZERE, J.L.; QUARESMA, I.; VERDE, J.; FONSECA, I.L. & REIS, E., 2012. GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal (DISASTER Project). In : González Díez, A. (Coord.), *Avances de la Geomorfología en España 2010-2012. Actas de la XII Reunión Nacional de Geomorfología*, Publican Ediciones, (pp. 163-166), Santander.
- RAMOS, A., 2008. O Pliocénico e o Plistocénico da plataforma litoral entre os palarelos do Cabo Mondego e da Nazaré. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Coimbra. 329 p.
- RAMOS, A.; CUNHA, L. & CUNHA, P., 2013. Análise do risco sísmico na área entre o Cabo Mondego e a Nazaré – Cartografia de suscetibilidade, perigosidade e vulnerabilidade. Abstracts Book: Geografia – Política, Políticas e Planeamento. 1st International Meeting of CEGOT. Porto. Março de 2013. 2p.
- RAMOS, A.; CUNHA, P. & CUNHA, L., 2014a. Blocos silicificados no sinclinal de Pousos (leste de Leiria, Portugal Central) – Exemplo da necessidade de geoconservação. Livro de resumos do I Encontro Luso-Brasileiro de Património Geomorfológico e Geoconservação. Coimbra, p 12.
- RAMOS, A.; CUNHA, L. & CUNHA, P.P., 2014b. Application de la méthode de l’analyse multicritère hiérarchique à l’étude des glissements de terrain dans la région littorale du centre du Portugal: Figueira da Foz – Nazaré. *Geo-Eco-Trop*, 38, 1 : 33-44
- RAMOS, A. & CUNHA, L., 2015. Análise da sismicidade em Portugal: Cartografia da perigosidade, vulnerabilidade e risco sísmico na área entre a Figueira da Foz e a Nazaré. In Freitas, I. ; Lombardo, M. ; Zacharias, A. (Eds.), *Vulnerabilidades e Riscos: Reflexões e Aplicações na Análise do Território*. (pp. 63-76). Unesp. São Paulo. Brasil. ISBN: 978-85-89082-42-6.
- SAATY, T. L., 1991. *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo, McGraw-Hill, Makron, 367p.

<http://www.cm-leiria.pt>
<http://www.diarioleiria.pt>
<https://rea.apambiente.pt/>

