

Introduction

Christiane DENYS^{*1}, Roland NESPOULET², Stéphane AULAGNIER³ & Ahmed EL HASSANI⁴

1. Muséum National d'Histoire Naturelle, Département Systématique et Evolution, UMR 7205 du CNRS, 55 rue Buffon – CP 51, 75005 Paris, France. (denys@mnhn.fr)

2. Muséum National d'Histoire Naturelle, Département de Préhistoire - UMR 7194 du CNRS, 43 rue Buffon, 75005 Paris, France. (roland.nespoulet@mnhn.fr)

3. Comportement & Ecologie de la Faune Sauvage, I.N.R.A., B.P. 52627, F 31326 Castanet Tolosan cedex, France (stephane.Aulagnier@toulouse.inra.fr)

4. Université Mohammed V de Rabat, Institut Scientifique, Avenue Ibn Battota, B.P. 703, Agdal 10090 Rabat, Maroc. (elhassani@israbat.ac.ma)

En 1992, E.O. Wilson et plusieurs autres biologistes ont attiré l'attention sur une crise actuelle d'extinction de la biodiversité sans précédent qu'ils ont appelée 6^{ème} extinction (Myers & Knoll 2001, Wake & Vredenburg 2008, Butchart *et al.* 2010, IUCN 2015, Dirzo *et al.* 2014, Ceballos *et al.* 2015). Résultat de la disparition et du déclin de plusieurs milliers d'espèces chaque année, elle serait liée à l'accroissement de la population humaine mondiale et à ses conséquences : déforestation, intensification de l'agriculture et de l'élevage, développement de l'industrie et du tourisme, consommation d'énergie d'origine fossile qui induit un rapide réchauffement climatique. La plupart des grands mammifères souffrent d'une fragmentation, voire d'une disparition des habitats naturels, qui induit une réduction de leurs effectifs, un appauvrissement de leur diversité génétique (Di Marco *et al.* 2014, Templeton 2001, Shapiro *et al.* 2002). Un travail récent a montré qu'il en est de même pour les mollusques terrestres (escargots et limaces) (Régnier *et al.* 2015). Qu'en est-il chez les petits vertébrés (rongeurs, musaraignes, lézards, amphibiens) ? A l'exception des amphibiens qui sont reconnus comme un des groupes les plus menacés (Alford & Richards 1999, Houlahan *et al.* 2000, Shiesari *et al.* 2006, Stuart *et al.* 2004, Young *et al.* 2001), les autres petits vertébrés terrestres sont généralement peu considérés dans les évaluations de l'impact de l'homme sur la biodiversité. Pourtant, souvent présents en abondance localement, ils jouent un rôle important dans les écosystèmes. Leur longévité réduite est compensée par une forte dynamique de population qui leur permet d'exploiter très rapidement des ressources temporaires ou liées à un changement d'usage des terres (Delattre *et al.* 1992). Pourtant, à l'instar des amphibiens, plusieurs espèces de rongeurs, de musaraignes, de lézards figurent sur les listes rouges de l'IUCN, y compris dans la région méditerranéenne (Cox *et al.* 2006, Temple & Cuttelod 2008). A l'échelle mondiale, plusieurs cas d'extinctions ont été recensés parmi ces petits vertébrés, notamment des endémiques insulaires (IUCN 2012).

Sur la rive sud de la Méditerranée, entre l'Europe et l'Afrique subsaharienne, le Maroc fait partie des grands points

chauds mondiaux de biodiversité (Mittermaier *et al.* 1998) et représente une des écorégions prioritaires pour la conservation (Olson & Dinerstein 2002). Parmi les zones les plus riches en biodiversité du Maroc, le littoral présente plusieurs zones humides d'intérêt, des milieux dunaires exceptionnels, des zones de transition qui comptent encore des milieux naturels comme les piémonts atlasiques et du Rif (Aulagnier & Thévenot 1986, Aulagnier 1992, Bons & Geniez 1996, Pleguezuelos *et al.* 2010). Or, ces régions du Maroc sont aujourd'hui confrontées à une augmentation importante de la population humaine, associée à une urbanisation croissante le long des côtes et une intensification de l'agriculture et de l'élevage à l'intérieur des terres (Fikri *et al.* 2004, Mansour 2003, Qninba *et al.* 2006). A ces perturbations susceptibles d'affecter les communautés et les populations de petits vertébrés de manière irréversible, se rajoute le changement climatique qui se traduit localement par un réchauffement mais aussi une aridification. Ainsi, depuis le Pléistocène, plusieurs vagues de migrations se sont succédées lors des oscillations climatiques qui ont provoqué l'extension ou la rétractation du Sahara (Raynal *et al.* 1986, Rognon 1989, Le Houérou 1992, Aumassip 2004) et ont laissé des espèces relictives tropicales, notamment dans (et autour de) la plaine du Souss (Aulagnier 1992). Aux périodes récentes (post-néolithiques), les taxons commensaux de rongeurs *Mus musculus*, *Rattus rattus* et *R. norvegicus* sont arrivés avec l'expansion des populations humaines et le développement de voies d'échanges commerciaux autour du Bassin Méditerranéen (Cucchi *et al.* 2005, Cucchi & Vigne 2006, Aplin *et al.* 2011, Bonhomme *et al.* 2011, Stoetzel 2013, Stoetzel *et al.* 2013). Mais, leur impact sur les populations natives est encore mal connu tandis que certaines populations de rongeurs endémiques du Maroc, de petits carnivores, de musaraignes ou de chauves-souris, sont actuellement en danger d'extinction ou vulnérables (Aulagnier *et al.* ce volume, Stoetzel & Bougariane ce volume).

Le littoral nord-atlantique du Maroc (région de Rabat-Témara), qui est le témoin d'occupations d'Hommes anatomiquement modernes parmi les plus anciennes

d'Afrique, a enregistré 120 000 ans (120ka) d'archives paléontologiques et archéologiques et livré une très grande quantité de petits vertébrés fossiles (Nespoulet *et al.* 2008, El Hajraoui *et al.* 2012a & b, Stoetzel *et al.* 2011, 2014, Campmas *et al.* 2015). Les pièges sédimentaires que constituent les grottes littorales, ont permis un enregistrement quasi continu du dernier cycle climatique. Témoins des changements environnementaux liés aux fluctuations climatiques quaternaires, ils ont également enregistré des phases d'occupations humaines correspondant aux cultures du Paléolithique moyen, supérieur et du Néolithique, avec chacune une gestion différente des ressources naturelles par les populations humaines (Stoetzel *et al.* 2014, Campmas *et al.* 2015, Nespoulet & Hajraoui ce volume). Ces archives archéologiques confèrent à cette région côtière, actuellement soumise à une urbanisation et une industrialisation en croissance exponentielle, ainsi qu'à une intensification de l'agriculture, un intérêt tout particulier pour l'étude de la 6^{ème} extinction et de ses effets possibles sur la diversité passée et présente des petits vertébrés. L'étude en parallèle des fossiles, de la chorologie, de l'écologie et de la génétique des populations actuelles permet d'identifier les modifications liées au changement climatique et/ou aux activités anthropiques récentes et passées.

Afin de mieux comprendre l'évolution et le rôle des activités humaines au cours du temps sur les populations de vertébrés du Maroc non saharien, mais aussi d'Algérie, nous avons développé en collaboration avec l'Institut Scientifique et la Faculté des Sciences de Rabat et de Tétouan, avec l'ENSA El Harrach, dans le cadre d'un projet financé par l'ANR et d'un projet PHC Tassili, une approche multidisciplinaire associant paléontologues, archéologues, généticiens et écologues. Nous présentons dans cet ouvrage quelques travaux issus de cette démarche intégrative. Deux grands thèmes, intimement liés, sont illustrés : les leçons du passé, et les patrons et processus d'érosion de la biodiversité.

Sur le thème des leçons du passé, un premier article présente les archives paléontologiques pour les grands mammifères quaternaires du Maroc et distingue les extinctions totales des extinctions régionales (Ouchaou & Bougariane ce volume). L'article suivant (Stoetzel & Bougariane ce volume) fait le point en ce qui concerne les petits vertébrés fossiles d'Afrique du Nord.

Une analyse plus détaillée des conditions environnementales ayant présidé à la formation des sites archéologiques des grottes d'El Harhoura 2 et d'El Mnasra permet de reconstituer les modes d'occupation et d'utilisation de l'environnement des hommes depuis 120ka (Nespoulet & El Hajraoui ce volume.) et de retracer au cours du temps l'état de conservation des ossements (Dauphin & Massard ce volume). Malgré des conditions de fossilisation défavorables à la préservation de la matière organique, certains ossements ont pu livrer de l'ADN ancien (Geigl *et al.* ce volume) indispensable pour comparer populations fossiles et actuelles. Enfin, un article compile les données historiques des

extinctions et régressions des grands et petits mammifères du Maroc au XXe siècle (Aulagnier *et al.* ce volume).

Le deuxième thème rassemble les contributions de différentes méthodes d'étude et d'inventaire de la diversité morphologique et génétique sur le sujet des patrons et processus d'érosion de la biodiversité. La comparaison des zones anthropisées et naturelles est mise en avant tandis que la distribution géographique, l'habitat de certaines espèces, leurs relations de parenté sont précisées. La diversité des amphibiens du Rif et les actions de conservation à mener sont présentées (Fahd *et al.* ce volume). Le rôle des rapaces comme consommateurs de rongeurs nuisibles est mis en avant (Souttou *et al.* ce volume) tandis que l'étude des communautés de rongeurs de la région de Tiaret en Algérie (Adamou-Djerbaoui *et al.* ce volume), des petits vertébrés terrestres de la région de Tizi-Ozou en Algérie, Amrouche-Larabi *et al.* ce volume) ou des petits mammifères du Maroc septentrional (Denys *et al.* ce volume) mettent en évidence les particularités des milieux anthropisés et l'habitat de certains rongeurs considérés comme nuisibles.

De nouvelles données cytogénétiques sur les petits mammifères du Maroc confirment la taxonomie de plusieurs espèces et soulèvent des questions sur l'évolution chromosomique (Gerbault-Seureau *et al.* ce volume). Enfin, l'histoire phylogéographique et démographique de *C. russula*, musaraigne largement répandue dans tout le Maroc nord-atlantique est abordée (Nicolas *et al.* ce volume) est comparée à celle connue pour le bassin méditerranéen (Cosson *et al.* 2005). La structuration génétique de cette espèce est à comparer avec celle de rongeurs également largement distribués dans cette région, tels que *Gerbillus campestris*, *Meriones shawii/grandis* ou *Apodemus sylvaticus* publiés par ailleurs (Lalis & Lambourdière 2014, Nicolas *et al.* 2014, Lalis *et al.* sous-pressé). Grâce à la fois aux données paléontologiques et (paléo) génétiques, nous sommes en mesure de reconstituer l'histoire évolutive de certains rongeurs, comme c'est le cas pour le complexe *Meriones shawii/grandis*, et d'inclure dans les analyses génétiques des séquences d'ADN ancien. Nous pouvons suivre depuis 120.000 ans, soit dès le début du Pléistocène supérieur, les populations de petits vertébrés dans le temps et dans l'espace et ainsi comparer l'évolution des populations actuelles et fossiles (Stoetzel *et al.* 2013).

Pour finir, l'étude des populations actuelles de petits vertébrés sur le terrain a montré la forte dégradation des habitats naturels du Maroc, notamment celle des lagunes littorales et de la forêt de la Mamora, ou les zones humides du Nord du Maroc. Nous avons fait le constat que les aires protégées, adaptées aux grands mammifères, ne permettent pas la conservation des espèces menacées de petits vertébrés. Par ailleurs, une meilleure connaissance de la distribution, de l'écologie et de la dynamique des populations des espèces envahissantes devrait amener à mettre en œuvre des plans de lutte raisonnée des espèces nuisibles sans impact sur les espèces plus rares et souvent très localisées.

Références

- Alford R.A. & Richards S.J. 1999. Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 30, 133-165.
- Aplin K.P., Suzuki H., Chinen *et al.* 2011. Multiple Geographic Origins of Commensalism and Complex Dispersal History of Black Rats. *PLoS ONE* 6(11): e26357. doi:10.1371/journal.pone.0026357
- Aulagnier S. 1992. *Zoogéographie des mammifères du Maroc : de l'analyse spécifique à la typologie de peuplement à l'échelle régionale*. Thèse d'Etat, Université Montpellier II, 235p.
- Aulagnier S., Haffner P., Mitchell-Jones A.J., Moutou F. & Zima J. (2008). Guide des Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Delachaux & Niestlé, Paris, 271 p.
- Aulagnier S. & Thévenot M. 1986. Catalogue des mammifères sauvages du Maroc. *Travaux de l'Institut Scientifique, série zoologie*, 41, Rabat, 1-163
- Aumassip G. 2004. *Préhistoire du Sahara et de ses abords. Tome I. Au temps des chasseurs paléolithiques*. Maisonneuve - Larose, Paris, 381p.
- Bonhomme F., Orth A., Cucchi T *et al.* 2011. Genetic differentiation of the house mouse around the colonization Mediterranean basin: matrilineal footprints of early and late colonization. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*, 278, 1034-1043.
- Bons J., & Geniez P., 1996. *Amphibiens et reptiles du Maroc (Sahara Occidental compris)*. Atlas biogéographique. Asociación Herpetológica Española, Barcelona, 320p.
- Butchart S.H.M., Walpole M., Collen B. *et al.* 2010. Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, 328, 1164-1168.
- Campmas E., Michel P., Costamagno S., *et al.* 2015. Were Upper Pleistocene human / carnivore occupations at the Témara caves (El Harhoura 2 and El Mnasra, Morocco) influenced by climate change? *Journal of Human Evolution*, 78, 122-143.
- Ceballos G., Ehrlich P.R., Barnosky A.D. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1, 5, e1400253 DOI: 0.1126/sciadv.1400253.
- Cosson J.F., Hutterer R., Libois R. *et al.* 2005. Phylogeographical footprints of the Strait of Gibraltar and Quaternary climatic fluctuations in the western Mediterranean: a case study with the greater white-toothed shrew, *Crocidura russula* (Mammalia: Soricidae). *Molecular Ecology* 14 (4), 1151-1162.
- Cox N., Chanson, J., & Stuart, S. (comp.), 2006. *The status and distribution of reptiles and amphibians of the Mediterranean Basin*. IUCN, Gland – Cambridge, v + 42p.
- Cucchi T. & Vigne J.D., 2006. Origin and Diffusion of the House Mouse in the Mediterranean. *Human Evolution*, 21(2) : 95-106.
- Cucchi T., Vigne J.D. & Auffray J.C. 2005. First occurrence of the house mouse (*Mus musculus domesticus* Schwarz & Schwarz, 1943) in the Western Mediterranean: a zooarchaeological revision of subfossil occurrences. *Biological Journal of the Linnean Society*, 84, 429-445.
- Delattre P., Giraudoux P., Baudry J *et al.* 1992. Land use patterns and types of common vole (*Microtus arvalis*) population kinetics. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 39, 153-169.
- Di Marco M., Boitani L., Mallon D *et al.* , 2014. A retrospective evaluation of the global decline of carnivores and ungulates. *Conservation Biology*, 28(4), 1109-1118.
- Dirzo R., Young H.S., Galetti M. *et al.* 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401-406.
- El Hajraoui, M.A., Nespoulet, R., Debénath, A. *et al.* 2012. *Préhistoire de la Région de Rabat-Témara. Villes et Sites Archéologiques du Maroc*, vol. III. INSAP Editions, Rabat, Morocco.
- Fikri B.K., Ismaili M., Fikri B.S. *et al.* 2004. Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification : impact du phénomène au Maroc. *Sécheresse*, 15, 307-320.
- Houlahan J.E., Findlay C.S., Schmidt B.R. *et al.* 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*, 404, 752-755.
- IUCN 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 01 June 2015.
- Lalis A. & Lambourdiere J. 2014. Isolation and characterization of 10 polymorphic microsatellite loci in a North African rodent pest, *Meriones shawi*. *African Zoology*, 49(1), 157-160.
- Lalis A., Leblois R., Liefried S. *et al.* 2015. New molecular data favor an anthropogenic introduction of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in North Africa. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* sous presse.
- Le Houérou H.N. 1992. Outline of the biological history of the Sahara. *Journal of arid Environment*, 22(1) , 1-28.
- Mansour M. 2003. Environnements littoraux et aménagement durable: Apport de l'information spatiale. In : TS7 Coastal Zone Management. TS7.3 *Environnements littoraux et aménagement durable: Apport de l'information spatiale*. 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco, December 2-3, 2003 (non publié) 11pp.
- Mittermaier R.A., Myers N., Thomsen J.G. *et al.* 1998. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas : approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology*, 12 , 516-520.
- Myers N. & Knoll A.H. 2001. The biotic crisis and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(10) , 5389-5392.
- Nespoulet R., El Hajraoui M.A., Amani F., 2008. Palaeolithic and Neolithic Occupations in the Temara Region (Rabat, Morocco): Recent data on Hominin Contexts and Behavior. *African Archaeological Review*, 25(1-2), 21-39.
- Nicolas V., Ndiaye A., Benazzou T. *et al.* 2014. Phylogeography of the North African Dipodil (Rodentia: Muridae) Based on Cytochrome b Sequences". *Journal of Mammalogy*, 95(2), 241-253.
- Olson D.M. & Dinerstein E. 2002. The global 200: priority Ecoregions for global Conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89, 199-224.
- Pleguezuelos J.M., Brito J.C., Fahd S. *et al.* 2010. Setting conservation priorities for the Moroccan herpetofauna: the utility of regional red listing. *Oryx*, 1-14.
- Qinba A., Benhoussa A. El Agbani M.-A *et al.* 2006. Etude phénologique et variabilité interannuelle d'abondance des Charadriidés (Aves, Charadrii) dans un site Ramsar du Maroc : la

- Merja Zerga. *Bulletin de l'Institut Scientifique, section Sciences de la Vie*, 28, 35-47.
- Raynal J.P., Texier J.P., Lefèvre D. *et al.* 1986. Quaternary paleoenvironments and paleoclimates of Morocco. *In: Lopez-Vera (ed.)*. Quaternary climate in Western Mediterranean, Madrid, pp. 503-515.
- Régnier C., Achaz G., Lambert A. *et al.* 2015. Mass extinction in poorly known taxa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112: 25, 7761-7766.
- Rognon P. 1989. *Biographie d'un désert*. Plon, Paris, 347p.
- Shapiro B., Drummond A.J., Rambaut A. *et al.* 2002. Dynamics of Pleistocene population extinctions in Beringian brown bears. *Science* 295, 2267-2270.
- Shiesari L., Grillitsch B. & Grillitsch H. 2006. Biogeographic biases in research and their consequences for linking amphibian declines to pollution. *Conservation Biology*, 21, 465-471.
- Stoetzel E. 2013. Late Cenozoic micromammal biochronology of northwestern Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 392, 359-381.
- Stoetzel E., Campmas E., Michel P. *et al.* 2014. Context of modern human occupations in North Africa: contribution of the Témara caves data. *Quaternary International – Special issue: Northwest African Prehistory*, 320, 143-161.
- Stoetzel E., Denys C., Michaux J. *et al.* 2013. *Mus* in Morocco: a Quaternary sequence of intraspecific evolution. *Biological Journal of the Linnean Society*, 109, 599-621.
- Stoetzel E., Marion L., Nespoulet R. *et al.* 2011. Taphonomy and palaeoecology of the late Pleistocene to middle Holocene small mammal succession of El Harhoura 2 cave (Rabat-Témara, Morocco). *Journal of Human Evolution*, 60, 1, 1-33.
- Stuart S.N.J., Canson J.S., Cox A. *et al.* 2004. Status and trends of amphibians declines and extinctions worldwide. *Science* 306, 1783-1786.
- Temple H.J. & Cuttelod A. (comp.) 2008. *The status and distribution of Mediterranean mammals*. IUCN, Gland – Cambridge, vii + 32p.
- Templeton A.R. 2001. Using phylogeographic analyses of gene trees to test species status and processes. *Molecular ecology*, 10, 779-791.
- Wake D. B. & Vredenburg V.T. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105: 11466–11473.
- Wilson E.O. 1992. *The diversity of Life*. Harvard University Press , Cambridge MA.
- Young B.E., Lips K.R., Reaser J.K. *et al.* 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology*, 15, 1213-1223.