

Mésogée Volume 63 | 2007
Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Marseille

Ic Muséum d'histoire naturelle
Marseille 2007
ISSN 0985-1016-X
dépôt légal : décembre 2008

Conception - Impression
Ville de Marseille - **Ceter**

Directeur de la revue : Anne MEDARD-BLONDEL
Review director Directrice du Muséum d'histoire naturelle, Marseille

Comité international de parrainage :

International sponsorship board

Louis BIGOT, Muséum d'histoire naturelle, Marseille, France.
Mohamed BRADAI, INSTM, Salammbô, Tunisie.
Michel BRUNET, Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés, Poitiers, France.
France DE BROIN, Institut de Paléontologie, MNHN, LA CNRS, Paris, France.
Dominique DOUMENC, Laboratoire de Malacologie et Biologie des Invertébrés marins, MNHN, Paris, France.
Giuliano FIERRO, Institut des Sciences de la Terre, Gênes, Italie.
Patrice FRANCOUR, Laboratoire Environnement marin littoral, Université de Nice, France.
André LANGANEY, Musée de l'Homme, Paris, France.
Louis OLIVIER, Parc National du Mercantour, Nice, France.
Panayotis PANAYOTIDIS, Centre Hellénique de Recherche Marine, Anavissos, Grèce.
Jean-Claude QUERO, IFREMER, La Rochelle, France.
Rachid SEMROUD, ISMAL, Wilaya de Tipaza, Algérie.
Philippe TAQUET, Département Histoire de la Terre, MNHN, Paris, France.
Denise VIALE, Laboratoire de Biologie marine, Université de Corté, France.
Nardo VICENTE, CERAM, Marseille, France.

Comité de rédaction :

Redaction board

Denise BELLAN-SANTINI, Station marine d'Endoume, Marseille, France.
Gilles BONIN, Laboratoire de Biosystématique et d'Ecologie méditerranéenne, Marseille, France.
Alain JEUDY DE GRISSAC PAMU, Sharm-El-Sheik, Egypte.
Marc LAFAURIE, Laboratoire de Toxicologie Marine, Université de Nice, France.
Jean PHILIP, Laboratoire de Sédimentologie et Paléontologie, Marseille, France.

Comité d'édition :

Edition board

Sylvie PICHARD, Muséum d'Histoire Naturelle, Marseille, France.
Philippe SIAUD, Muséum d'Histoire Naturelle, Marseille, France.

MESOGEE, revue scientifique méditerranéenne, est la continuité du Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Marseille. Ce périodique publie en français ou en anglais, au rythme d'un volume annuel, des articles inédits dans les différents domaines des sciences naturelles. Les manuscrits doivent être conformes aux instructions aux auteurs et adressés, ainsi que toute correspondance, à :

MESOGEE

Muséum d'histoire naturelle

Palais Longchamp
F-13004 - MARSEILLE

Téléphone : 04 91 14 59 50

Télécopie : 04 91 14 59 51

e-mail secrétariat d'édition: spichard@mairie-marseille.fr

Les manuscrits seront soumis par le comité de rédaction à l'examen de spécialistes français ou étrangers du sujet traité.

Le Directeur de la publication fixe la liste des articles retenus pour chaque volume annuel. Tous les manuscrits doivent impérativement parvenir au Muséum avant le 31 mai de l'année de parution.

Les articles parus dans Mésogée sont listés et analysés dans la Base Pascal de l'INIST-CNRS.

MESOGEE, Mediterranean scientific review, is the prolongation of the "Bulletin d'histoire naturelle de Marseille". It publishes, in French or in English, original papers in the different Natural Sciences matters, at the rate of one annual volume. Papers must be conform to the Guidelines of authors and send, with all other correspondence, to the Museum of Marseille (address over)

The redaction committee will subject papers to international specialised referees. The review director fixes the list of agreed articles in each annual volume. All papers must imperatively be sent to the Museum before the 31st may of the publication year.

Papers published in Mésogée are listed and analysed in the Pascal data base of INIST-CNRS.

AVANT-PROPOS

C'est toujours un plaisir de parvenir à l'édition d'un nouveau numéro de la revue scientifique du Muséum de Marseille, 125 ans après sa première parution.

En relisant l'avertissement du premier numéro de 1883, rédigé par le Professeur Antoine-Fortuné MARION, Directeur du Muséum, fondateur du Centre océanographique de Marseille, certains passages ont retenu mon attention : « Les sciences de l'observation ont ce caractère et cette prérogative qu'elles semblent être l'expression même de la région à laquelle elles s'appliquent... [Et si les autres sciences] se déroulent [...]sans éprouver aucune impulsion du milieu ambiant [...], le naturaliste demeure lié au sol ».

Depuis cette période de grand foisonnement des sciences naturelles et géologiques, d'exploration, de descriptions, de "décortication" du monde vivant et minéral, les laboratoires de recherche ont évolué, les sujets d'études et les objectifs également.

Si les articles publiés aujourd'hui reflètent cette évolution des sciences, le Muséum a souhaité conservé cet attachement au « sol », aux territoires, aux espèces liées à ces territoires, reflet de préoccupations naturalistes, mais aussi environnementales.

A notre époque où l'environnement est en constante mutation, où les paysages du littoral méditerranéen, entre autres, subissent depuis quelques années une urbanisation croissante redéfinissant des territoires, où les espèces animales et végétales autrefois abondantes subissent les aléas de cette évolution, il nous semble fondamental de poursuivre notre mission scientifique par des publications illustrant des états à des instants déterminés.

Ainsi les articles de S. FADDA, P. PONEL et M. LEMONNIER dressent les résultats de travaux d'observation sur l'entomofaune du Massif des Calanques, territoire particulier, aux portes de Marseille, une des plus grosses agglomérations méditerranéennes.

D. FAGET quant à lui nous démontre l'intérêt de croiser histoire des sciences, océanologie et sciences de l'environnement pour travailler aujourd'hui en transdisciplinarité sur les problématiques environnementales au cœur des politiques publiques et de nombreuses recherches.

C'est le cas avec l'étude de poisson (BRADAI *et al.*), bivalves (KHATI *et al.*, SIFI *et al.*) ou petits mammifères (LAKBAR *et al.*), qui sont autant de marqueurs offrant un terrain d'exploration dans l'évolution de la pollution et de nos pratiques agricoles, urbaines et industrielles.

L'article proposé par J. MICHAUX et M. THEVENOT sur les ours fossiles d'Algérie démontre une fois de plus l'importance de la conservation des collections des muséums d'histoire naturelle, source d'études pour la compréhension des processus d'évolution des espèces et de leur répartition.

Enfin, en marge de ces articles naturalistes, un article de muséologie est proposé par J.F. HEBERT Président de la Cité des Sciences et de l'Industrie. Devant initialement s'inscrire dans un numéro spécial sur l'EAU, qui n'a encore pas vu le jour, il nous rappelle que parmi les missions de nos établissements, la diffusion des sciences et de l'actualité scientifique auprès des publics tient une place particulièrement importante. Malgré la charge croissante d'informations que les citoyens peuvent trouver dans les médias toujours plus nombreux, les muséums restent un lieu de rencontres et de propositions. En exposant une vision du monde, des problèmes sociaux, économiques et surtout, en ce qui nous concerne, environnementaux à l'échelle locale, régionale ou mondiale, nous développons des actions culturelles et pédagogiques, avec pour objectifs d'apporter à nos visiteurs une meilleure connaissance des problèmes afin de les aider dans leurs prises de décisions citoyennes.

Anne MEDARD-BLONDEL

Directrice de publication

Directrice - Conservatrice en Chef du Patrimoine
du Muséum d'histoire naturelle de Marseille

Abstract

Two new records of clingfishes *Opeatogynus gracilis* and *Lepadogaster candollei* (Osteichthyes, Gobiesocidae) are reported in this note. They were captured in Sfax shore belonging to the gulf of Gabes area (Tunisia). Some biometric and meristic characteristics are also included.

Key words :

Opeatogynus gracilis, *Lepadogaster candollei*, Gobiesocidae, Mediterranean sea ; Gulf of Gabes, new records.

Résumé

Premières signalisations de deux Gobiesocidae *Opeatogynus gracilis* et *Lepadogaster candollei* dans le golfe de Gabès (Tunisie)

Deux nouvelles mentions de poissons, Gobiesocidae *Opeatogynus gracilis* et *Lepadogaster candollei*, sont rapportées dans cette note. Ils ont été capturés dans le golfe de Gabès au niveau de Sfax (Tunisie). Quelques caractéristiques biométriques et méristiques sont également mentionnées.

Mots-clés :

Opeatogynus gracilis, *Lepadogaster candollei*, Gobiesocidae, Mer Méditerranée, Golfe de Gabes, nouvelles données.

First records of two clingfishes species : *Opeatogynus gracilis* and *Lepadogaster candollei* (Pisces, Gobiesocidae) in the gulf of Gabes (Tunisia).

Mohamed Nejmeddine BRADAI*,
Lobna BOUAROUI*, Lasaad MENIF** & Asma HAMZA*

*Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, B.P. 1035 Sfax 3018, Tunisie

** Arrondissement de la Production animale, contrôle sanitaire, Port de pêche de Sfax

Clingfishes are true resident in the intertidal zone in temperate areas. They have the greatest degree of specialization for living in this environment. The body of the Clingfishes is depressed anteriorly and they have a pelvic sucker permitting to adhere to the substrate which allows them to leave in areas of high turbulence.

Among the eight clingfishes species known in the Mediterranean Sea (Quignard & Tomasini, 2000), only *Lepadogaster lepadogaster lepadogaster* (Bonnaterre, 1788) was recorded in Tunisia precisely in the gulf of Gabes area (Menif, 2000 ; Bradai *et al.*, 2004). In this note, we record two other species : *Opeatogynus gracilis* (Canestrini, 1864) and *Lepadogaster candollei* (Risso 1810), in this same area.

The two species are known locally in the Atlantic, in the Mediterranean Sea and in the Adriatic sea, *L. candollei* is also present in the Black Sea (Fredj & Maurin, 1987 ; Vizzini & Scilipoti, 1999 ; Cardona & Guerao, 1992 ; Francour & Harmelin, 1988 ; Reina-Hervas & Nunez Vergara, 1985 ; Economidis, 1973 ; Tortonese, 1975 ; Ondrias, 1971 ; Goncalves *et al.*, 2005 ; Briggs, 1986 ; Louisy, 2005).

In the Western Mediterranean Sea, *Lepadogaster lepadogaster* is closely adapted to large pebbles and boulder fields of rounded stones with a smooth surface, *L. candollei* is more euryecious and in addition to inhabiting boulder fields also, occurs close to sea grass meadows, in small cavities and in association with sea urchins and *Opeatogynus gracilis* is stenoecious and lives only on the leaves of *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* (Hofrichter & Patzner, 2000).

MATERIAL AND METHODS

The Gulf of Gabes is located in southern Tunisia and extends from the parallel 35°N to the Libyan border (Fig.1 and 2), with waters considered to present sub-tropical affinities (Postel, 1956; Ben Othman, 1971 ; Bradai, 2004). Both wide and shallow continental shelves are topographically regular. The bottom slightly declines towards the sea. In the Gulf of Gabes is recorded the most important tide, until two metres, reported throughout the Mediterranean. Prosperous beds of sea-grass *Posidonia oceanica* give a breeding-ground and nurseries for a rich and abundant marine fauna.

During april and may 2006, 11 specimens of *O. gracilis* were recoded. They were removed from *Posidonia oceanica* leaves brought back by drag used for other purposes. The position of the working station was around 34°47'N / 10°55'E, six to seven kilometers from the coast by 2 to 5 m depth, opposite to Sfax. The surface temperature and the salinity registered fluctuated respectively from 20°C to 27°C and from 45 ‰ to 46 ‰ of salinity.

For the second species *L. candollei*, only one specimen captured in coastal trammel net was observed in Sfax fish market on march 2005. It was alive when discovered in the market among many other coastal fish species.

Figure 1
 Map of the Mediterranean Sea with the investigation area : the arrow indicates the Gulf of Gabès (southern coast of Tunisia)

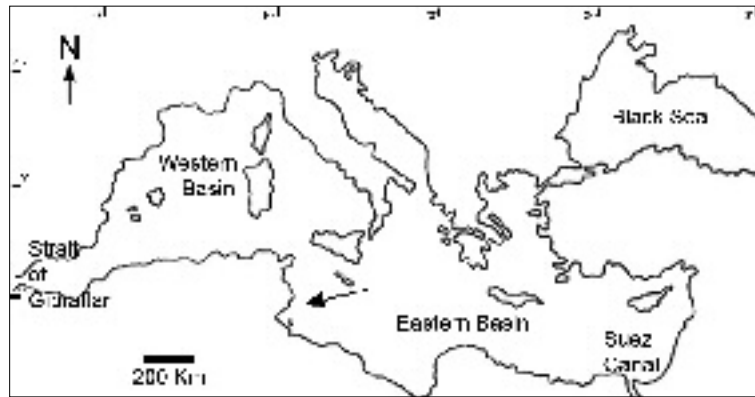


Figure 2
 Map of Tunisia showing the investigation area



RESULTS AND DISCUSSION

The 11 specimens of *O. gracilis* measured 11 to 20 mm TL (mean 16.8 mm). In the Atlantic, **Goncalves *et al.* (2005)** found : TL mean 23.9 mm; minimum 20 mm; maximum 29.8 mm (n = 30). The maximum known size is 33 mm TL in Catalonia (**Cardona & Guerao, 1992**). Up to now *O. gracilis* is the smallest fish of the gulf of Gabès. The size of the fishes of this area is known to be relatively smaller than fishes living in the Atlantic or in other Mediterranean marine areas (**Bradai & Bouain, 1988 ; Bradai *et al.*, 1998 ; Ghorbel & Bouain, 1990**). We counted 3 dorsal fin rays and 4 anal fin rays. The colour mainly green with white spots. The fish takes the colour of the *Posidonia* leave; it is sometimes difficult to distinguish it from the leave. Body coloration can vary from green to brown and red with small blue spots along the flanks (**Reina-Herva & Nunez Vergara, 1985 ; Hofrichter & Patzner, 2000**). All specimens were conserved in the institute collection under the reference INSTM/GOBIESOC 01.

The specimen observed of *L. candollei* was 100 mm TL with 13 dorsal fin rays, 10 anal fin rays and 19 caudal fin rays.

CONCLUSION

Clingfishes are generally rarely recorded or recorded in small numbers. These new records widen the geographical distribution of the two species in the Mediterranean.

REFERENCES

- Ben Othman S., 1971.** Etude préliminaire sur l'ichthyologie du Sud tunisien. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **20** (3) : 443 - 444.
- Bradai M. N. et Bouain A., 1988.** Age et croissance de *Scorpaena porcus* et *Scorpaena scrofa* du golfe de Gabès. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche Salammbô*, **15** : 13 - 38.
- Bradai M. N., Ghorbel M., Jarboui O. et Bouain A., 1998.** Croissance de trois espèces de sparidés : *Diplodus puntazzo*, *D. vulgaris* et *Spondyliosoma cantharus* du golfe de Gabès (Tunisie). *Cab. Options Méditerr.*, **35** : 51 - 56.
- Bradai M. N., Quignard J. P., Bouain A., Jarboui O., Ouannes-Ghorbel A., Ben Abdallah L., Zaouali J. et Ben Salem S., 2004.** Ichtyofaune autochtone et exotique des côtes tunisiennes: Recensement et biogéographique. *Cybium*, **28** (4) : 315-328.
- Briggs J.C., 1986.** Gobiesocidae in Fishes of North-eastern Atlantic and the Mediterranean sea. Vol 3, UNESCO Edit. : 1351-1359.
- Cardona L. et Guerao G., 1992.** Prima cita de *Opeatogynus gracilis* (Canestrini, 1864) (Osteichthyes; Gobiesocidae) en el litoral Catalan (Mediterraneo NO). *Misc. Zool.* **16** : 243-245.
- Economidis P. S., 1972 - 1973.** Catalogue des poissons de la Grèce. *Hellenic Oceanol. Limnol.*, **11**: 421 - 598.
- Francour P. et Harmelin J.G., 1988.** Inventaire de la faune ichthyologique marine de Port-Cros (Méditerranée occidentale). *Trav. Sci. Parc Nat. Port-Cros.*, **14** : 65-79.
- Fredj G. et Maurin C., 1987.** Les poissons dans les banques de données Médifaune. Application à l'étude des caractéristiques de la faune ichthyologique méditerranéenne. *Cybium*, **11** (3) : 218 - 299.
- Ghorbel M. et Bouain A., 1990.** Age et croissance du pageot commun *Pagellus erythrinus* du golfe de Gabès - Tunisie. *Bull. Inst. nat. scient. tech. Océanogr. Pêche Salammbô*, **17** : 17-32.
- Goncalves E.J., Beldade R. et Henriques M., 2005.** *Opeatogynus gracilis* (Pisces; Gobiesocidae): an overlooked species or another 'Mediterranean endemism' found in Atlantic waters. *J. of Fish Biology*, **67** (2) : 481-489.
- Hofrichter R. et Patzner R. A., 2000.** Habitat and microhabitat of Mediterranean clingfishes. (Teleostei; Gobiesociformes; Gobiesocidae). *Mar. Ecol.*, **21** (1): 41-53.
- Louisy P., 2005.** *Poissons marins. Europe et Méditerranée.* Edit Ulmer: 430 pp.
- Menif D., 2000.** *Les Gobiidae des côtes tunisiennes : morphologie et biologie de Zosterisessor ophiocephalus (Pallas, 1811) et Gobius niger Linnaeus, 1758.* Thèse Doct. Biol. Univ. Tunis II : 238 pp.
- Ondrias J. C., 1971.** A list of the fresh and sea water fishes of Greece. *Prak. Inst. Oceanogr. Fish. Res.*, C. Xa : 23 - 96.
- Postel E., 1956.** Les affinités tropicales de la faune ichthyologique du golfe de Gabès. *Bull. St. Océanogr. Salammbô*, **53** : 64 - 68.
- Quignard J. P. et Tomasini J. A., 2000.** Mediterranean fish biodiversity. *Biol. Mar. Médit.*, **7** : 1-66.
- Reina-Hervas J. A. & Nunez Vergara, 1985.** *Opeatogynus gracilis* (Canestrini, 1864) (Gobiesocidae, Osteichthyes) en el Mediterraneo espanol. *Misc. Zool. Barcelona*, **9** : 405-407.
- Tortonese E., 1975.** *Fauna d'Italia : Osteichthyes, pesci ossei.* Edit. Calderini, Bologna, Vol. XI : 635 pp.
- Vizzini S. et Scilipoti D., 1999.** Prima segnalazione di *Opeatogynus gracilis* (Canestrini, 1864) (Osteichthyes; Gobiesocidae) in un'area della Sicilia occidentale (stagnone di Marsala). *Biol. Mar. Méditerr.* **6** (1): 627-629.

Résumé

Le golfe d'Annaba est le plus important pôle touristique et économique installé sur la côte est algérienne. Ses ressources halieutiques sont menacées par une pollution liée à une activité économique en plein essor. Dans le cadre d'un programme de biosurveillance de la qualité des eaux de la baie d'Annaba, l'activité spécifique de deux biomarqueurs, l'acétylcholinestérase (AChE) et la glutathion S-transférase (GST), a été mesurée au niveau du manteau d'un mollusque bivalve, *Donax trunculus*.

Les échantillons ont été collectés mensuellement durant l'année 2005 au niveau de deux sites: El Battah, éloigné des sources polluantes, et Sidi Salem situé près du port au voisinage des différents rejets.

Les résultats obtenus montrent une inhibition significative de l'AChE et une augmentation très significative de la GST chez les individus récoltés au niveau de Sidi Salem comparativement à El Battah. L'inhibition de l'AChE et l'augmentation de la GST chez les individus récoltés au niveau du site de Sidi Salem au cours de l'année 2005 sont en rapport avec le niveau d'exposition de ce site à la pollution.

Mots-clés :

Donax trunculus, Golfe d'Annaba, acétylcholinestérase, glutathion S-transférase, biosurveillance, pollution.

Abstract

Biomonitoring of environment by the use of biomarkers in *Donax trunculus* (L., 1758) from the gulf of Annaba, (Algeria).

Annaba gulf is the most important touristic and economic area located on the east coast of Algeria. However, these halieutic resources are threatened by the pollution bounded to progress of economic activity. In the setting of a biomonitoring program of the quality of the waters in the bay of Annaba, the specific activity of two biomarkers, acetylcholinesterase (AChE) and glutathion S-transferase (GST) has been measured in the mantle of *Donax trunculus*. The samples have been collected monthly during the year 2005 in two sites: El Battah, distant from polluted sources, and Sidi Salem, located near the port and sources of different rejets. The results showed a significant inhibition of AChE activity and a significant increase in the activity of the GST in samples collected from Sidi Salem as compared to El Battah. The inhibition of the AChE and the increase of the GST in Sidi Salem during the year 2005 are in relation with the level of exposition of this site to the pollution.

Key words :

Donax trunculus, Annaba gulf, acetylcholinesterase, glutathion S-transferase, biomonitoring, pollution.

Biosurveillance de l'environnement par la mesure de biomarqueurs chez *Donax trunculus* (L., 1758) dans le golfe d'Annaba, (Algérie).

Karima SIFI, Salima CHOUAHDA et Nouredine SOLTANI

Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Annaba, 23 000-Annaba (Algérie)

nsolt@yahoo.fr

Des quantités importantes de micropolluants sont rejetées dans l'environnement, induisant ainsi une contamination chronique d'un nombre croissant d'écosystèmes aquatiques (Sarkar *et al.*, 2006). Cette contamination provoque un stress chez des organismes bioindicateurs de pollution en altérant leurs capacités physiologiques et biochimiques à différents degrés. Ceci a permis la mise au point d'outils de biosurveillance écotoxicologique appelés biomarqueurs qui rendent compte des niveaux de pollution auxquels sont soumis ces bioindicateurs (Lavado *et al.*, 2006).

La ville d'Annaba est un important pôle touristique et économique installé sur la côte Est algérienne. Les multiples pollutions qui découlent d'une telle activité humaine et industrielle ont pour point de convergence le milieu marin (Bouzeraa *et al.*, 2004). Ces dernières années, la biosurveillance des eaux du golfe d'Annaba reposait essentiellement sur l'évaluation des concentrations de polluants dans l'eau et les sédiments mais aussi dans les tissus des organismes. Des travaux antérieurs ont mis en évidence l'importance du complexe industriel FERTIAL dans l'émission de divers rejets dans l'atmosphère et dans l'eau du golfe d'Annaba (Semadi et Deruelle, 1993). De plus, divers métaux lourds ont été détectés dans les sédiments (Abdenour *et al.*, 2000) mais également dans les tissus d'un organisme Mollusque Bivalve, *Donax trunculus*, dans le golfe d'Annaba (Beldi *et al.*, 2006).

Ces diverses considérations nous ont conduit, dans le cadre d'un programme national de biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba, à évaluer la réponse biochimique par l'analyse de l'activité spécifique de certains biomarqueurs chez des organismes Mollusques Bivalves, comestibles et bioindicateurs de la pollution comme *D. trunculus*. En effet, ces bioindicateurs sont des organismes filtreurs et sédentaires qui reflètent au mieux les conditions du milieu, vu leurs capacités à accumuler dans leurs tissus divers polluants (Valavanidis *et al.*, 2006) et métaux lourds (Beldi *et al.*, 2006).

La réponse biologique de ces bioindicateurs à la pollution se manifeste par une analyse de biomarqueurs spécifiques qui mesurent l'interaction entre un système biologique et un agent environnemental. L'inhibition ou l'induction de ces biomarqueurs est un bon

outil environnemental pour évaluer l'exposition et les effets potentiels des xénobiotiques sur l'organisme (Varo *et al.*, 2002). La capacité d'un organisme à s'adapter à un environnement altéré par la contamination anthropique dépend principalement des mécanismes efficaces de la détoxification de divers composés endogènes et exogènes (Jokanovic, 2001). Chez les organismes aquatiques, ces mécanismes sont les premiers sollicités par la présence des xénobiotiques (Roche *et al.*, 2003).

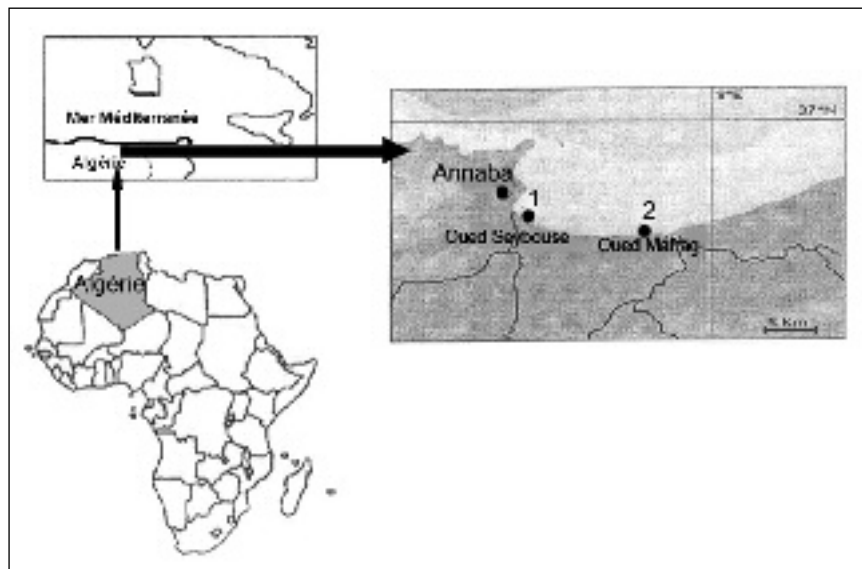
La présente étude vise à préciser la variation annuelle de l'activité spécifique de deux biomarqueurs, l'acétylcholinestérase (AChE), site cible d'inhibition essentiellement par les organophosphorés et les carbamates (Rao, 2006), et la glutathion S-transférase (GST), l'une des enzymes la plus sollicitée lors d'un processus de détoxification chez un organisme soumis à une pollution (Quiniou *et al.*, 2007). Ces deux biomarqueurs ont été évalués dans le manteau de *D. trunculus*, pêchés durant l'année 2005 au niveau de deux sites du golfe d'Annaba : El Battah, considéré comme site de référence, et Sidi Salem, un site pollué par différents rejets issus des activités urbaines, portuaires et industrielles.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation des sites :

Le golfe d'Annaba est situé au niveau du littoral Est Algérien, limité à l'Est par le cap Rosa ($8^{\circ} 15'E$ et $36^{\circ} 58'N$), et à l'Ouest par le cap Garde ($7^{\circ} 16'E$ et $36^{\circ} 58' N$), distant de 40 km (Fig. 1). Le site d'El Battah ($36^{\circ} 50'N$ - $8^{\circ} 50'E$) pris comme référence, est soumis à un régime hydrodynamique important. Le second site Sidi Salem ($36^{\circ} 50'N$ - $7^{\circ} 47'E$), reçoit, par le biais de l'oued Seybouse, des déchets urbains en plus des rejets d'une zone industrielle spécialisée dans la production de fertilisants et de produits phytosanitaires (Fig. 1)

Figure 1
Localisation des sites d'étude dans le golfe d'Annaba (Nord-Est, Algérie):
El Battah (1) et Sidi Salem (2).



Présentation de l'espèce :

Donax trunculus (Linnaeus, 1758) est un Mollusque Bivalve comestible très répandu dans le golfe d'Annaba (Vaissière et Fredj, 1963) et consommé par les populations locales. C'est un organisme filtreur et sédentaire, se nourrissant de phytoplancton et de matières organiques en suspension.

Collecte des échantillons :

L'échantillonnage de *D. trunculus* a été réalisé mensuellement sur une période d'une année (janvier 2005 à décembre 2005) et d'une manière aléatoire à l'aide d'un engin appelé cope, constitué d'une partie métallique et d'un filet à environ 1,20 m de profondeur dans l'eau au niveau de la couche superficielle du sédiment (5 cm). Les différents dosages ont été effectués sur une taille de classe de 27 ± 1 mm, représentant la taille la plus abondante (Aouadene, 2003).

Activité de l'acétylcholinestérase :

L'activité spécifique de l'AChE a été déterminée selon la méthode d'Ellman *et al.* (1961) décrite précédemment (Habes *et al.*, 2006). Les manteaux de *D. trunculus* sont homogénéisés dans 1 ml de solution détergente. Après centrifugation (5000 trs/mn, 5 mn), une fraction aliquote de 100 μ l du surnageant est récupérée et additionnée à 100 μ l de DTNB et 1 ml de tampon tris (0,1 M ; pH 7). Au bout de 3 à 5 mn de repos, 100 μ l du substrat acétylthiocholine sont ajoutés. La lecture des absorbances est effectuée toutes les 4 mn pendant 20 mn à une longueur d'onde de 412 nm.

Activité de la glutathion S-transférase :

le dosage de la GST est réalisé selon Habig *et al.* (1974). Les tissus, sont homogénéisés dans 1 ml de tampon phosphate (0,1 M ; pH 6). L'homogénat est centrifugé (14000 trs/mn, 30 mn) et le dosage est effectué dans une fraction aliquote de 200 μ l du surnageant additionné de 1,2 ml du mélange [CDNB (1-Chloro-2,4-dinitrobenzene) 1 mM, GSH (Glutathion réduit) 5 mM] dans du tampon phosphate. Les absorbances sont lues à une longueur d'onde de 340 nm, toutes les minutes pendant 5 mn.

Dosage des protéines :

Les protéines ont été quantifiées selon la méthode de Bradford (1976), utilisant le Bleu Brillant de Coomassie (G 250, Merck) comme réactif et l'albumine sérum de bœuf (BSA, Sigma) comme protéine standard. Les absorbances sont lues à une longueur d'onde de 595 nm.

Analyse statistique :

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique grâce au logiciel Minitab 13.31 pour Windows (X, 2000). Les données sont représentées par la moyenne plus ou moins l'écart-type ($m \pm s$). Les moyennes ont été comparées deux à deux par le test t de Student. Une analyse de la variance à deux critères de classification (site, mois) a été effectuée. Le seuil de signification est $p < 0,05$.

RÉSULTATS

Activité spécifique de l'acétylcholinestérase :

La variation de l'AChE au sein des individus issus d'El Battah révèle une activité minimum de $0,47 \pm 0,14$ nM/mn/mg de protéines au mois d'octobre et une activité maximum de $5,62 \pm 0,13$ nM/mn/mg de protéines au mois de novembre (Tableau 1). Par contre, au niveau du site de Sidi Salem l'activité minimale est de $0,11 \pm 0,01$ nM/mn/mg de protéines au mois de septembre et l'activité maximale est enregistrée au mois de décembre avec une valeur de $3,80 \pm 0,43$ nM/mn/mg de protéines. La comparaison des valeurs moyennes entre les deux sites révèle une inhibition significative ($p < 0,05$) de l'activité de l'AChE chez les individus provenant de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah. Ces différences ont été enregistrées au cours de tous les mois durant l'automne, l'hiver et le printemps.

Tableau 1
Variation mensuelle de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (nM/mn/mg de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba : El Battah et Sidi Salem au cours de l'année 2005 (m ± s ; n = 4-6).

Mois	El Battah	Sidi Salem	P
Janvier	3,43 ± 0,55	1,80 ± 0,06	0,010**
Février	3,05 ± 1,39	3,75 ± 0,07	0,115
Mars	3,48 ± 0,18	2,90 ± 0,07	0,004**
Avril	4,25 ± 0,22	1,07 ± 0,07	0,000***
Mai	2,36 ± 0,23	2,67 ± 0,69	0,33
Juin	2,45 ± 0,81	2,12 ± 1,64	0,56
Juillet	3,07 ± 0,43	3,09 ± 1,12	0,966
Août	1,85 ± 0,61	0,78 ± 0,47	0,016*
Septembre	0,75 ± 0,54	0,11 ± 0,01	0,085
Octobre	0,47 ± 0,14	0,23 ± 0,12	0,012*
Novembre	5,62 ± 0,13	2,85 ± 0,09	0,000***
Décembre	5,10 ± 0,83	3,80 ± 0,43	0,008**

Ces résultats ont été confirmés par une analyse de la variance à deux critères de classifications où un effet site, un effet mois et une interaction site/mois hautement significatifs ($p < 0,001$) ont été observés (Tableau2).

Tableau 2
Analyse de la variance à deux critères de classification (site, mois) de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (nM/mn/mg de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba : El Battah et Sidi Salem au cours de l'année 2005 (m ± s ; n = 4-6).

Source de variation	ddl	SCE	CM	Fobs	P
Site	1	157,62	157,62	129,39	0,000***
Mois	11	256,8	23,35	19,16	0,000***
Interaction Site/Mois	11	115,31	10,48	8,6	0,000***
Erreur résiduelle	72	87,71	1,22	-	-
Total	95	617,43	-	-	-

Activité spécifique de la glutathion S-transférase :

L'évaluation de l'activité spécifique de la GST montre au niveau du site d'El Battah une valeur minimale de $1,22 \pm 0,84 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de juillet et une valeur maximale de $5,34 \pm 0,25 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de juin (Tableau 3).

Tableau 3
Variation mensuelle de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba : El Battah et Sidi Salem au cours de l'année 2005 (m ± s ; n = 4-6).

Mois	El Battah	Sidi Salem	P
Janvier	2,57 ± 1,11	5,09 ± 1,84	0,023*
Février	3,79 ± 1,03	7,97 ± 0,68	0,001***
Mars	3,00 ± 0,67	5,39 ± 0,70	0,000***
Avril	2,11 ± 0,33	3,40 ± 0,57	0,002**
Mai	4,66 ± 0,16	6,35 ± 0,58	0,007**
Juin	5,34 ± 0,25	5,07 ± 1,16	0,655
Juillet	1,22 ± 0,84	1,30 ± 0,19	0,868
Août	3,96 ± 0,75	5,00 ± 0,97	0,003**
Septembre	2,24 ± 0,70	3,33 ± 1,16	0,072
Octobre	3,87 ± 1,25	12,31 ± 1,61	0,000***
Novembre	3,58 ± 0,57	6,75 ± 2,35	0,035*
Décembre	3,90 ± 1,05	6,62 ± 1,09	0,001***

*: différence significative à $p < 0,05$;

**: différence très significative à $p < 0,01$;

***: différence hautement significative à $p < 0,001$.

L'activité GST au niveau du site de Sidi Salem révèle un pic de $12,31 \pm 1,61 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois d'octobre contre un minimum de $1,30 \pm 0,19 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de juillet. Une comparaison des moyennes par le test t de Student révèle une augmentation très significative ($p < 0,01$) de l'activité GST chez les individus récoltés au niveau de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah. Cette augmentation a été observée également durant les saisons automnale, hivernale et printanière, tandis qu'aucune différence significative n'a été enregistrée durant la saison estivale. Une ANOVA à deux critères de classification a montré un effet site, un effet mois et une interaction site/mois hautement significatifs ($p < 0,001$) (Tableau 4).

Source de variation	ddl	SCE	CM	Fobs	P
Site	1	4,476	4,476	10,68	0,002***
Mois	11	150,808	13,71	32,71	0,000***
Interaction Site/Mois	11	45,087	4,099	9,78	0,000***
Erreur résiduelle	72	30,178	0,419	-	-
Total	95	230,55	-	-	-

Tableau 4

Analyse de la variance à deux critères de classification (site, mois) de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba : El Battah et Sidi Salem au cours de l'année 2005 ($m \pm s$; $n = 4-6$).

DISCUSSION

Les divers biotopes aquatiques du golfe d'Annaba sont exposés à une forte contamination par des xénobiotiques apportés par voie atmosphérique et via les eaux usées riches en déchets d'origine domestique, industrielle et agricole (Semadi et Deruelle, 1993). En conséquence, la contamination de la faune aquatique est inévitable et la capacité de bioaccumulation des micropolluants par ces organismes rend compte de la qualité des eaux et du niveau de pollution de plus en plus élevé. Les mesures de l'activité de l'AChE renseignent sur l'exposition à certains groupes de contaminants tels que les insecticides organophosphorés et les carbamates (Fossi et al., 2001) où une faible concentration de ces contaminants peut inhiber l'AChE (Fulton et Key, 2001). Selon Amiard-Triquet et al. (1998), une diminution de l'activité de l'acétylcholinestérase peut être également un indicateur d'une pollution métallique.

L'activité spécifique de l'AChE chez *D. trunculus* échantillonné au niveau des deux sites du golfe d'Annaba sur une durée d'une année (2005) montre une forte inhibition de l'AChE dans le site de Sidi Salem; ceci est probablement lié à la localisation de ce site à proximité des sources polluantes. De plus, à cet endroit les concentrations en métaux lourds dans les tissus de *D. trunculus* sont relativement élevées (Beldi et al., 2006). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Abbes et al. (2003) où une inhibition de l'AChE a été déterminée chez *D. trunculus* pêché dans les mêmes sites du golfe d'Annaba. Une inhibition de l'AChE a été également observée chez une autre espèce de Mollusque *Dreissena polymorpha* pêchée dans différents sites dans le nord de l'Italie (Ricciardi et al., 2006). Des travaux de Fleming et al. (1995) ont également rapporté la mort d'environ 1000 moules d'eau douce *Elliptio spp.* due à l'inhibition de l'AChE par des insecticides organochlorés et des carbamates. Nos résultats montrent des valeurs similaires obtenues chez d'autres espèces de Bivalves, notamment chez la palourde *Ruditapes decussatus* (Abbes et al., 2003 ; Dellali et al., 2004), les moules *Perna perna*, *Amblima plicata* et *Mytilus galloprovincialis* (Najimi et al., 1997 ; Wendi et al., 2001; Romeo et al., 2004) et chez *Scrobicularia plana* (Peréz et al., 2004). Récemment, plusieurs études ont prouvé que l'inhibition de l'AChE peut être un indicateur d'une contamination par les métaux lourds chez les organismes marins (Sokolova et al., 2005); ceci est conforté par les taux de métaux lourds relativement élevés à Sidi Salem dans le golfe d'Annaba (Beldi et al., 2006).

Les résultats concernant la GST indiquent une augmentation de l'activité spécifique de cette enzyme chez les individus de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah. Cette augmentation se traduit par une forte activité de détoxification de l'organisme par la GST liée à une exposition à un milieu pollué tel que Sidi Salem. Des résultats similaires ont été obtenus au niveau du même site chez la même espèce *D. trunculus* (Abbes *et al.*, 2003) et chez d'autres Bivalves comme *Perna veridis* exposés au chlorate hydrocarboné (Cheung *et al.*, 2002), *Crassostrea gigas* traités au carbofuran et au malathion (Damiens *et al.*, 2004), *Mytilus edulis* et *M. galloprovincialis* soumis à des hydrocarbures aromatiques polycycliques (Gowland *et al.*, 2002 ; Narbonne *et al.*, 2005). Une augmentation de la GST a été également signalée chez *Ruditapes decussatus* (Hoarau *et al.*, 2001) et *Pecten maximus* (Le Pennec et Le Pennec, 2003).

Ces variations spatiales et temporelles sont en rapport avec le niveau de pollution. L'inhibition de l'AChE et l'induction de la GST sont plus marquées au cours de la saison hivernale par rapport à la saison estivale au niveau du site de Sidi Salem. En effet, selon Abdenour *et al.* (2004) la pollution métallique est relativement élevée au niveau de l'eau et des sédiments dans le golfe d'Annaba pendant l'hiver par rapport aux autres saisons. Le dosage des métaux lourds (Zn, Cu, Pb, Cd) dans les tissus de *D. trunculus* révèle un effet saison significatif pour tous les métaux lourds mesurés avec des taux relativement élevés à Sidi Salem (Beldi *et al.*, 2006). Enfin, la station d'El Battah est soumise à un régime hydrodynamique important (Khelifi *et al.*, 2006) qui contribuerait à la dilution des polluants, comparativement à la station de Sidi Salem.

CONCLUSION

La présente étude a été menée sur *D. trunculus* (Mollusca, Bivalvia) provenant de deux sites (El Battah, Sidi Salem), en vue de déterminer les variations annuelles de deux biomarqueurs (AChE, GST). Les résultats obtenus ont montré que les principales pressions exercées sur cette espèce sentinelle pourraient être dues à la présence de certains pesticides et/ou métaux lourds issus des activités urbaines, portuaires et industrielles qui inhiberait l'AChE et augmenterait la GST au niveau du site de Sidi Salem. En effet, les différences enregistrées entre les deux sites d'étude dans le golfe d'Annaba sont en rapport avec leur niveau d'exposition à la pollution. Les variations temporaires de ces biomarqueurs sont en rapport avec les niveaux de pollution et les caractéristiques écologiques des sites étudiés.

RÉFÉRENCES

- Abbes A., Chouahda S. et Soltani N., 2003. Activité comparée de deux biomarqueurs du stress environnemental dans divers tissus chez deux espèces de Bivalves pêchées dans la région d'Annaba. *Bulletin de l'INSTM*, 8: 123-126.
- Abdenour C., Smith B.D., Boulakoud M. S., Samraoui B. et Rainbow P. S., 2000. Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 432 : 217-227.
- Amiard-Triquet C., Altmann S., Amiard J.C., Ballan-Dufrançais C., Baumard P., Budzinski H., Crouzet C., Garrigues J.P., His E, Jeantet A.Y., Menasria R., Mora P., Mouneyrac C., Narbonne J.F. et Pavillon J.F., 1998. Fate and effects of micropollutants in the Gironde estuary, France: a multidisciplinary approach. *Hydrobiologia*, 373/374 : 259 - 279.
- Aouadene, A., 2003. *Evaluation spatio-temporelle de quelques paramètres biométriques et biochimiques chez*

- Donax trunculus (*Mollusca, Bivalvia*). Mémoire de magistère en Biologie et Physiologie Animale, option Ecologie Animale Appliquée. Université d'Annaba, Département de Biologie, 88 p.
- Beldi H., Gimbert F., Maas S., Scheifler R. et Soltani N., 2006.** Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusk *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algéria. *Afric. J. Agric. Res.*, Vol 1(4) : 85-90.
- Bouzeraa N., Abbes A., Soltani N., 2004.** Analyse des protéines chez trois espèces de bivalves vivants dans des milieux différents, la lagune d'El Mellah et le golfe d'Annaba. *Bulletin INSTM* 9: 97-100.
- Bradford M. M., 1976.** A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72 : 248-254.
- Cheung C. C., Zheng G. J., Lam P. K. et Richardson B. J., 2002.** Relationships between tissue concentrations of chlorinated hydrocarbons (polychlorinated biphenyls and chlorinated pesticides) and antioxidative responses of marine mussels, *Perna viridis*. *Mar. Pollut. Bull.*, 45 : 181-191.
- Damiens G., His E., Gnassia-Barelli M., Quiniou F. et Roméo M., 2004.** Evaluation of biomarkers in oyster larva in natural and polluted conditions. *Comp. Biochem. Physiol.*, 138 : 121-128.
- Dellali M., Romeo M., Gnassia-Barelli M. et Aissa P., 2004.** A multivariate data analysis of the clam *Ruditapes decussatus* as sentinel organism of the Bizerta lagoon (Tunisia). *Water, Air and Soil Pollution.*, 156 : 131-144.
- Ellman G. L., Courtney K. D., Andres V. et Feather-Stone R. M., 1961.** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.*, 7: 88-95.
- Fleming W. J., Augspurger T. P. et Alderman J. A., 1995.** Freshwater mussel die-off attributed to anticholinesterase poisoning. *Environ. Toxicol. Chem.*, 14 :877-879.
- Fossi M. C., Minutoli R. et Guglielmo L., 2001.** Preliminary results of biomarker responses in zooplankton of brackish environments. *Mar. Pollut. Bull.*, 42 : 745-748.
- Fulton M.H. et Key P. B., 2001.** Acetylcholinesterase inhibition in estuarine fish and invertebrates as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and effects. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20 : 37-45.
- Gowland B.T.G., McIntosh A.D., Davies I.M., Moffat C.F. et Webster L., 2002.** Implications from a field study regarding the relationship between polycyclic aromatic hydrocarbons and glutathione S-transferase activity in mussels. *Mar. Environ. Res.*, 54: 231-235.
- Habes D., Morakchi S., Aribi N., Farine J. P. et Soltani N., 2006.** Boric acid toxicity to the German cockroach, *Blattella germanica* : alterations in midgut structure and acetylcholinesterase and glutathione S-transferase activity. *Pest. Biochem. Physiol.*, 84 (1): 17-24.
- Habig W. H., Pabst M. J. et Jakoby W. B., 1974.** Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation *J. Biol. Chem.*, 249: 7130-7139.
- Hoarau P., Gnassia-Barelli M., Romeo M. et Girard J. P., 2001.** Differential induction of Glutathione S-transferases in the clam *Ruditapes decussatus* exposed to organic compounds. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20 (3) :523-529.
- Jokanovic M., 2001.** Biotransformation of organophosphorus compounds. *Toxicology*, 166 : 139-160.
- Khélifi-Touhami M., Ounissi M., Saker I., Haridi A., Djorfi S. & Abdenour C., 2006.** The hydrology of the Mafrag estuary (Algeria): Transport of inorganic nitrogen and phosphorus to the adjacent coast. *Journal of food, agriculture and environment*, 4 (2) : 340-346.
- Lavado R., Urena R., Martin-Skilton R., Torreblanca A., Del Ramo J., Raldua D. et Porte C., 2006.** The combined use of chemical and biochemical markers to assess water quality along the Ebro River. *Environ. Pollut.*, 139 : 330-339.
- Le Pennec G. et Le Pennec M., 2003.** Induction of glutathione S-transferases in primary cultured digestive gland acini from the mollusk bivalve *Pecten maximus* (L.): application of a new cellular model in biomonitoring studies. *Aquat. Toxicol.* 64 : 131-142.
- Najimi S., Bouhaimi A., Daubeze M., Zekhnini A., Pellerin J., Narbonne J. F. et Moukrim A., 1997.** Use of acetylcholinesterase in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* as a

biomarker of pollution of Agadir marine bay (South of Morocco). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **58** : 901-908.

Narbonne J. F., Aarab N., Clerandeu C., Daubeze M., Narbonne J., Champeau O. et Garrigues P., 2005. Scale of classification based on biochemical markers in mussels: application to pollution monitoring in Mediterranean coasts and temporal trends. *Biomarkers*, **10**(1) : 58-71.

Perez E., Blasco J. et Solé M., 2004. Biomarker responses to pollution in two invertebrate species : *Scrobicularia plana* and *Nereis diversicolor* from the Cadiz bay (SW Spain). *Mar. Environ. Res.*, **58** : 275-279.

Quiniou F., Damiens G., Gnassia-Barelli M., Geffard A., Mouneyrac C., Budzinski H. et Roméo M., 2007. Marine water quality assessment using transplanted oyster larvae. *Environ. Int.*, **33** : 27-33.

Rao J. V., 2006. Toxic effects of novel organophosphorus insecticide (RPR-V) on certain biochemical parameters of euryhaline fish, *Oreochromis mossambicus*. *Pest. Biochem. Physiol.*, **86** : 78-84.

Ricciardi F., Binelli A. et Provini A., 2006. Use of two biomarkers (CYP450 and acetylcholinesterase) in Zebra mussel for the biomonitoring of Lake Maggiore (northern Italy). *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **63** : 406-412.

Roche H., Buet A. et Ramade F., 2003. Mise en évidence et validation de biomarqueurs écotoxicologiques dans la population d'anguilles d'un étang de la réserve naturelle nationale de Camargue, le Vaccarès exposée à des polluants organiques persistants. *Rev. Ecol.*, **58** : 127-141.

Sarkar A., Ray D., Shrivastava A. N. et Sarker S., 2006. Molecular biomarkers: their significance and application in marine pollution monitoring. *Ecotoxicology*, **15** : 333-340.

Semadi A. et Deruelle S., 1993. Lead pollution monitoring by transplanted lichens in Annaba area (Algeria). *Rev. Poll. Atmos.*, **35** : 86-102.

Sokolova I. M., Sokolova E. P. et Ponnappa K. M., 2005. Cadmium exposure affects mitochondrial bioenergetics and gene expression of key mitochondrial proteins in the eastern oyster *Crassostrea virginica* Gmelin (Bivalvia: Ostreidae). *Aquat. Toxicol.*, **73** : 242-255.

Vaissière R. et Fredj G., 1963. Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco*. **60** : 83p.

Valavanidis A., Vlahogianni T., Dassenakis M. et Scoullou M., 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **64**: 178-189.

Varo I., Navarro J.C., Amat F. et Guilhermino L., 2002. Characterization of cholinesterases and evaluation of the inhibitory potential of Chlorpyrifos and Dichlorvos to *Artemia salina* and *Artemia parthenogenetica*. *Chemosphere*, **48**: 563-569.

Wendi J. D., Cope W. G., Rada R.G. et Sandheinrich M. B., 2001. Acetylcholinesterase inhibition in the threeridge Mussel (*Amblema plicata*) by chlorpyrifos : implications for biomonitoring. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, **49**: 91-98.

X, 2000. MINITAB version 13.31 pour WINDOWS, logiciel d'analyse statistique- version 13.31.

Résumé

Les résultats de prospections entomologiques réalisées dans le massif des Calanques près de Marseille (Bouches-du-Rhône, France) dans le cadre du Document d'Objectifs DOCOB Natura 2000 sont présentés. La présence de *Cerambyx cerdo* (espèce inscrite aux Annexes II et IV de la Directive Habitats Faune-Flore) est établie, ainsi que celle de diverses espèces remarquables de Coléoptères.

Mots-clés :

Coléoptères, Provence, Calanques, Natura 2000, Directives Habitats.

Abstract

Some outstanding Coleoptera from the Calanques massif (Bouches-du-Rhône, France).

The results of an insect survey carried out in the Calanques massif near Marseille (Bouches-du-Rhône, France) within the framework of the "Document d'Objectif" DOCOB Natura 2000 are presented. The presence of *Cerambyx cerdo* (species inscribed on Annexes II and IV of Habitats Directive Fauna-Flora) is established, along with some other outstanding beetle species.

Key words :

Coléoptera, Provence, Calanques, Natura 2000, Directives Habitats

Quelques Coléoptères remarquables du massif des Calanques (Bouches-du-Rhône, France).

Sylvain FADDA & Philippe PONEL

Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie (UMR CNRS 6116), Université Paul Cézanne, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, Pavillon Villemin, BP 80, F-13545 Aix-en-Provence Cedex 04 (France)

sylvain.fadda@univ-cezanne.fr
philippe.ponel@univ-cezanne.fr

S'étendant depuis le sud de l'agglomération marseillaise jusqu'au pays de Cassis, le massif des Calanques, également dénommé massif de Marseilleveyre-Puget-la Gardiole, est un site original et unique en France. Bénéficiant d'un climat méditerranéen, il reçoit cependant moins de 400 mm de pluie par an, ce qui constitue le record français. Cette sécheresse est amplifiée par le soleil et le vent qui augmentent l'évaporation, mais aussi par le relief karstique, accélérant l'infiltration des eaux dans le sol. Malgré cette aridité et son apparence dénudée, le massif abrite plus de 900 espèces végétales parmi les plus thermophiles et xériques de France. La végétation est caractérisée par des formations de garrigues à chênes kermès, à romarins, à cistes et à bruyères ainsi que par des pinèdes de pins d'Alep. Il subsiste cependant des lambeaux de chênaies vertes épargnées par les nombreux incendies qui ravagent régulièrement le massif. Le massif des Calanques abrite également une faune vertébrée remarquable, souvent rare et protégée.

Paradoxalement, le massif des Calanques est une zone assez méconnue sur le plan entomologique et plus particulièrement pour les Coléoptères. Rares sont les publications ou les inventaires dans lesquels ces insectes sont évoqués. Notons ainsi que le principal ouvrage général, le monumental *Catalogue des Coléoptères de Provence* de **Caillois (1908-1954)**, n'y fait pratiquement jamais référence. Seule une étude sur le massif de Canaille entre Cassis et la Ciotat, à l'est du Massif des Calanques, a été effectuée récemment (**Orgeas et Ponel, 2001**). Les conditions écologiques et les habitats y sont similaires mais le massif de Canaille est majoritairement de nature siliceuse alors que les Calanques sont calcaires.

Le présent rapport vise à diagnostiquer l'état de l'entomofaune patrimoniale du site, en recherchant particulièrement deux espèces, le Grand Capricorne (*Cerambyx cerdo* L.) inscrit aux Annexes II et IV de la Directive Habitats Faune-Flore, et le Lucane Cerf-volant (*Lucanus cervus* L.), inscrit à l'Annexe II de la Directive Habitats Faune-Flore. Ces deux espèces de grande taille doivent leur statut de protection à leur position en limite de leur aire géographique dans les zones européennes septentrionales; elles demeurent cependant très communes partout en Provence. Leur seule exigence étant la présence de feuillus, et particulièrement de chênes, leur présence restait à confirmer dans le

massif des Calanques où les zones de chênaies sont très limitées en raison de la fréquence des incendies.

En dépit de leur relative banalité, *Cerambyx cerdo* et *Lucanus cervus* peuvent également être considérés dans notre région comme des espèces "parapluie" dont la protection permet aussi de préserver indirectement de nombreuses insectes xylophages et saproxylophages beaucoup moins spectaculaires et souvent très difficiles à mettre en évidence, mais dont les exigences écologiques sont comparables (Ranius, 2002).

Enfin, ce travail a également pris en compte les pelouses littorales, zones sensibles et d'intérêt biologique important (Annexe I de la Directive Habitats, fourrés sclérophylles, matorrals, phrygane de l'Astragalo-Plantaginetum subulatae, code 5410), habitat original et menacé susceptible d'abriter des espèces particulières et/ou inféodées à des plantes à distribution limitée, et pouvant ainsi présenter un caractère patrimonial.

Le dernier volet de cette étude présente quelques données issues d'observations personnelles plus anciennes ainsi que des données tirées de la bibliographie.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les chênaies

Les impératifs de l'étude étant la recherche de *Lucanus cervus* et *Cerambyx cerdo*, les prospections se sont focalisées sur les chênaies à chêne vert *Quercus ilex* L. et à chêne pubescent *Quercus pubescens*. De plus, ces lambeaux forestiers sont susceptibles d'abriter une entomofaune souvent riche et comportant parfois des éléments intéressants par leur rareté (Orgeas et Ponel, 2001). Un bon nombre de chênaies a pu être répertorié dans le massif des Calanques. Cependant, certaines contraintes dont le transport de matériel lourd (pièges, liquide attractif) ont limité les choix. Ainsi, trois sites seulement ont été sélectionnés suivant des critères de présence et de densité des chênes, mais aussi en fonction de leur accessibilité.

La première zone étudiée se trouve dans le vallon de la Mounine, dans le massif de Marseilleveyre, à l'est de Callelongue. Il s'agit d'une chênaie relictuelle en fond de vallon. L'habitat est plutôt fermé et présente des chênes verts de belle taille, ainsi que des lentisques (*Pistacia lentiscus* L.) et des filaires (*Phyllirea angustifolia* L.). La seconde zone est située sur le Plateau de Cadeiron, au nord de la Calanque d'En Vau. On y trouve un vaste peuplement de grands chênes verts, nombreux mais peu denses. Enfin, la troisième zone se situe entre le Vallon de Chalabran et la Gardiole, à proximité de la route menant à la maison forestière de la Gardiole. En plus de grands chênes verts, le site possède quelques chênes pubescents (*Quercus pubescens*) de belle taille.

En raison de la discrétion et des mœurs nocturnes des espèces recherchées, l'inventaire a été effectué par piégeage aérien, au moyen de récipients remplis de liquide attractif, ici de la bière additionnée de sel et de sucre. Le rôle du sucre est d'accélérer la fermentation, alors que le sel assure la conservation des spécimens capturés en ralentissant la décomposition des insectes tombés dans le liquide. Ce type de piège est basé sur l'attractivité naturelle des liquides fermentés sur beaucoup d'espèces xylophages et saproxylophages, qui sont fortement attirées par les exsudations de sève. Pour éviter de tuer les spécimens de *Cerambyx cerdo* et *Lucanus cervus*, espèces légalement protégées et de grande taille, une grille d'interception a été intercalée entre l'ouverture du piège et le liquide, de manière à ne laisser passer que les espèces petites ou moyennes. Ces pièges ont été suspendus aux branches d'arbres (6 à la Mounine, 6 à Cadeiron, 2 à Chalabran).

Les pièges ont été mis en place le 6 juillet et relevé le 22. C'est en effet au début de l'été que *Cerambyx cerdo* et *Lucanus cervus* sont les plus actifs et plus aisément observables.

Famille	Espèce	Mounine	Cadeiron	Chalabran
Aderidae	<i>Otolelus neglectus</i> (du Val & Aubé)	•		
Anthicidae	<i>Microhoria terminata</i> (Schmidt)	•	•	
Buprestidae	* <i>Agrilus roscidus</i> Kiesenwetter	•		
	* <i>Latipalpis plana</i> (Olivier)		•	
Cerambycidae	* <i>Cerambyx cerdo</i> L.		•	
	* <i>Cerambyx miles</i> Bonelli		•	•
	<i>Chlorophorus pilosus</i> (Forster)	•		
	* <i>Corymbia fontenayi</i> Mulsant		•	
	<i>Gracilia minuta</i> (F.)	•		
	<i>Hylotrupes bajulus</i> (L.)			•
	<i>Purpuricenus budensis</i> (Goetze)		•	
	* <i>Trichoferus fasciculatus</i> (Fald.)		•	
Cetoniidae	<i>Netocia morio</i> (F.)		•	•
	<i>Netocia oblonga</i> (Gory & Percheron)		•	•
Curculionidae	<i>Magdalis rufa</i> (Germar)	•		
	<i>Otiorhynchus meridionalis</i> Gyllenhal	•		
Dermeestidae	<i>Trogoderma versicolor</i> (Creutzer)		•	
Oedemeridae	<i>Nacerdes carniolica</i> (Gistel)	•	•	•
	* <i>Nacerdes raymondi</i> (Muls. & Godart)			•

Tableau 1

Coléoptères obtenus par piégeage dans les 3 stations de chênaie.

(*) espèces remarquables.

Les pelouses littorales

Les prospections ont été effectuées par chasse à vue, retournement des pierres, battage de la végétation au parapluie japonais. Elles ont été effectuées début novembre 2004, période de reproduction du *Cyrtonus rotundatus* qui était prioritairement recherché, après les premières pluies automnales, sur les collines de l'Escalette, le long de la route menant aux Goudes et aux alentours de Callelongue.

Famille	Espèce
Carabidae	<i>Harpalus sulphuripes</i> Germar
Chrysomelidae	<i>Chrysolina americana</i> (L.)
	<i>Timarcha tenebricosa</i> (F.)
Curculionidae	<i>Otiorhynchus meridionalis</i> Gyllenhal
Tenebrionidae	<i>Asida sericea</i> (Olivier)
	<i>Biopanes meridionalis</i> Muls. & Rey
	<i>Scaurus atratus</i> F.
	<i>Stenosis sardoa</i> (Küster)

Tableau 2

Coléoptères inventoriés dans les pelouses littorales.

Sources bibliographiques

Diverses espèces remarquables, qui ont fait l'objet de publications plus ou moins récentes, mais qui n'ont pas été retrouvées dans le cadre de ce travail, sont également prises en compte. Par ailleurs les grottes et cavités n'ont pas fait l'objet de prospections ciblées bien que le massif des Calanques soit potentiellement très favorable à ce type d'investigations en raison de sa nature géologique. Le travail de **Vedovini (1968)** donne cependant une bonne idée de la faune d'arthropodes cavernicoles des environs

immédiats de Marseille, Calanques comprises. Dans la mesure du possible la nomenclature utilisée pour les Coléoptères est tirée du site internet <http://www.faunaeur.org>.

RÉSULTATS

Faune de la chênaie, espèces protégées

La liste des espèces capturées est présentée au tableau I. Au total 19 espèces ont pu être capturées lors de ce piégeage. Il faut noter l'abondance particulière de *Netocia morio*, *Netocia oblonga* et de *Nacerdes carniolica*. Un seul exemplaire de *Cerambyx cerdo* a été obtenu lors du piégeage. Il s'agit d'une femelle de 45 mm de long, trouvée dans un piège du plateau de Cadeiron. En revanche, une quinzaine de *Cerambyx miles* ont pu être dénombrés sur le plateau, ainsi que dans les pièges de Chalabran. Aucun *Lucanus cervus* n'a été trouvé lors de ces prospections. Ce résultat ne permet évidemment pas d'exclure cette espèce du Massif des Calanques, d'autant plus que les zones prospectées ne représentent qu'une infime partie du territoire envisagé. En outre, plusieurs espèces qu'il est possible de considérer comme remarquables et d'intérêt patrimonial élevé (Caillol, 1913 ; Schaefer, 1949 ; Vásquez, 2002 ; Villiers, 1978) ont été identifiées.

BUPRESTIDAE

Agilus rosoides : espèce méridionale, peu commune, vivant sur diverses Rosaceae arborescentes.

Latipalpis plana : espèce très méditerranéenne (Provence, Corse, Italie) assez rare, liée aux Chênes, surtout malades, en partie brûlés ou dépérissant. La larve se développe dans les jeunes troncs et les branches dépérissantes de Chênes. Cette espèce semble être assez abondante sur le site, car elle nous a été également signalée par J.-P. Hébrard et M. Cornet (comm. pers.) qui l'ont rencontrée lors de leurs prospections à vue.

CERAMBYCIDAE

Corymbia fontenayi : rare et discrète, cette espèce a une aire de répartition très discontinue (Bretagne, Vendée, sud de la France, Corse, pointe nord-ouest de la péninsule ibérique, côte nord africaine). Elle est probablement assez largement répandue en Provence, mais sa présence dans une région ravagée par les incendies comme le massif des Calanques est inattendue. Sa larve se développe dans les feuillus, principalement les chênes. Cette espèce a déjà été signalée sur le massif de Canaille (Orgeas & Ponel, 2001).

Trichoferus fasciatus : espèce méridionale, également rare et discrète. Sa larve se développe dans du bois très sec d'essences très diverses.

Cerambyx miles : il s'agit d'une espèce morphologiquement assez proche de *C. cerdo*, avec une aire de répartition plus restreinte aux régions méridionales. Pouvant s'accommoder d'essences plus diverses, dont le chêne kermès (*Quercus coccifera* L.), il n'est pas étonnant de trouver plus de *C. miles* que de *C. cerdo* dans la zone étudiée. Même si elle n'est inscrite sur aucune liste de protection, *C. miles* n'en demeure pas moins importante du point de vue patrimonial. Cette espèce présente en effet une répartition européenne et française beaucoup plus restreinte que celle de *C. cerdo*.

OEDEMERIDAE

Nacerdes raymondii : espèce méconnue et assez rare dont l'aire de répartition se limite à la Provence et à la côte méditerranéenne espagnole. Sa larve se nourrirait de bois de pin en décomposition. L'adulte se trouve sur le chêne.

Faune des pelouses littorales

La liste des espèces capturées figure au tableau II. Seulement huit espèces ont été notées. Il s'agit essentiellement d'espèces banales et largement répandues dans les collines calcaires des environs de Marseille. Les Ténébrionides représentent à eux seuls la moitié des espèces, avec quatre taxons: *Asida sericea*, *Bioplanes meridionalis*, *Scaurus atratus* et *Stenosis sardoa*.

Faune des grottes et cavités

Les grottes, cavernes et autres cavités constituent un écosystème original, colonisé par une faune particulière et souvent remarquable. En raison de sa nature karstique, le massif des Calanques est riche en galeries souterraines et en failles. En 1968, Vedovini dressait un inventaire de la faune des cavités souterraines des environs de Marseille. Six d'entre elles concernaient le massif des Calanques: la Grotte Roland, les Grottes du Vallon de la Croix-Noire, la Grotte Saint-Michel d'Eau Douce, la Grotte de l'Ours, les Grottes du Vallon de la Mounine et l'Aven du Logisson n°2. Cet auteur recensait une trentaine d'espèce d'Arthropodes divers (Insectes, Arachnides, Crustacés, Myriapodes). Parmi les Insectes, il relève 3 espèces de Coléoptères : *Duvalius auberti* (Grenier) [Carabidae], *Quedius mesomelinus* (Marsham) [Staphylinidae] et *Blaps mucronata* Latreille [Tenebrionidae]. *Duvalius auberti* est une espèce endémique de la région provençale, connue seulement du Var et des Bouches-du-Rhône où il occupe uniquement les massifs calcaires situés entre Marseille et Toulon. Il s'agit donc d'un des éléments les plus remarquables de la faune d'insectes du massif des Calanques, dont la répartition présente une certaine analogie avec celle de la plante endémique *Gouffea arenarioides* DC. = *Arenaria provincialis* Chat. & Hal. Considéré comme assez rare, Vedovini déclare cependant l'avoir rencontré fréquemment dans les cavités du Massif.

Autres espèces remarquables

Cyrtonus rotundatus est certainement l'un des Coléoptères les plus importants de la région marseillaise sur le plan patrimonial. Ce Chrysomelidae présente en effet une aire de répartition française actuelle réduite à Marseille et ses environs, puisqu'il paraît éteint dans les anciennes localités de Hyères (Var) et de Sète (Hérault). Il s'agit certainement d'un insecte très menacé par la dégradation de ses biotopes littoraux. C'est une espèce nocturne et discrète, se tenant le jour dans les fentes de rochers, sous les pierres ou aux pieds des plantes. La plante hôte de cette espèce serait *Hyoseris radiata* L., dont se nourrissent larves et imagos. Caillol (1954) le cite à Marseille sur la colline de Notre-Dame de la Garde, sur l'Île Verte, à la Ciotat, mais aussi à Hyères (83) et à Menton (06). *Cyrtonus rotundatus* est (ou a été) probablement présent dans le massif des Calanques puisque une ancienne publication du siècle dernier décrit sa biologie dans une région qui pourrait correspondre aux abords du massif (Mulsant et Wachanru, 1849). Dans tous les cas, elle est citée comme très rare. Il semblerait que l'espèce soit encore présente sur la colline de Notre-Dame de la Garde, mais le seul site où l'espèce est encore observée régulièrement est l'île de Ratonneau, sur l'archipel du Frioul.

Julodis onopordi ssp. *sommeri* est un Buprestidae extrêmement rare en région méditerranéenne française mais largement répandu dans le Bassin méditerranéen. Actuellement, les seules stations connues de cet insecte en France sont le site de la Couronne-Carro, dans les Bouches-du-Rhône et la presqu'île de St-Mandrier, dans le Var. Le nombre d'individus observé est toujours faible, et actuellement, il semble qu'aucun exemplaire n'ait été trouvé depuis 1995 (Picot Manuel, 2003). En 1975, un exemplaire de *Julodis* sp. a été capturé dans une cocciferaie par J. Picard dans le massif de Marseilleveyre, au Plan des Cailles, au nord de la calanque de Marseilleveyre; cet exemplaire se trouve actuellement dans la collection L. Bigot déposée au Muséum d'histoire naturelle de Marseille (Picot Manuel, 2003). Même si cette capture est

accidentelle, il est important de considérer le massif des Calanques comme une station potentielle du fait de la rareté et de la discrétion de l'espèce, de la grande superficie du site et de l'abondance de chêne kermès qui paraît caractériser les stations provençales de ce spectaculaire bupreste.

DISCUSSION

En ce qui concerne les espèces protégées prioritairement recherchées et la faune associée à la chênaie, le choix de la période d'échantillonnage paraît opportun. En revanche, la période estivale n'est certainement pas optimale pour un grand nombre de Coléoptères dans une zone aussi aride que les Calanques. Il n'est donc pas surprenant de n'avoir comptabilisé que 19 espèces lors de la campagne de piégeage. Cependant, il est remarquable de trouver dans ce petit échantillon une proportion non négligeable d'espèces très peu communes. Par ailleurs la présence de *Cerambyx cerdo* a pu être établie dans le massif des Calanques, sur le plateau de Cadeiron. Ces résultats soulignent bien l'intérêt biologique du site des Calanques et montrent l'importance de préserver et favoriser les zones de chênaie qui subsistent.

Lucanus cervus est une espèce dont la larve est saproxylophage, c'est-à-dire qui se nourrit de bois en décomposition, particulièrement de vieilles souches pourries. L'absence de cet habitat à proximité des zones de piégeage explique probablement que l'on n'ait pas détecté la présence du lucane dans les prises.

En plus des contraintes climatiques du massif des Calanques, les pelouses littorales halophiles sont soumises au fort stress lié à la pauvreté des sols et aux embruns marins et sont fortement exposées à la pollution marine. Elles constituent indéniablement un des habitats les plus originaux du site et également un des plus menacés. D'un point de vue entomologique, ces habitats sont susceptibles d'abriter une faune intéressante de Coléoptères, dont le fameux *Cyrtonus rotundatus*, endémique de la région marseillaise (il existe cependant d'anciennes captures non confirmées sur le littoral méditerranéen de la péninsule ibérique). La richesse floristique de ces milieux pourrait conditionner notamment la présence d'une faune de Coléoptères variée.

Les résultats des prospections de ces pelouses littorales se sont cependant avérés décevants. Très peu d'espèces ont été capturées lors des prospections, ce qui ne reflète évidemment pas le potentiel entomologique de ces milieux. Cependant, l'année 2004, durant laquelle ont été effectuées les observations, s'est révélée particulièrement sèche, avec très peu de pluies printanières, une première moitié d'automne très douce, avec des pluies peu abondantes et tardives (début novembre), suivies assez rapidement d'une vague de froid. Ces conditions climatiques exceptionnelles biaisent probablement les travaux effectués sur ces habitats. *Cyrtonus rotundatus* n'a par ailleurs pas été rencontré lors des prospections. Nous disposons également de quelques données issues d'observations personnelles antérieures à cette étude et on notera ainsi la présence de quelques espèces comme les Curculionidae *Donus crinitus* (Boheman), *Hypera zoilus* (Scopoli), le Cerambycidae *Parmena solieri* Mulsant, espèce très méditerranéenne vivant dans les tiges sèches d'euphorbes ou sous les pierres, le Chrysomelidae *Chrysolina diluta* (Germar), qui est une espèce assez rare en France, vivant sur divers plantains (*Plantago* spp.). En outre il faut citer *Orthomus barbarus* (Dejean) parmi les espèces potentielles remarquables, ce Carabidae dont la taxonomie est controversée, mais qui selon les spécialistes serait une forme endémique de la région marseillaise, est connu pour le moment exclusivement de l'archipel du Frioul (Ratoneau et If). Il pourrait être présent dans les Calanques où les conditions environnementales paraissent favorables.

Le massif des Calanques abrite des espèces d'intérêt patrimoniales (*Julodis onopordi*, *Latipalpis plana*, etc.), et une espèce inscrite à l'annexe II de la Directive Habitats (*Cerambyx cerdo*). Les fragments de chênaies jouent un rôle de réservoir de faune xylophage et ont une grande importance écologique pour de nombreuses d'espèces de Coléoptères et en particulier pour les *Cerambyx*. Elles constituent ainsi un élément de biodiversité majeur pour le site. Il est ainsi remarquable de rencontrer dans le massif des espèces de Coléoptères comme *Cerambyx cerdo* ou *Latipalpis plana*, qui affectionnent plutôt les forêts plus denses. Il est par conséquent fondamental de conserver et protéger les chênaies en l'état, de préserver les arbres malades, morts et les tas de bûches qui sont des vecteurs de diversité entomologique incontestable.

L'isolement des parcelles de chênaie contribue à la fragmentation des habitats, généralement responsable d'une faible biodiversité. Il paraît donc bénéfique d'envisager la plantation de chênes verts ou de chênes pubescents afin de connecter les différents isolats de chênaies par des corridors végétaux qui favoriseraient la dispersion des espèces et une augmentation de la biodiversité.

Les pelouses et les plateaux littoraux constituent un autre type d'habitat dont l'importance entomologique est remarquable, notamment les zones présentant un sol meuble, favorable aux insectes en permettant leur enfouissement lors des périodes de froid ou de sécheresse. Il s'agit néanmoins d'habitats fragiles et exposés aux perturbations, comme la pollution liée aux embruns ou le piétinement par les randonneurs, qui peuvent être néfastes à la flore et par conséquent aux insectes phytophages qui lui sont associés. Parmi les mesures de protection qui peuvent être préconisées on peut citer principalement la canalisation des randonneurs dans les zones les plus menacées par la surfréquentation.

Il faut souligner l'importance de ces milieux de pelouses littorales qui ont été en grande partie anéantis dans la région marseillaise et dont des vestiges, fortement dégradés, se retrouvent sur les îles de Marseille et plus particulièrement sur l'île de Ratonneau (dont la richesse entomologique exceptionnelle commence à être bien connue), ainsi qu'aux alentours du cap Couronne; celui-ci vient précisément d'être identifié (données non publiées) comme une zone d'intérêt entomologique majeur au niveau national avec la présence d'espèces rares, à répartition limitée, en limite d'aire ou fortement menacées. L'intérêt entomologique de ces secteurs laisse entrevoir les potentialités de milieux comparables sur les côtes du massif des Calanques.

Le massif des Calanques se révèle ainsi être un milieu fortement marqué par la fréquence des incendies, qui ont entraîné un appauvrissement global de la diversité entomologique. Il n'en demeure pas moins un site vaste recelant un nombre important d'habitats, et globalement méconnu. Obtenir un inventaire exhaustif des Coléoptères pourrait constituer un projet intéressant pour le futur, en particulier dans la perspective de la création d'un futur Parc National. Une telle tâche pourrait cependant s'avérer longue et difficile. L'apparition d'un grand nombre d'espèces est imprévisible et largement liée aux conditions climatiques. Ceci implique un suivi régulier sur plusieurs années consécutives. Il conviendrait d'employer des méthodes de prospections variées (différents types d'appâts pour le piégeage, chasse UV, etc.).

Remerciements

Le GIP Calanques nous a accordé les financements nécessaires à la réalisation de cette étude, Michel Cornet et Jean-Pierre Hébrard nous ont communiqué certaines de leurs

données, Julien Barret a porté à notre connaissance la carte de la végétation des Calanques et nous a aidé à sélectionner les sites d'étude.

RÉFÉRENCES

- Caillol H., 1908.** *Catalogue des Coléoptères de Provence*, 1ère partie. Marseille, Société linnéenne de Provence Ed.: 521 p.
- Caillol H., 1913.** *Catalogue des Coléoptères de Provence*, 2ème partie. Marseille, Société linnéenne de Provence Ed.: 607 p.
- Caillol H., 1914.** *Catalogue des Coléoptères de Provence*, 3ème partie. Marseille, Société linnéenne de Provence Ed.: 594 p.
- Caillol H., 1954a.** *Catalogue des Coléoptères de Provence*, 4ème partie. Paris, Muséum national d'Histoire naturelle Ed.: 427 p.
- Caillol H., 1954b.** *Catalogue des Coléoptères de Provence*, 5ème partie: additions et corrections. Paris, Muséum national d'Histoire naturelle Ed.: 725 p.
- Mulsant E. et Wachanru A., 1849.** Notes pour servir à l'histoire du *Cyrtonus rotundatus* suivies de la description de cet insecte et d'une espèce voisine. *Mém. Acad. Sci. Lyon*, **2** : 401-415.
- Orgeas J. et Ponel P., 2001.** Organisation de la biodiversité des Coléoptères en milieu méditerranéen provençal dégradé par le feu (Bouches-du-Rhône, France). *La Terre et la Vie, Revue d'Ecologie*, **56** : 157-172.
- Picot Manuel M., 2003.** *Julodis onopordi* subsp. *sommeri* : évolution des populations en France et synthèse des connaissances. *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence*, **54** : 69-79.
- Ranius T., 2002.** *Osmoderma eremita* as an indicator of species richness of beetles in tree hollows. *Biodiversity and Conservation*, **11** : 931-941.
- Schaefer L., 1949.** *Les Buprestides de France*. Paris, Editions scientifiques du cabinet entomologique E. le Moutl : 511 p.
- Vázquez X.A., 2002.** *European Fauna of Oedemeridae*. Barcelone, Argania Ed.: 178 p.
- Vedovini A., 1968.** Contribution à l'inventaire faunistique des cavités souterraines des environs de Marseille. *Annales de Spéléologie*, **23** (1): 229-242.
- Villiers A., 1978.** *Faune des Coléoptères de France, Cerambycidae*. Paris, Lechevalier Ed.: 66 p.

Sites internet

<http://natura2000.environnement.gouv.fr/especes/IDX2.html>

<http://www.calanques.fr>

<http://www.faunaeur.org>

APPENDICE

Observations de *Buthus occitanus* (Arachnida, Scorpiones) dans les Calanques.

C'est le plus gros scorpion français. Ses populations paraissent actuellement en régression dans la région. Deux observations sont signalées dans le massif, constituant ainsi deux nouvelles stations pour une espèce qui n'a apparemment jamais été observée dans le massif des Calanques : un individu isolé a été observé sur le flanc sud-ouest du Mont Puget, en décembre 2002, chemin du Centaure, ruines du Jas à l'est du col de Sugiton. La station se situe sur des dalles marneuses. Un autre individu a pu être observé récemment par J.-P. Hébrard, à la calanque de Marseilleveyre, au débouché du Malvallon.

Résumé

Dans un article paru en 1883, l'océanologue marseillais Paul Gourret mentionne la présence à Marseille de vastes récifs de *Sabellaria alveolata*. La destruction de ces derniers après 1880 est imputable à trois facteurs. Le développement de la plaisance et de la pêche amateur encourage l'exploitation des colonies d'hermelles perçues comme des gisements d'appâts. L'installation de parcs d'élevage de coquillages altère l'hydrodynamisme et la sédimentation de l'espace infralittoral superficiel. Les rejets de substances polluantes modifient la qualité des eaux du littoral marseillais. L'étude de l'évolution des récifs d'hermelles marseillais illustre la nécessité d'une approche transdisciplinaire de l'histoire de l'environnement marin.

Mots-clés :

Sabellaria alveolata, sédimentation, évolution des populations, mer Méditerranée, navigation de plaisance, pollution industrielle.

Abstract

For a transdisciplinary approach of maritime history : the study of *Sabellaria alveolata* (Linné 1767) colonies in Marseilles at the end of the XIXth century.

In a paper published in 1883, the oceanographer Paul Gourret mentioned huge *Sabellaria alveolata* reefs on the shores of Marseilles. Three factors may account for their disappearance after the 1880's. The rapid growth of pleasure boating and amateur fishing increased the exploitation of these reefs as large stocks of baits. The expansion of shellfish breeding affected hydrodynamic forces as well as the sedimentation of superficial infralittoral zones. Toxic waste also affected the water quality along the shores of Marseilles. As a branch of maritime history, writing a history of the mediterranean marine environment entails an interdisciplinary approach. The study of the evolution of *Sabellaria Alveolata* colonies is thus approached by mixing remarks on the species' biology to an explanation of the anthropogenic changes which have affected the environment.

Key words :

Sabellaria alveolata, sedimentation, population dynamics, Mediterranean sea, pleasure boating, industrial pollution.

Pour une approche transdisciplinaire de l'histoire maritime : l'étude des colonies d'hermelles *Sabellaria alveolata* (Linné 1767) à Marseille (France) à la fin du XIXe siècle

Daniel FAGET

Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme, Aix en Provence
Quartier des Arnajons, 13610 PUY-STE-REPARADE
email : fadet.i.d@wanadoo.fr

Relativement marginale dans le champ historiographique français, l'histoire de l'environnement marin n'a longtemps été abordée par les chercheurs que de manière indirecte, par des travaux portant essentiellement sur l'halieutique. L'étude de la représentation des espèces sur des périodes parfois multiséculaires a été le plus souvent le fait de spécialistes d'un autre domaine, l'océanologie (Ravier-Mailly, 2003).

L'approche historique des relations entre les sociétés humaines et leur environnement marin se heurte, il est vrai, à une double difficulté :

- Elle impose d'une part la localisation de sources rares, souvent allusives et toujours dispersées. Leur analyse critique et leur synthèse, qui entre à priori assez peu dans les missions habituelles des biologistes marins, est souvent également décourageante pour les autres chercheurs.

- Elle rend d'autre part nécessaire une compréhension des mécanismes de base de la physiologie des espèces étudiées et de leur adaptabilité aux changements apportés par l'homme à son milieu, obstacle sans doute le plus sérieux pour les historiens. La prise en compte de ces deux exigences, recueil et traitement critique des sources, compréhension de la biologie de l'espèce, permet pourtant l'exploration de rivages encore peu fréquentés de l'histoire maritime, dans une optique ainsi présentée par les historiens Christiane Villain-Gandossi et Eric Rieth : « ...penser le « fait maritime » dans ses adaptations à des environnements aléatoires, et (...) l'appréhender, par une analyse systémique, comme un commun dénominateur entre sciences sociales, sciences exactes et sciences de la nature » (Villain-Gandossi et Rieth, 2001).

Un article de Paul Gourret, resté relativement méconnu de ces biologistes, nous semble à ce propos présenter un double intérêt. Il permet d'illustrer les difficultés rencontrées par les historiens de l'environnement pour appréhender l'évolution du milieu marin sur des périodes multi décennales. Il met en avant de plus les apports respectifs que peuvent autoriser des approches transdisciplinaires sur ces questions.

Publié en 1883 dans la « Revue Maritime et Coloniale », l'article du savant marseillais, sous-directeur à cette date de la station marine d'Endoume, est simplement intitulé : « Les appâts de pêche à Marseille » (**Gourret, 1883**). C'est autour des hermelles, l'un des organismes vivants mentionnés par Paul Gourret comme appât de pêche à Marseille à la fin du XIX^e siècle, que s'organise la réflexion qui va suivre. Annélide polychète sédentaire, l'hermelle est représentée en Méditerranée par deux espèces, identifiées par Linné en 1767 (*Sabellaria alveolata*) et Leuckart en 1849 (*Sabellaria spinulosa*). Ce ver de l'étage infralittoral édifie de remarquables récifs sableux constitués par la juxtaposition de petits tubes de sable aggloméré, cimenté par les sécrétions d'une glande que possède l'animal. L'apparence d'ensemble de ces colonies leur fait attribuer l'appellation populaire de « pierre d'abeille », déclinée à Marseille au XIX^e siècle sous la forme provençale de « peiro abillo ».

Bien étudiés dans l'Atlantique, où les deux espèces forment des récifs spectaculaires dans la baie du Mont Saint-Michel (**Gruet, 1982**) et dans la région de Port-en-Bessin (Calvados) (**Bellan, 1964**), l'existence, l'identification et la localisation des deux espèces en Méditerranée ont justifié jusqu'au milieu du XX^e siècle des études partielles et aux conclusions parfois contradictoires. Dans sa « Faune de France », parue en 1927, P. Fauvel présente ainsi la *Sabellaria spinulosa* comme caractérisée par de petites colonies. Il ne les localise d'ailleurs dans le domaine méditerranéen qu'en mer Noire (**Fauvel, 1927**). En 1954, J.M. Péres indique pour sa part la présence de *S. alveolata* en Sicile, et la trouve à l'état larvaire dans le golfe de Marseille (**Péres, 1954**), tandis qu'il présente l'existence de récifs importants de *S. spinulosa* à Fuka, près de Tipasa, en Algérie.

Gérard Bellan enfin, dans sa thèse sur les Annélides polychètes de la Méditerranée, précise en 1964 l'existence des deux espèces sous forme de colonies en Méditerranée. A l'époque où il écrit ces lignes, la *Sabellaria alveolata* « ...n'est pas rare en massifs dans la baie de Marseille (Pointe Rouge, la Fausse Monnaie, etc...). Les colonies s'installent soit sur des petits blocs parsemant le fond (vers 10-15 mètres de profondeur), soit en placage sur les parois verticales ».

Ce dernier auteur ajoute : « Je la considère comme exceptionnelle dans les niveaux plus superficiels »

Ces propos pourtant ne semblent guère s'accorder avec les descriptions faites par Paul Gourret en 1883, ni en ce qui concerne la profondeur à laquelle se développent ces colonies, ni en terme d'expansion de ces dernières, apparemment de très grande dimension à la fin du XIX^e siècle. Paul Gourret, relativement précis, explique en effet qu'on « exploite deux gisements principaux, celui de la Madrague de la ville, et celui du Prado. Le premier se trouve dans le fond de l'anse de la Madrague, à quelques mètres de profondeur ; le second, dans le sable fin qui forme la plage du Prado, entre l'Huveaune et la Pointe-Rouge, ainsi que contre les rochers de la côte de Montredon. De nombreux ramasseurs et des pêcheurs de profession, avec une longue barre de fer(...) détachent des fragments qu'ils retirent ensuite au moyen d'une grappe. Lorsque celle-ci est impuissante à soutenir des fragments trop volumineux ou qu'il est impossible, à cause de leur poids, de les hisser à bord, on a l'habitude de pincer dans une ganse ces fragments, de les maintenir ainsi entre deux eaux et de les transporter de cette façon jusqu'à terre. »

Cet extrait semble donc indiquer l'existence à Marseille en 1883 de vastes récifs de *Sabellaria*, que Gourret identifie comme appartenant à l'espèce *alveolata*. Si la spécialité du savant, ichtyologue de renom, peut laisser planer un doute sur le caractère infaillible de cette identification, trois éléments convergent cependant pour confirmer ses propos. Le temps d'abord, qui sépare la rédaction de l'article de Gourret de la distinction

définitive des deux espèces de *Sabellaria*, réalisée plus de trente ans plus tôt. Le témoignage analogue et contemporain ensuite de A.F. Marion. Bien que l'analyse des publications de ce dernier ne révèle aucune étude spécifique sur les Sabbellariidés, l'éminent professeur de la Faculté des Sciences de Marseille a consacré une partie de ses recherches aux Annélides. Sa thèse de doctorat soutenue à l'automne 1871 porte d'ailleurs sur les nématodes du golfe de Marseille. Il est donc très peu probable qu'il ait pu confondre les deux espèces évoquées plus haut. Ses propos confirment bien le point de vue de Paul Gourret :

« Ils raclent toutes les roches du rivage pour arracher des moules, qu'ils iront vendre par petits tas ; et ils gagneront à ce métier plus que n'exige la vie d'un Napolitain. Plus tard, on les rencontrera mieux équipés ; c'est quelquefois une famille de quatre à cinq enfants qui accompagne le père. Tout ce monde, après avoir recueilli dans les plages sableuses les peiro abillo (*Hermella alveolata*)(...)qui servent d'appâts et dont ils savent vendre à bon prix une partie aux amateurs du dimanche. » (Marion, 1891).

Troisième élément confortant l'identification de Paul Gourret, des recherches récentes d'équipes d'océanologues ont enfin démontré la possibilité de rencontrer dans le bassin occidental méditerranéen de vastes récifs de *Sabellaria alveolata*, tels ceux observés dans le golfe de Valence en 1994 (Porras *et al.*, 1996). L'existence de telles colonies sur le littoral marseillais autour de 1880 peut donc raisonnablement être admise. La soudaineté de leur mise en exploitation par les « escavaniés » napolitains surprend cependant. On désigne sous cette appellation les représentants de ces petits métiers du XIXe siècle, à la limite de la marginalité, vivant sur le littoral méditerranéen de la collecte et de la vente des appâts de pêche. A la fin du XIXe siècle à Marseille, un marché des appâts est organisé de façon spontanée sur le quai de Rive-Neuve les samedi et veille de chaque fête : « Ce marché pittoresque s'interrompt à la tombée de la nuit pour reprendre dans la soirée. Vers huit heures, à la lueur vacillante d'une lanterne ou d'une simple bougie posée à même le sol, mais qui les désigne suffisamment à l'acheteur, les vendeurs d'appâts attendent de nouveau fort tard dans la nuit ». (Gourret, 1883)

La présence sur ce marché des hermelles, « Ces amas de pierres sableuses percées » comme les décrit Paul Gourret, semble récente pour l'auteur de ces lignes. Celui-ci affirme que « ...depuis une dizaine d'années, les Napolitains ont préconisé à Marseille une nouvelle amorce que l'on désigne sous le nom de peiro abillo. »

DISCUSSION

Sauf à considérer, le cas n'est pas à exclure, que les colonies d'hermelles se soient constituées après 1870 de façon rapide par occupation d'une niche écologique, l'historien s'étonne de l'absence d'une exploitation antérieure de ces annélides. Une explication possible de la demande croissante de ce type d'appâts réside peut-être dans le développement du phénomène de la plaisance après 1850. Dispensés par le décret du 23 mai 1862 de la nécessité de se munir d'un rôle d'équipage, remplacé désormais par un simple permis de navigation (A.N.M, CC4-1276), les petits bâtiments de plaisance sont nombreux à Marseille sous le Second Empire. Le commissaire de l'Inscription maritime de ce quartier en dénombre 1800 en 1862, 2092 en 1865 (A.N.M, CC4-1276). Bien qu'on n'en compte plus que 988 en 1882, cette flotte de bâtiments modestes, pour l'essentiel recensés dans la classe des navires de moins de deux tonneaux de jauge, dépasse largement celle des inscrits maritimes, titulaires d'un rôle d'équipage et pratiquant légalement la pêche (510 en 1882). Face au flou qui a accompagné la libéralisation de la navigation en matière de régime des pêches, deux décrets précisent en 1873 et 1885 les droits des plaisanciers dans ce domaine (B.O.M., 9-12-1873. B.O.M, 1-11-1885). L'article 4 du décret du 9 décembre 1873 indique en effet qu'« à peine de retrait du permis, toute opération de commerce est absolument interdite aux

yachts et bateaux de plaisance ; ils ne peuvent pratiquer la pêche qu'accidentellement et à titre de passe-temps. » Cet article est modifié par le décret du 1er novembre 1885, qui revient sur la nature de ce dernier passe-temps : « A peine de retrait du permis(...) ils ne peuvent pratiquer la pêche qu'accidentellement, à titre de passe-temps et au moyen d'une ligne armée de deux hameçons au plus. »

Si l'autorité éprouve ainsi le besoin de continger de façon stricte l'activité halieutique des plaisanciers, c'est que l'activité de ces derniers a connu un essor réel après 1860, provoquant la colère des pêcheurs professionnels de certains quartiers. A Marseille, à La Ciotat, à La Seyne, le nombre d'ouvriers de l'industrie gonfle en effet les effectifs des pêcheurs amateurs. Si la définition précise du plaisancier est difficile à donner, on peut cependant se référer à celle qui est donnée par M. Clerc-Rampal en 1901 :

« La définition du plaisancier est impossible à donner. On peut cependant chercher à en fixer le type. C'est tout d'abord un ouvrier ou du moins un homme gagnant sa vie par un métier manuel... » (**Clerc-Rampal, 1901**).

L'autorité locale du Ministère de la marine ne dit pas autre chose en constatant avec amertume à Marseille en 1882 :

« A Marseille, plus que partout ailleurs, les pêcheurs de profession ont à souffrir de la faculté quelque limitée qu'elle soit, accordée aux plaisanciers de faire la pêche (...) La population non maritime, principalement les classes pauvres, est passionnée par la pêche. La ville est grande, très peuplée, le poisson cher et très recherché ; il y a donc, pour le plaisancier, tentation et grande facilité de vendre clandestinement les produits de la pêche, si minimes qu'ils soient. » (**A.N.M., CC4-1276**).

Clerc-Rampal précise d'ailleurs au sujet de la vente du poisson :

« Quant à l'interdiction de vendre le poisson, elle est facilement éludée. Le plaisancier n'ira pas vendre son poisson au marché, mais il ne lui sera pas interdit de le céder à ses voisins pour de l'argent ».

L'évolution du nombre de fabricants et marchands d'hameçons à Marseille entre 1853 et 1923 (Figure 1) témoigne de cette passion marseillaise pour la pêche à la ligne, de la côte, où à la palangrotte à l'aide de petites embarcations. On passe ainsi de 4 à 16 fabricants entre 1867 et 1887, avant de redescendre à un chiffre moyen de 10 entre 1900 et 1923. Les journalistes marseillais brocardent d'ailleurs gentiment ce goût de la population locale. Dans sa chronique du lundi publiée en 1893 dans le *Petit Marseillais*, Albert Espanet dresse ainsi un portrait très folklorique de ces pêcheurs amateurs qu'il divise en deux classes :

« Ceux qui partent la veille pour faire une partie de cabanon et de bateau, que vous trouverez seulement aux confins de l'Estaque ou de Morgiou, et ceux qui résignés patients, se contentent de la ligne et font des haltes de plusieurs heures sur la jetée ou à la Madrague pour récolter une imaginaire bouillabaisse » (**P.M., 27-3-1893**).

Dans une phase de déclin de la pêche artisanale à Marseille, à un moment où les besoins en appâts des inscrits maritimes cessent d'être importants, en raison de la quasi-disparition dans ce quartier des palangriers, on mesure le changement de nature de la pression exercée par l'activité halieutique sur le milieu marin. Jusqu'en 1850 en effet, la pêche au palangre exige un approvisionnement régulier en sardines ; c'est là une source de conflits importants dès la fin du XVIIIe siècle entre les sardiniers marseillais, soucieux d'assurer la liberté de vente de leurs prises sur les marchés de la ville, et les palangriers catalans, qui achètent directement en mer, à un prix inférieur à celui du marché urbain, les sardines destinées à amorcer leurs bras de ligne. Après 1860, la multiplication des pêcheurs amateurs accentue les prélèvements d'espèces dans la bande infra littorale. Les hermelles répondent à ce titre parfaitement aux attentes des plaisanciers. Ces annélides, qui n'excèdent pas 4 centimètres, sont bien adaptées aux

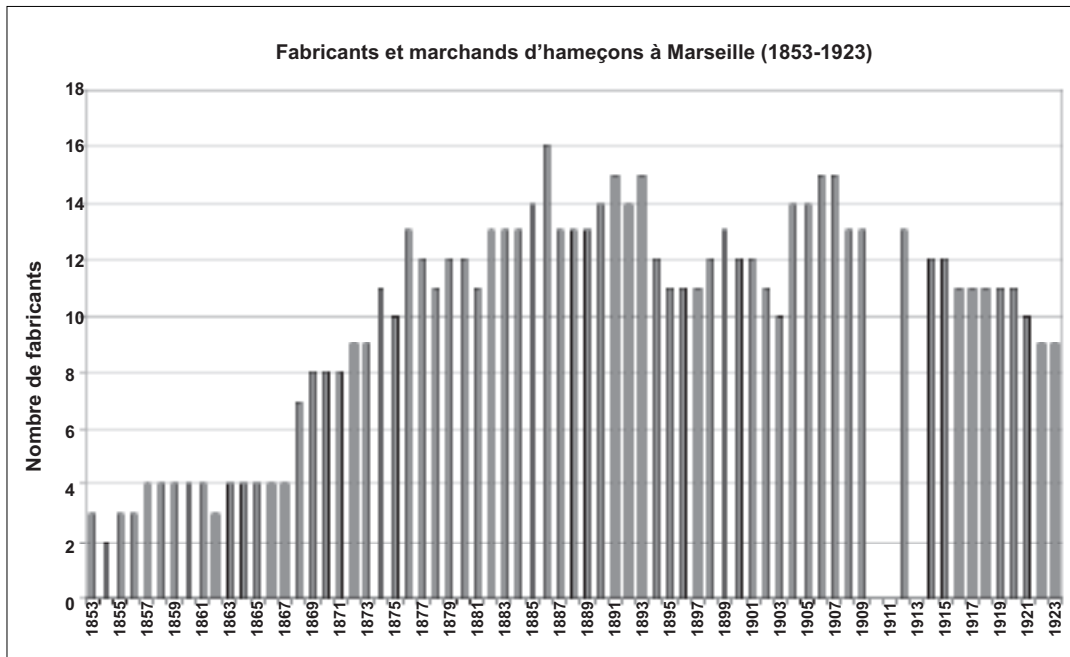


Figure 1
Fabricants et marchands d'hameçons à Marseille entre 1853 et 1923.

deux hameçons des palangrottes, habituellement des numéros 11 ou 12, alors qu'elles étaient de trop petite taille pour assurer la calaison des palangres.

L'estimation du marché des hermelles en 1882, qui nous est fournie par Paul Gourret, nous donne à ce titre la pleine mesure de la brutalité avec laquelle sont exploités les récifs :

« Les Peiro abillo sont vendues le samedi sur les quais, directement par les ramasseurs. Ceux-ci en débitent près de 1000 kg ce jour-là. Sans parler des hermelles vendues les autres jours de la semaine par les marchands, ni de celles que les Napolitains se réservent pour leur propre pêche, la quantité ainsi consommée est importante et peut être évaluée au moins à 50 000 kg par an. »

Les récifs, à ce rythme, sont vite démembrés, ce que relève quelques lignes plus loin l'auteur, qui signale, au même moment l'existence d'autres colonies plus éloignées du port :

« Cette industrie, relativement récente, puisqu'elle ne remonte guère au-delà de 1880, n'aura pas une bien longue durée ; car, déjà, les Peiro abillo de la Madrague deviennent rares et celles de Montredon ont diminué dans d'énormes proportions. Les partisans de ces vers n'ont cependant pas à s'alarmer, puisqu'on vient de découvrir au cap Couronne, sur la limite Nord-Ouest du golfe, une nouvelle station d'hermelles. »

La cause de la destruction des colonies d'hermelles à Marseille entre 1870 et 1900 ne semble donc pas douteuse. La faible représentation de l'espèce à l'époque actuelle semble cependant obéir à des causes plus complexes. A partir du début du XXe siècle en effet, l'épuisement des gisements d'appâts à Marseille oblige le milieu de la plaisance à normaliser ses approvisionnements. Le marché spontané du quai de Rive-Neuve perd de son importance, au profit des marchands d'appâts patentés, souvent associés au commerce des articles de pêche. Ces vendeurs se fournissent désormais essentiellement dans le département limitrophe du Var, Toulon devenant le centre principal d'approvisionnement de la pêche. Ainsi, en 1902, ce quartier maritime assure à lui seul 95% de la valeur de la commercialisation de ces produits sur le littoral méditerranéen français (**R.M.C, 1898-1902**). Dès lors, à un moment où se relâche la pression sur l'espèce à Marseille, il est permis de se demander pourquoi les colonies d'hermelles ne se sont pas reconstituées, selon un processus de recolonisation comparable à celui observé dans quelques stations de la côte de Valence en 1994. L'espèce *Sabellaria alveolata* ne disparaît pas en effet des eaux de Marseille au siècle

dernier, puisque Gérard Bellan la retrouve au début des années 1960 en massifs sur ce littoral (Bellan, 1964), absente toutefois sous la forme de récifs de grande dimension mentionnés par Paul Gourret en 1883.

D'autres facteurs, agissant parallèlement ou ultérieurement au prélèvement mécanique effectués par les plaisanciers, semblent donc déterminants dans l'évolution de la représentation de l'espèce à Marseille, comme l'indique l'étude des sites du Prado ou de la Madrague. La constitution des récifs de *Sabellaria* résulte de conditions hydrodynamiques très précises. Celles-ci doivent associer dans un équilibre fragile des eaux suffisamment brassées et remuées pour que les soies entourant la bouche de l'hermelle puissent capter et sélectionner les grains de sable indispensables à la confection de son tube, et un apport alluvionnaire limité, condition nécessaire pour éviter tout risque d'enfouissement du récif. L'anse du Prado apparaît à ce titre au début du XIXe siècle comme un système équilibré. Le plan cadastral général de Marseille, réalisé en 1819 (A.M.M., 3 P 1101), montre sur cette portion de la côte un linéaire régularisé par un courant dominant longeant la plage selon une direction S.E-N.E ; le petit poulier accroché à l'embouchure de la rive gauche de l'Huveaune témoigne de ce dispositif général. Au milieu du XIXe siècle (1855), une première modification est apportée à cet ensemble : un embarcadère perpendiculaire au rivage, d'une soixantaine de mètres, est construit sur la rive droite de l'Huveaune, destiné à l'accostage des navires de plaisance (A.M.M., 22 O 5) accompagné quelques années plus tard (1863) de la construction d'une promenade au bord de la mer au sud de l'hémicycle du Prado (A.M.M., 7 O 30). Ces premières modifications ne semblent pas cependant avoir mis en péril les récifs d'hermelles, puisque ceux-ci sont exploités dans les décennies suivantes. Si des remblais sont déversés lors de l'aménagement de la promenade, comme le montre une photographie de la plage du Prado réalisée avant 1914 (Figure .2), les relevés topographiques de 1896 (A.M.M., 102 Fi) ne présentent aucune modification majeure du trait de côte. La simple comparaison des cartes est cependant trompeuse. N'y figurent en effet aucune des installations de parcage des coquillages, ni aucune des infrastructures touristiques légères qui dans les faits se multiplient entre 1875 et 1885 sur ce site. Les arrêtés autorisant les concessions de parcelles du domaine maritime, conservés aux Archives nationales de Vincennes, attirent notre attention sur des aménagements aujourd'hui oubliés, qui ont pu représenter un obstacle sérieux à la régénération des colonies d'hermelles. Entre 1872 et 1896, ce sont ainsi 14 parcs à coquillages et viviers pour appâts de pêche qui sont installés à quelques mètres du rivage entre Montredon et l'embouchure de l'Huveaune. Le plus important d'entre eux, celui concédé à Adolphe Chaix en juin 1872, s'étale sur 1100m². Des pieux de bois, plantés à faible profondeur dans le sable, y servent de structures pour l'engraissement des moules (A.N.M., CC5-387). A quelques encablures de là, une passerelle est construite en août 1882 par un exploitant de bains de mer, Langon, à même la plage du Prado (A.N.M., CC5-245), tandis qu'en 1886, le restaurateur marseillais Hippolyte Taxil aménage un restaurant sur la mer dans l'anse de la Madrague, équipé lui aussi d'un parc à coquillage (A.N.M., CC5-384).

Il n'est pas absurde de penser que la multiplication de ces réalisations ait pu quelque peu modifier les mécanismes d'alluvionnement en œuvre le long de ce littoral, rompant le délicat équilibre des récifs. A cette possible origine mécanique de la désagrégation des colonies d'hermelles, qu'il convient de prendre en compte, s'ajoute cependant un phénomène sans doute plus déterminant dans leur disparition, celui d'une altération durable et de grande ampleur de la qualité des eaux sur cette portion du littoral après 1870.

Avant cette date, deux types d'industries coexistent dans l'espace étudié. L'une est constituée de moulins à grains, installés dès le Moyen-âge sur des béals aménagés à proximité de l'embouchure de l'Huveaune (Teisseire, 1936). L'autre, adossée à l'anse de



Figure 2

Partie sud de la promenade du Prado, 1914. On aperçoit un enrochement en contrebas de l'avenue, qui a remplacé la plage qui existait au début du Second Empire. Le même aménagement caractérise le nord de la promenade, non visible sur ce cliché.

A.D. des Bouches-du-Rhône, 6 Fi 3756

l'Escalette, concerne la métallurgie très polluante des métaux non ferreux. L'usine de plomb de l'Escalette, dont les activités déclinent lentement dans les deux dernières décennies du XIXe siècle (Raveux, 1996) ne semble pas toutefois avoir altéré le développement des *Sabellaria*. La décennie 1870 signe cependant une accélération de la dégradation des eaux du Prado, par une industrialisation généralisée des berges de l'Huveaune et de son affluent, le Jarret. Dans le petit fleuve côtier se déversent à partir de cette date des quantités importantes d'acides (utilisés tant dans les fabriques d'indiennes ou les huileries de l'Huveaune que dans les usines de décolletage du Jarret), fruits d'activités stimulées par l'ouverture en 1876 de la gare du Prado. L'urbanisation croissante des espaces sud et est de Marseille qui accompagne l'industrialisation (quartiers du Prado, de Mazargues, des Chartreux, de Montolivet, de la Blancarde) trouve de plus dans ces cours d'eau un débouché naturel aux eaux usées d'origine domestique. La plupart de ces quartiers, il faut le rappeler, n'ont pas été raccordés au grand collecteur d'égout de l'ingénieur Charavel, qui transporte à partir de 1895 jusqu'à l'émissaire de Cortiou les rejets quotidiens des familles marseillaises. Les témoignages dont nous disposons pour les premières décennies du XXe siècle sont d'ailleurs éloquentes. Ainsi, cette pétition des habitants de Saint-Giniez (chemin de Mazargues) en 1924, qui déplorent que :

« En temps ordinaire, une rigole coule tout le long du trottoir et charrie vers l'Huveaune les résidus chimiques et oléagineux de l'usine Reggio et toutes les ordures ménagères qui y sont jetées d'un peu partout, car la majeure partie des maisons ne possèdent ni cabinets, ni tout-à-l'égout, ni même en quelques cas de fosse à purin » (A.M.M., 30 O 4).

Malgré des raccordements partiels dans les années 1930, la situation n'est pas meilleure dans les années 1950. Dans un article du journal « Le Provençal » conservé à la Chambre de Commerce de Marseille, non daté mais vraisemblablement écrit après 1948 (le Professeur Pérès y est présenté comme directeur de la Station Marine d'Endoume), le tableau de la qualité des eaux du Prado est aussi accablant :

« (...l'eau) est noire, boueuse, comme une immonde eau de vaisselle. Des milliers de baigneurs s'ébattent là, dans cette fange puante et insinuante, chargée de tous les déchets de la grande ville vomis par la gueule de l'Huveaune(...). Les égouts ne suffisaient pas, il fallait y ajouter les excréments d'usines. (...) Les pêcheurs de la Pointe-Rouge et de la Vieille-Chapelle n'hésitent pas, quant à eux, à mettre sur le compte de cet envahissement d'eaux polluées les pêches de plus en plus faméliques... » (A.C.C, MR 4521).

CONCLUSION

Avant même les aménagements de grande ampleur de l'anse du Prado, qui à partir de 1975 modifient radicalement la physionomie de cette portion du littoral marseillais pour lui donner l'aspect que nous connaissons aujourd'hui, de nombreux facteurs ont donc contribué, entre 1870 et la deuxième moitié du XXe siècle, à la disparition des récifs d'hermelles. Ces causes, mécaniques ou chimiques ont une origine essentiellement anthropique. Elles ont dû être suffisamment puissantes pour empêcher toute régénération des récifs, alors que l'espèce ne disparaît pas des eaux de Marseille et que la pluie larvaire aurait pu, sans modification du milieu, suffire à cette recolonisation. L'étude de la représentation locale d'une espèce, nous venons de le voir, doit associer pour rendre celle-ci intelligible sur la moyenne durée, une connaissance de la biologie de l'espèce à un repérage précis des interventions humaines qui ont pu conditionner son importance. En ce sens, le cas des colonies marseillaises de *Sabellaria alveolata* illustre bien la nécessité d'une approche transdisciplinaire de l'histoire de l'environnement marin.

RÉFÉRENCES ARCHIVES

Archives de la Chambre de Commerce de Marseille :

A.C.C : MR 4521, article du Provençal non daté, postérieur à 1948.

Archives municipales de Marseille :

A.M.M.3 P 1101, plan cadastral général de Marseille, 1819.

A.M.M.22 O 5, établissement d'un embarcadère au Prado, 1855

A.M.M.7 O 30, construction d'une promenade au sud de l'hémicycle du Prado, 1855-1863

A.M.M.102 Fi, carte de la commune de Marseille et de ses environs, 1896

A.M.M.30 O 4, Archives municipales de Marseille, pétition des habitants de Saint-Ciniez à la Commission municipale des travaux d'assainissement, 5 avril 1924.

Archives nationales de la marine (dépôt de Vincennes).

A.NM.CC4 1276, Déclaration de Chasseloup-Laubat, ministre de la marine, 23 mai 1862.

A.N.M.CC4 1276, Lettre du Commissaire de l'Inscription maritime de Marseille au Commissaire général, 9 décembre 1865.

A.N.M.CC5 387, Archives Nationale de la Marine à Vincennes, dossier Adolphe Chaix, 19 juin 1872.

A.N.M.CC5 245, idem, dossier Langon, 30 août 1882.

A.N.M.CC5 384, idem, dossier Hippolyte Taxil, 18 février 1886.

Bulletin Officiel de la Marine.

B.O.M., décret de Mac Mahon du 9 décembre 1873, décret de Jules Grévy du 10 novembre 1885.

RÉFÉRENCES

Bellan G., 1964, *Contribution à l'étude systématique, bionomique et écologique des Annélides Polychètes de la Méditerranée.* Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de l'Université d'Aix-Marseille, 53 pp.

Clerc-Rampal M., 1901. La pêche en Méditerranée. Mémoires et comptes-rendus des séances du Congrès International d'Aquiculture et de Pêche de Paris.

Fauvel P., 1927, Faune de France, 16 : 206-210.

- Gourret P., 1883.** Les appâts de pêche usités à Marseille. *Rev. Marit. et Colon.* : 427-443.
- Gruet Y., 1982.** *Recherches sur l'écologie des récifs d'hermelles édifiés par l'annélide polychète Sabellaria alveolata (Linné)*. Thèse de doctorat, Université de Nantes ; 234 pp.
- Marion A.F., 1891.** Observations climatériques faites à la Station Zoologique d'Endoume pour servir à l'étude du régime des pêches régionales. *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille*, **3** : 5-40.
- Péres J.M., 1954.** Contribution à l'étude des Annélides Polychètes de la Méditerranée occidentale. *Rev. Trav. Scient. Stat. Mar. End.*, **83** : 137 pp.
- Porras R., Bataller J.V., Margui E., Torregrasa M.T., 1996.** Trophic structure and community composition of Polychaetes inhabiting some *Sabellaria alveolata* (L.) reefs along the Valencia gulf coast, western Mediterranean Sea. *Marine Ecology*, **17**(4) : 13 pp.
- Ravier-Mailly C., 2003.** *Fluctuations à long terme du thon rouge : validité, origines et conséquences*. Thèse présentée devant l'École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.
- Raveux O., 1996.** *Une histoire méditerranéenne, la métallurgie et la construction mécanique à Marseille au XIX^e siècle*. Thèse de doctorat, Université de Provence.
- Teisseire R., 1936.** *Histoire du Grand Béal de l'Huveaune et du Béal de Barral*. Imprimerie du Petit Marseillais, 32 pp.
- Villain-Gandossi C., Rieth E., 2001.** Pour une histoire du fait maritime. Sources et champ de recherche. *Com. des Trav. Hist. et Scient.*, **14-15** : 461 pp.

Résumé

Dans le cadre de l'élaboration du document d'objectif sur le site Natura 2000 des Calanques dans les Bouches-du-Rhône (France), un inventaire de la faune des Orthoptères et des Mantodes a été réalisé par le Groupement d'Etudes Entomologiques Méditerranée (G.E.E.M.). Il ne fait apparaître que deux espèces d'intérêt patrimonial (*Saga pedo* (Pallas, 1771) et *Euchorhippus chopardi* Descamps, 1968), mais montre néanmoins une bonne diversité, compte tenu de l'homogénéité des biotopes du site.

Mots-clés :

Orthoptères, Mantodes, inventaire, Calanques, Natura 2000, FR9301602.

Abstract

Inventory of Orthoptera and Mantodea species within the Natura 2000 site of "Calanques" (Bouches-du-Rhône, France).

Within the framework of the elaboration of the document of objective on the site Natura 2000 of "Calanques" in "Bouches-du-Rhône, France" area, an inventory of the fauna of Orthoptera and Mantodea was carried out by the "Groupement d'Études Entomologiques Méditerranée (G.E.E.M.)". It reveals only two species of patrimonial interest (*Saga pedo* (Pallas, 1771) and *Euchorhippus chopardi* Descamps, 1968), but shows nevertheless a good diversity, taking into account the homogeneity of the biotopes of the site.

Key words :

Orthoptera, Mantodea, inventory, Natura 2000, FR9301602.

Inventaire des espèces d'Orthoptères et de Mantodes du site Natura 2000 des Calanques (Bouches-du-Rhône, France).

Michèle LEMONNIER-DARCEMONT

Groupement d'Etudes Entomologiques Méditerranée (G.E.E.M.), Hameau de St Donat, 240 chemin du Vignaou, 83440 Callian, France.
michele.lemonnier-darcemont@geem.org

Le secteur des Calanques est inclus dans le site Natura 2000 des Calanques et îles marseillaises - Cap Canaille et massif du Grand Caunet (FR9301602), entièrement localisé dans le département des Bouches-du-Rhône. Il concerne exclusivement l'étage méditerranéen des botanistes et il est situé sur substrat calcaire.

A la demande du GIP des Calanques, opérateur du site, l'étude des peuplements d'insectes Orthoptères a été confiée au GEEM, durant le printemps et l'été 2004. Cet article expose le résultat des prospections de cette campagne.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La période de prospections sur le site s'est étendue de mai à août, couvrant ainsi l'ensemble des phénologies des Orthoptères de la région méditerranéenne. L'échantillonnage a été réalisé selon la méthode des relevés à vue et à l'ouïe (chant). Seuls les spécimens douteux sont capturés (au filet raquette). Ce procédé qui possède l'énorme avantage de n'occasionner que peu de perturbations dans le peuplement, permet néanmoins d'obtenir des estimations assez précises. Les relevés systématiques sont complétés par quelques battages d'arbustes et de buissons à l'aide d'un parapluie japonais, de manière à prendre en compte les espèces frondicoles, plus discrètes.

Quelques groupes géophiles comme les Orthoptères *Tetrigidae*, ou certains *Gryllidae* ne peuvent figurer que de façon ponctuelle dans cette liste. Leur mode de vie lié au sol et l'absence de chant rendent nécessaires l'utilisation de méthodes de piégeage spécifiques, proches de celles utilisées pour les insectes Coléoptères. Elles n'ont pas été mises en œuvre dans le cadre de cette étude, en raison de l'étendue de la zone à prospecter et du manque de temps.

Enfin, quelques sorties de nuit ont été effectuées, afin que soient correctement intégrés à cet inventaire les taxa dont l'activité est essentiellement nocturne.

RÉSULTATS

La nomenclature utilisée pour les Orthoptères est celle de **Bernard Defaut (1999)**, et pour les Mantes celle de **Kurt Harz & Alfred Kaltenbach (1976)**.

Les tableaux suivants présentent une cotation par taxon qui correspond à leur fréquence d'apparition en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. En caractères gras sont indiquées les espèces qui présentent un intérêt patrimonial particulièrement important pour la région PACA du fait de leur statut, notamment les espèces endémiques, en limite d'aire, sensibles ou menacées ou qui sont protégées par la législation.

Une cotation régionale à trois chiffres est attribuée à chaque espèce :

- 1^{er} chiffre : 1 = espèce commune en PACA
 2 = espèce peu commune en PACA
- 2^{ème} chiffre : 1 = espèce à large répartition en PACA
 2 = espèce localisée en PACA
- 3^{ème} chiffre : 1 = espèce ubiquiste
 2 = espèce inféodée à certains biotopes

Un indice global de 1 (faible intérêt) à 4 (fort intérêt), est estimé en faisant la somme de ces trois chiffres – 2.

Les tableaux I, II et III récapitulent les indices globaux des taxons rencontrés.

Tableau 1
Cotation de la fréquence d'apparition des Mantes en région PACA.

MANTES	cotation	indice
<i>Mantidae</i>		
<i>Ameles decolor</i> Charpentier, 1825	112	2
<i>Empusa pennata</i> (Thunberg, 1815)	212	3
<i>Mantis religiosa</i> Linné, 1758	111	1

Tableau 2
Cotation de la fréquence d'apparition des Orthoptères Ensifères en région PACA.

ORTHOPTERES ENSIFERES	cotation	indice
TETTIGONIIDAE		
<i>Barbitistesfischeri</i> (Yersin, 1854)	112	2
<i>Decticus albifrons</i> (Fabricius, 1775)	112	2
<i>Platycleis (Platycleis) affinis</i> Fieber, 1853	112	2
<i>Platycleis (Platycleis) sabulosa</i> Azam, 1901	112	2
<i>Platycleis (Tessellana) tessellata</i> (Charpentier, 1825)	111	1
Saga pedo (Pallas, 1771)	212	3
<i>Tettigonia viridissima</i> Linné, 1758	111	1
<i>Tylopsis lilifolia</i> (Fabricius, 1793)	112	2
GRYLLIDAE		
<i>Arachnocephalus vestitus</i> (Costa, 1855)	112	2
<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773	112	2
<i>Oecanthus pellucens pellucens</i> (Scopoli, 1753)	112	2

ORTHOPTERES CAELIFERES	cotation	indice
ACRIDIDAE		
<i>Aiolopus thalassinus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)	112	2
<i>Anacridium aegyptium</i> (Linné, 1764)	112	2
<i>Calliptamus barbarus barbarus</i> (Costa, 1836)	112	2
<i>Calliptamus wattenwylianus</i> (Pantel, 1896)	112	2
<i>Chorthippus (Glyptobothrus) brunneus brunneus</i> (Thunberg, 1815)	111	1
<i>Dociostaurus jagoi</i> Soltani, 1978	112	2
<i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815)	112	2
<i>Euchorthippus chopardi</i> Descamps, 1968	212	3
<i>Euchorthippus pulvinatus gallicus</i> (Maran, 1957)	112	2
<i>Oedipoda caerulescens caerulescens</i> (Linné, 1758)	112	2
<i>Oedipoda germanica</i> (Latreille, 1804)	112	2
<i>Omocestus (Dirshius) raymondi raymondi</i> (Yersin, 1863)	112	2
<i>Omocestus (Omocestus) rufipes</i> (Zetterstedt, 1821)	111	1
<i>Pezotettix giornai</i> (Rossi, 1794)	111	1
<i>Ramburiella hispanica</i> (Rambur, 1838)	122	3

Tableau 1

Cotation de la fréquence d'apparition des Orthoptères Caélifères en région PACA.

DISCUSSION

Les communautés d'Orthoptères échantillonnées sur le site révèlent, comme l'on pouvait s'y attendre, une très nette prédominance des éléments méditerranéens :

Eléments méso-méditerranéens

Ils ne s'élèvent que sporadiquement au-delà de l'étage méditerranéen : *Arachnocephalus vestitus*, *Calliptamus wattenwylianus*, *Anacridium aegyptium*, *Dociostaurus jagoi*, *Dociostaurus maroccanus*, *Ramburiella hispanica* et *Omocestus raymondi raymondi*. Ce dernier s'avère relativement commun dans les zones de garrigues au sol caillouteux, au tout début de l'été (22% de représentation).

Eléments médio-méditerranéens

Leur préférendum se situe dans les étages méso-méditerranéen et supra-méditerranéen, avec parfois pour certains, quelques incursions dans le montagnard en conditions microclimatiques favorables : *Tylopsis lilifolia*, *Platycleis affinis*, *Platycleis sabulosa*, *Platycleis tessellata*, *Saga pedo*, *Oecanthus pellucens*, *Gryllus bimaculatus*, *Pezotettix giornai*, et enfin les trois mantes, *Mantis religiosa*, *Ameles decolor*, *Empusa pennata*. C'est dans ce groupe que nous trouvons les espèces qui dominent sur l'ensemble du site. Pour les Ensifères, *Decticus albifrons* (33% de représentation) et *Barbitistes fischeri* (22%), hôte typique des garrigues méditerranéennes qui vit essentiellement sur les buissons et arbustes. Chez les Caelifères, nous notons la suprématie de *Calliptamus barbarus* (44%), qui affectionne particulièrement les milieux très xériques et écorchés. Il est suivi dans une moindre mesure, par *Euchorthippus pulvinatus gallicus* (22%), qui, tout en fréquentant souvent les mêmes biotopes que lui, se cantonne dans les zones les plus denses en végétation herbacée.

Eléments ubiquistes de plaine

Présents depuis la zone méditerranéenne, le plus souvent jusque dans l'étage montagnard, et signalés de la majeure partie des plaines françaises, ils sont représentés par *Oedipoda caerulescens caerulescens*, *Oedipoda germanica*, *Chorthippus brunneus brunneus*, tous d'affinité xérophile, mais aussi par des espèces plus indifférentes par rapport au climat, telles que *Tettigonia viridissima* ou *Omocestus rufipes*.

Tableau 4
 Distribution des taxons
 rencontrés selon le
 type de milieu :
 1 – Pelouses xériques
 méditerranéennes
 2 – Garrigues
 agricoles de l'étage
 mésoméditerranéen.
 (X2 : dans la
 végétation herbacée)

Par ailleurs les stations étudiées sur le site Natura 2000 des Calanques présentent une certaine homogénéité entre elles. Dans le tableau IV nous les avons regroupées en deux grands types de milieux, sachant que les Orthoptères et les Mantès dépendent rarement d'une formation végétale précise mais davantage d'une structure végétale stationnelle :

1. Pelouses xériques méditerranéennes
2. Garrigues calcicoles de l'étage mésoméditerranéen, plus ou moins ouvertes et basses, parfois sur éboulis mais avec une certaine proportion d'herbacée.

ESPECES	1.	2.
<i>Aiolopus thalassinus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)	X	X
<i>Ameles decolor</i> Charpentier, 1825		X
<i>Anacridium aegyptium</i> (Linné, 1764)		X
<i>Arachnocephalus vestitus</i> (Costa, 1855)		X
<i>Barbitistes fischeri</i> (Yersin, 1854)		X
<i>Calliptamus barbarus barbarus</i> (Costa, 1836)	X	X
<i>Calliptamus wattenwylianus</i> (Pantel, 1896)		X
<i>Chorthippus (Glyptobothrus) brunneus brunneus</i> (Thunberg, 1815)	X	
<i>Decticus albifrons</i> (Fabricius, 1775)	X	X ²
<i>Dociostaurus jagoi</i> Soltani, 1978		X
<i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815)	X	
<i>Empusa pennata</i> (Thunberg, 1815)		X
<i>Euchorthippus chopardi</i> Descamps, 1968		X
<i>Euchorthippus pulvinatus gallicus</i> (Maran, 1957)	X	X
<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773	X	
<i>Mantis religiosa</i> Linné, 1758	X	X
<i>Oecanthus pellucens pellucens</i> (Scopoli, 1753)	X	X
<i>Oedipoda caerulea caerulea</i> (Linné, 1758)		X
<i>Oedipoda germanica</i> (Latreille, 1804)		X
<i>Omocestus (Dirshius) raymondi raymondi</i> (Yersin, 1863)		X
<i>Omocestus (Omocestus) rufipes</i> (Zetterstedt, 1821)	X	X
<i>Pezotettix giornai</i> (Rossi, 1794)		X
<i>Platycleis (Platycleis) affinis</i> Fieber, 1853		X
<i>Platycleis (Platycleis) sabulosa</i> Azam, 1901		X
<i>Platycleis (Tessellana) tessellata</i> (Charpentier, 1825)	X	
<i>Ramburiella hispanica</i> (Rambur, 1838)		X
<i>Saga pedo</i> (Pallas, 1771)		X
<i>Tettigonia viridissima</i> Linné, 1758	X	X
<i>Tylopsis lilifolia</i> (Fabricius, 1793)		X

CONCLUSION

Cet inventaire, effectué en une seule saison d'échantillonnages, bien que non exhaustif, donne une bonne vision de la diversité des faunes d'Orthoptères du site. Il ne fait apparaître que deux espèces d'intérêt patrimonial (*Saga pedo* (Pallas, 1771) et *Euchorthippus chopardi* Descamps, 1968), mais montre néanmoins une bonne diversité, compte tenu de l'homogénéité des biotopes.

Afin de pérenniser ces peuplements existants, quelques mesures de gestion peuvent être conseillées, en fonction des principales formations végétales représentées :

Dans les garrigues, il convient d'endiguer par endroits la fermeture des milieux et de privilégier pour le débroussaillage le pacage ponctuel par de très petites unités de Caprins. Si nécessaire, quelques éclaircissements mécaniques en mosaïque peuvent être effectués durant la saison hivernale, en préservant quelques îlots plus denses de végétation.

Dans les vallons et les calanques proprement dites, il est indispensable de maîtriser les flux touristiques. Une pression trop forte entraînerait une dégradation rapide de certains milieux déjà fragilisés, notamment par des conditions climatiques rigoureuses (sécheresse) et la proximité immédiate de la mer.

Dans les bois clairs, la plantation de résineux est à proscrire et tout projet ayant pour conséquence une banalisation de ces milieux est à éviter. Il est également conseillé de laisser sur place le bois mort et les souches d'arbres coupés.

RÉFÉRENCES

Defaut B., 1999. *Synopsis des Orthoptères de France (deuxième édition, révisée et augmentée)*. Bédailhac, Ascète Ed. : 522 p.

Harz K. & Kaltenbach A., 1976. *Die Orthopteren Europas / The Orthoptera of Europe*. III. Series entomologica, 12. 's Gravenhage (La Haye), Dr. W. Junk Ed : 434 p.

Résumé

Trois spécimens d'ours brun (*Ursus arctos* de la collection Hagenmüller conservée au MHN de Marseille, récoltés au Djebel Thaya (Algérie) et déterminés à l'origine respectivement *Ursus lartetianus*, *U. rouvieri*, et *U. faidherbianus*, ont fait l'objet d'une datation par le radiocarbone. Deux âges pléistocènes supérieurs et un âge holocène ancien ont été obtenus. Ils portent à 9 le nombre d'individus distincts d'ours datés pour le Maghreb.

Si l'hypothèse de la réduction de la taille des individus, sensée accompagner l'extinction de l'espèce, n'est pas invalidée (les individus datés à ce jour qui vivaient au premier millénaire de notre ère au Maghreb sont tous de petite taille), les fossiles du Djebel Thaya démontrent en revanche la présence d'individus de petite taille aux côtés d'individus de grande taille vers 10 000 BP.

Mots-clés :

Ursus arctos, Algérie.

Abstract

Recent history of brown bear (*Ursus arctos* Linné) in Mahgreb.

Contribution to fossils of Algeria

Radiocarbon dating has been applied to three specimens of brown bear belonging to the Hagenmüller collection of the MHN of Marseille collected in the Djebel Thaya (Algeria). They were originally labelled respectively as *Ursus lartetianus*, *U. rouvieri*, and *U. faidherbianus*. Two ages are Late Pleistocene and one is Early Holocene, rising up to 9 the number of 14C ages for fossils of brown bear in the Maghreb. If the hypothesis of size decrease in connection with the extinction of the lineage in the Maghreb is not falsified (individuals which lived in the first millennium of the Common Era are all of small size), the fossils of Djebel Thaya nevertheless demonstrate the occurrence of small sized individuals aside large ones ca 10.000 BP.

Key words :

Ursus arctos, Algeria

Figure 1

Répartition des gisements à ours au Maghreb. Les sigles renvoient aux gisements rapportés dans le tableau II. Pour respecter le pouvoir de résolution de la chronologie radio-isotopique, la période historique a été distinguée de l'Holocène qui l'inclut.

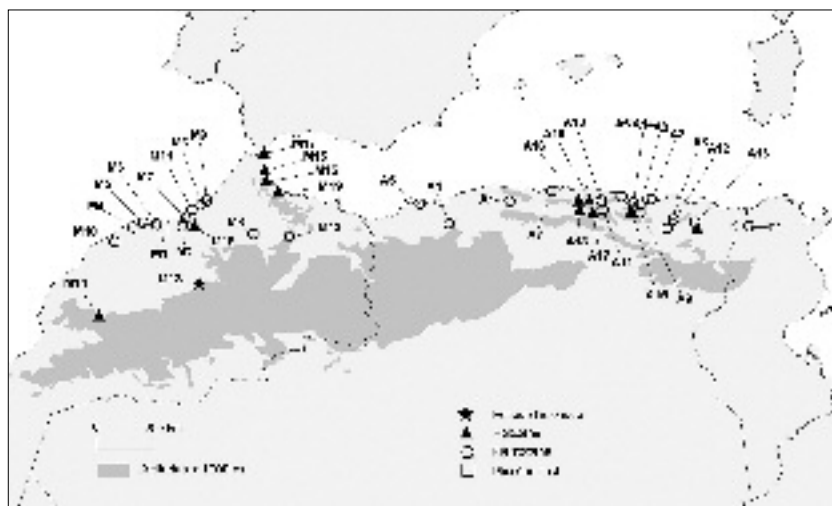
Histoire récente de l'ours brun (*Ursus arctos* Linné, 1758) au Maghreb. Contribution des fossiles d'Algérie

Jacques MICHAUX* et Michel THEVENOT**.

* Laboratoire de Paléontologie EPHE et Institut des Sciences de l'Evolution, Université Montpellier-2, place E. Bataillon, 34095, Montpellier cedex 05, France.

** Laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés EPHE, Montpellier, France.

L'ours brun, *Ursus arctos* Linné, 1758, est une espèce emblématique des questions soulevées aujourd'hui par l'évolution rapide de notre environnement et la disparition concomitante d'espèces. L'extinction des espèces occupe une place d'autant plus importante que le phénomène est irréversible. Or l'époque actuelle voit se multiplier partout le nombre des espèces plus ou moins gravement menacées, et les musées exposent de leur côté des espèces éteintes à jamais dont beaucoup ne le sont que depuis peu. L'ours brun n'est pas, à proprement parler, tout à fait une espèce menacée, mais son aire de répartition se fragmente et les marches de cette aire sont occupées par des populations d'effectifs limités (par exemple, la population pyrénéenne) et donc d'autant plus fragiles. Mais l'ours brun suscite encore un intérêt particulier. Il bénéficie de programmes de réintroduction, il figure sur les mosaïques romaines, il a une image plutôt sympathique auprès de beaucoup de personnes et deux secteurs géographiques l'ont vu s'y raréfier, l'Europe occidentale et s'y éteindre, le Maghreb. Dans le Nord de l'Afrique, le genre *Ursus* était documenté depuis le début du Pliocène, soit depuis cinq millions d'années (carte, Figure 1).



Le Maghreb se révèle un secteur géographique intéressant pour l'analyse d'une extinction. Il est d'extension géographique limitée, bien individualisé par sa physiographie (relief, climat) et il recèle une riche documentation qui, compte tenu de l'âge "récent" de plusieurs documents, offre la possibilité de datations précises autorisant le suivi des étapes ultimes d'une extinction. Autrement dit, le Maghreb offre l'occasion d'aborder le cas d'une extinction dans une zone géographique "excentrée" par rapport à l'aire principale d'une espèce, en l'occurrence la zone holarctique ; la situation de l'ours au Maghreb offre de plus les caractéristiques d'une situation de type insulaire avec la mer à l'ouest, au nord et à l'est, et le désert au sud.

La restitution de l'extinction d'une espèce demande, en conséquence, un matériel abondant dont l'âge géologique soit connu avec une précision considérable, de l'ordre du millénaire pour un événement holocène (les 12 derniers millénaires), voire du siècle pour un événement qui survient dans la période historique. Pour une extinction récente, seuls les âges numériques 14C des fossiles eux-mêmes sont susceptibles de lever toute ambiguïté pour fournir, entre autres, les corrélations temporelles indispensables : l'espèce s'est-elle éteinte en même temps ou non dans ses refuges respectifs ?

L'Algérie occupe une place importante dans la mesure où y fut reprise l'étude de l'ours brun du Maghreb suite à la datation de spécimens nouveaux trouvés dans l'Est algérien, (Akouker, Djurjura). Une fois datés, ces spécimens s'étaient alors révélés être les plus jeunes témoins de cette espèce connus en Afrique (**Hamdine et al., 1998**). C'est encore l'Est algérien qui participe aujourd'hui au progrès de nos connaissances avec la datation d'un matériel conservé dans les collections du Muséum d'histoire naturelle de Marseille (MHNM) et qui provient du Djebel Thaya. Le présent article présente des résultats radio-chronométriques obtenus sur des pièces tirées des collections du MHNM, résultats qu'il intègre à ce qui est déjà connu de l'histoire récente de l'ours brun au Maghreb (tableaux 1 et 2).

Le site du Djebel Thaya, datation des restes d'*Ursus arctos*

Les ossements dits du Djebel Thaya (ou encore Taya) proviennent de la grotte de la Mosquée (Ghar Djema) située près de Hammam Meskoutine au Nord-Ouest de Guelma. Ils ont un intérêt historique (**Bourguignat, 1867, 1868, 1870**) ; Jules-René Bourguignat, leur descripteur, avait reconnu dans ce matériel plusieurs espèces qu'il a dénommées ainsi : *U. lartetianus*, *U. leturneuxianus*, *U. rouvieri*, et *U. faidberbianus*. La révision de Camille Arambourg (**1932-1933**) ne retient que deux des espèces de Bourguignat, distinctes par la taille : une grande espèce, *U. arctos larteti* (synonymes : *U. lartetianus*, *U. leturneuxianus*, *U. rouvieri*) et une petite espèce, *U. arctos faidberbi* (synonyme *U. faidberbianus*, et qui inclut une partie du matériel référé à *U. rouvieri*). Bouguignat a aussi formulé pour la première fois l'hypothèse d'une diminution de la taille au cours du temps et celle de la présence très récente de l'ours brun au Maghreb, conclusion qu'Arambourg reprend à son compte. L'intérêt du matériel du Muséum de Marseille qui a pu être daté vient du fait qu'il correspond à trois des formes de Bourguignat, la forme *leturneuxianus* n'étant pas représentée. La datation a été effectuée sur du collagène extrait des os, chacun portant encore une inscription d'époque qui lui donne son attribution spécifique.

Le tableau 1 fournit les provenances, âge et taille de pièces d'ours bruns du Maghreb, issues pour l'essentiel des collections de l'Institut agronomique d'Alger, de l'Université de Rabat, des muséum de Lyon, d'Aix-en-Provence, et maintenant de Marseille. Il montre que, dans l'état actuel, le plus ancien ours brun que la méthode de datation à l'aide du radiocarbone (14C) par spectrométrie de masse couplée à un accélérateur (AMS) permet de dater avec une certaine fiabilité est Pléistocène supérieur. Ce tableau comprend deux colonnes en rapport avec les âges radio-isotopiques, la première les exprime en âge conventionnel BP, la seconde en âge corrigé, une correction étant intégrée en raison de la variation de la quantité de 14C produite dans la haute atmosphère au cours du temps. Pour les « jeunes » âges, le calcul en âge réel ou calendaire a été effectué à l'aide du logiciel OxCal (Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Oxford University, U.K.). Pour les deux « plus vieux » âges, la correction apportée est de l'ordre de plusieurs millénaires (voir **Bard et al., 2004**). Mais ce tableau inclut également des correctifs inédits qui ont été apportés par

Figure 1
 Récapitulatif des âges numériques fournis par des datations radio-isotopiques ^{14}C sur des ossements d'*Ursus arctos* provenant d'Algérie (sites A13-A18-A19) et du Maroc (site M13). De gauche à droite, localités, numéros des échantillons et référence des âges, collections sources, âges BP, âges réels ou calibrés (BC ou AD), références des datations, taille des individus.

Abréviations :
OxA, Oxford Radiocarbon Accelerator Unit, Université d'Oxford, Royaume-Uni ;
KIA, Leibnitz Labor für Alterbestimmung und Isotopenforschung, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Allemagne,
LY, Centre de Datation par le Radiocarbone, Université Claude Bernard, Lyon 1, France.

* : âge déduit de Ly1805 (Auboire & Gillon, 1995).

Echantillon	Collections	Datations BP	Âges calibrés	Références datations	Taille
5559-5	Marseille (MHNM) Collection Hagenmüller	37020 + 490 / -460	36000 - 34000 BC	KIA34962	grande
5559-6	Marseille (MHNM) Collection Hagenmüller	30310 + 250 / -240	28800 - 27800 BC	KIA34963	grande
5559-4	Marseille (MHNM) Collection Hagenmüller	10270 ± 50	9867 - 10291 BC (92,2%)	KIA34961	petite
TAK1	Musée Guimet - Lyon	[9620 ± 200]*	[9664 - 8438 BC (95,4%)]*	[Ly1805]*	grande
TAK2	Musée Guimet - Lyon	[9620 ± 200]*	[9664 - 8438 BC (95,4%)]*	[Ly1805]*	grande
L3	Musée Guimet - Lyon	9620 ± 200	9664 - 8438 BC (95,4%)	Ly 1805	grande
TAK3	Musée d'Aix-en-Provence	7666 ± 38 (ex 7650 ± 40)	6593- 6451 BC (95,4%)	OxA-16968 (ex OxA-11035)	grande
TAK4	Musée d'Aix-en-Provence	7270 ± 38 (ex 7345 ± 40)	6222 - 6061 BC (95,4%)	OxA-16967 (ex OxA-11006)	grande
AKO2	INA - El-Harrach (Alger)	1550 ± 40	422 - 596 AD (95,4%)	OxA-6805	petite
AKO1	INA - El-Harrach (Alger)	1491 ± 35 (ex 1679 ± 36)	440 - 645 AD (95,4%)	OxA-16882 (ex OxA-10750)	petite
ELK1	Université Mohamed V - Rabat	1285 ± 30	662 - 778 AD (95,4%)	OxA-14058	petite

l'un des laboratoires ayant daté les ossements, à plusieurs âges conventionnels BP établis précédemment et récemment publiés (Calvignac *et al*, 2008). Il s'agit des âges OxA-16968 (âge OxA 11035 *in* Calvignac *et al*, 2008), OxA-16967 (âge OxA 11006, *ibid.*) et OxA 16882 (échantillon OxA 10750, *ibid.*).

Le site du Djebel Thaya dont le matériel est encore accessible ne confirme pas la succession d'une grande puis d'une petite forme d'ours. En effet, l'âge récent escompté en choisissant le spécimen des collections du MHNM déterminé comme *Ursus arctos fuidberbi*, forme classée en « ours de petite

Tableau 2

Revue des ours fossiles et sub-fossiles du Maghreb.

N°	Gisement	Datation							Références
			<i>U. sp. cf. etruscus</i>	<i>U. a. bibersoni</i>	<i>U. a. larteti</i>	<i>U. a. faidherbi</i>	<i>U. s. minor ?</i>	<i>U. deni./spel. ?</i>	
TUNISIE									
T1	Fentes à Phosphorites de Souk-el-Arba	Pléistocène non précisé							+ Arambourg 1932-33
ALGERIE									
A1	Remplissage karstique d'Aïn Rouina (Alger)	Pléistocène inférieur	+						Jaeger 1975
A2	Grotte de la Madeleine (Bougie)	Pléistocène non précisé							+ Arambourg 1932-33
A3	Grotte des Falaises (Bougie)	Pléistocène non précisé							+ <i>ibid.</i>
A4	Sablère de Ternifine (Oran)	Pléistocène moyen ancien							+ Arambourg 1975
A5	Brèche entre Oran et Mers-el-Kébir	Pléistocène moyen ?							+ Arambourg 1932-33
A6	Grotte Ali-Bacha (Bougie)	Pléistocène moyen et supérieur							+ <i>ibid.</i>
A7	Grottes de la Pointe Pescade (Alger)	Pléistocène supérieur		+					<i>ibid.</i>
A8	Grotte des Ours (Constantine)	Pléistocène supérieur		+					<i>ibid.</i>
A9	Grottes des Babors	Pléistocène supérieur			+				<i>ibid.</i>
A10	Grotte de l'Anou Tenekhji (Djurdjura)	Pléistocène supérieur				+			<i>ibid.</i>
A11	Grotte de l'Ifri nTerga Roumi (Djurdjura)	Pléistocène supérieur				+			<i>ibid.</i>
A12	Grotte du Mouflon (Constantine)	Pléistocène supérieur et Holocène		+	+				<i>ibid.</i>
A13	Caverne du Djebel Thaya 1028m (Ghar Djemaa, Guelma)	Pléistocène supérieur et Holocène		+	+				Arambourg 1932-33
A14	Abri sous roche de Tamar Hat (Bougie)	Pléistocène supérieur et Holocène		+	+	+			Arambourg <i>et al.</i> 1934
A15	Afalou bou Rhummel (Babors)	Holocène (Ibéro-maurusien)		+	+				Arambourg 1932-33
A16	Grotte de l'Ours 1630m (Djurdjura)	Récent probable			+				Auboire et Gillon 1995
A17	Grotte d'Os 1990m (Djurdjura)	Récent probable						+	<i>ibid.</i>
A18	Takouatz Guerrissène 2000m (Djurdjura)	Holocène						+	Auboire et Gillon 1995
A19	Grotte de l'Akouker 1800m (Tikjda, Djurdjura)	Période historique							+ Hamdine <i>et al.</i> 1998
MAROC									
M1	Carrière de Ahl Oughlam (Casablanca)	Pliocène final	+						Geraads 1997
M2	Grotte de Boulhaut (Benslimane)	Pléistocène non précisé		+					Ennouchi 1957
M3	Douar Debagh (Rabat)	Pléistocène non précisé			+				<i>ibid.</i>
M4	Grotte des Ours G0 (Casablanca)	Pléistocène moyen		+					Biberson 1961
M5	Carrière Sidi Abderrahman G1 (Casablanca)	Pléistocène moyen		+					<i>ibid.</i>
M6a	Carrières Thomas I, grotte à Hominidés (Casablanca)	Pléistocène moyen		+	+				Geraads 1980, Bernoussi 1997
M6b	Carrières Thomas III, grotte à <i>Homo erectus</i> (Casablanca)	Pléistocène moyen			+				Geraads 1980
M6c	Carrières Oulad Hamida I, grotte des Rhinocéros (Casablanca)	Pléistocène moyen		+					Raynal <i>et al.</i> 1993
M7	Ain Bahya III (Skhirat)	Pléistocène moyen élevé		+					Michel 1990
M8	Brèche du Fort Bourdonneau (Fès)	Pléistocène supérieur probable		+					Ennouchi 1957
M9	Grotte de Bouknadel (Rabat)	Pléistocène supérieur		+					<i>ibid.</i>
M10	El Khenzira (El-Jadida)	Pléistocène supérieur						+	Vaufrey 1955
M11	Carrières Doukkala I (Oued Yquem)	Pléistocène supérieur						+	Michel 1990
M12	Grotte de Kifan bel Ghomari (Taza, Rif)	Pléistocène supérieur		+	+	+			Ennouchi 1957
M14	Grotte de Toulkine 1800m (Haut Atlas)	Holocène			+				<i>ibid.</i>
M15	Grotte de Kaf-taht-el-Ghar (Tétouan)	Holocène			+				Ouachou & Amani 2002
M16	Bou-Saria (Tétouan)	Holocène			+				Ouachou & Amani 2002
M17	Ghar-Khal (Tétouan)	Holocène			+				Ouachou & Amani 2002
M18	Kehf-el-Baroud (Ben-Slimane)	Holocène			+				Ouachou & Amani 2002
M19	Kehf el-Hammar	Holocène (Ibéro-maurusien)						+	Barton <i>et al.</i> 2005
M13	Grotte d'El Ksiba 1450m (Moyen Atlas)	Période historique			+				Ennouchi 1957

taille », n'a pas été confirmé, cette pièce étant datée d'environ 10 000 BP. Même en l'absence de détermination du sexe (les mâles sont beaucoup plus grands que les femelles) et de l'âge individuel (il pourrait s'agir d'un jeune), rien pour l'instant ne permet ici de maintenir l'hypothèse. En revanche, la coexistence en Algérie des formes de grande et de petite taille est évidente : la forme de petite taille est déjà présente au Djebel Thaya vers 10 000 BP alors que la grande forme a subsisté au Takouatz Guerrissène dans le Djurdjura jusque vers 7 270 BP (tab. I).

L'extinction de l'ours brun au Maghreb

L'extinction de populations locales, comme l'extinction des espèces qui peut en découler, sont des phénomènes normaux en évolution. Combinés avec la spéciation, ou formation de nouvelles espèces, ils expliquent les changements des faunes et des flores au cours des temps géologiques. La documentation d'une extinction peut ainsi contribuer à la connaissance des modalités et du rythme de ce phénomène et celle-ci intéresse aussi les spécialistes de la conservation en les aidant à développer des programmes de prévention ou de sauvetage qui offrent des chances raisonnables de succès.

Le genre *Ursus* participe à la faune africaine depuis le Pliocène (Geraads, 1997). Des fossiles le documentent jusqu'à la période historique, comme récemment établi (Hamdine et al., 1998) et confirmé depuis (Calvignac et al., 2005, 2008). L'ours brun *Ursus arctos* qui apparaît dans les faunes au Pléistocène moyen (Tableau 2) s'éteint à la période historique. À ce jour la dernière présence datée qui donne la limite supérieure après laquelle il est très probable que l'ours ait disparu se situe à environ 778 apr. J.-C. au Maroc ; l'Algérie apportant un âge comparable, mais légèrement plus ancien, 645 apr. J.-C. La carte (Figure 1) permet de bâtir un scénario provisoire. Jusqu'au Pléistocène supérieur, l'aire de répartition de l'ours couvre la totalité du Maghreb au Nord du Sahara. Puis à l'Holocène, son aire se réduit aux régions montagneuses d'Algérie, dont le Djebel Thaya qui culmine à plus de 1 000 m, les Babors et la Kabylie, et du Maroc, dans le Rif (monts et bordure méditerranéenne incluse), les Moyen et Haut Atlas, ainsi que localement à plus basse altitude dans des vallées encaissées et boisées de la bordure atlantique de la Meseta littorale (Fig. 1, site M18 - Kehf-el-Baroud)

DISCUSSION

Une extinction cache une histoire populationnelle complexe puisqu'elle implique, entre autres, la fragmentation de l'aire de répartition de l'espèce et une diminution du nombre des individus. Une population isolée dans une aire géographique restreinte se trouve comme placée en conditions d'insularité, situation connue pour induire chez des mammifères de grande taille, une diminution de celle-ci (voir l'exemple du cerf pléistocène de l'île de Jersey, Lister, 1989). Toutefois, l'extinction de l'ours brun au Maghreb survient aussi au cours d'un intervalle de temps marqué par des variations du climat, facteur connu pour affecter aussi la taille des individus (Guthrie, 2003 ; Millien, 2006). Un mammifère de grande taille peut voir celle-ci augmenter avec l'abaissement de la température ou diminuer avec le rétrécissement de l'aire de répartition de la population. De ce fait, les deux facteurs ont pu jouer conjointement sur la taille, ici dans le même sens. Mais il reste encore une autre circonstance à considérer pour interpréter la taille des individus, la compétition et en premier lieu l'impact des êtres humains sur le milieu à partir du Néolithique. La taille reste ainsi un trait d'interprétation difficile dans la mesure où le sexe et l'âge des individus interviennent aussi.

L'intérêt des datations des trois spécimens d'*Ursus arctos* du Djebel Thaya est de montrer que l'interprétation des modalités de l'extinction de l'ours brun demandera encore beaucoup de travail. Pour le moment, ces âges, une fois intégrés aux autres âges disponibles (tableau 1), n'invalident pas l'hypothèse d'une réduction de taille des individus. Ceux du premier millénaire de notre ère sont de petite taille, mais des individus comparables en dimensions sont présents aux côtés de grands individus au début de l'Holocène. Il faut souligner l'impossibilité actuelle de conduire très avant une analyse morphologique qui puisse aider à la reconnaissance de l'appartenance des spécimens fossiles aux différentes lignées reconnues à présent par les travaux moléculaires. Ceci conforte l'importance des programmes en cours qui visent à exploiter de manière systématique l'ADN conservé dans les

os et les dents pour tenter de déterminer le sexe des individus, comme pour retrouver la structure phylogéographique de l'espèce *Ursus arctos* au Maghreb par les haplotypes (Pagès et al., 2006 ; Pagès et al., soumis ; Calvignac et al., 2008).

Remerciements

Nous voudrions tout d'abord remercier Mesdames Anne Médard-Blondel et Sylvie Pichard pour avoir montré de l'intérêt au programme de datation que nous développons et avoir accepté que des prélèvements soient effectués sur des pièces de la collection Hagenmüller du MHNM. Nos remerciements s'adressent également à Catherine Hänni et aux membres de son équipe à l'ENS Lyon, qui n'ont jamais relâché leur effort de séquençage systématique de l'ADN conservé dans les ossements fossiles d'ours du Maghreb, effort qui stimule la recherche de spécimens nouveaux. Nos remerciements s'adressent aussi à Suzanne Giquel du Laboratoire de Paléontologie de l'Université de Montpellier 2 qui a participé aux prélèvements des échantillons pour la datation et le séquençage, et à Philippe Geniez du Laboratoire de Biogéographie et Ecologie de l'EPHE associé au Centre d'Ecologie fonctionnelle et Evolutive du CNRS à Montpellier qui a assuré la confection de la carte de la figure 1.

RÉFÉRENCES

- Arambourg C. 1932-33.** Révision des ours fossiles de l'Afrique du nord. *Ann. Mus. Hist. Nat. de Marseille*, **25** : 247-301.
- Arambourg C. , Boule M. , Vallois H. & Verneau R., 1934.** Les grottes paléolithiques des Béni Segoual (Algérie). *Archives de l'Institut de Paléontologie Humaine, Paris*, **13** : 2-81.
- Auboire G. & Gillon P., 1995.** Les ossements d'ours fossiles du Takouatz Guerrissène (Djurdjura, Algérie). *Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, **33** : 19-45.
- Bard E., Rostek F. & Ménot-Combes G., 2004.** Radiocarbon calibration beyond 20,000 14C B.P. by means of planktonic foraminifera of the Iberian Margin. *Quaternary Research*, **61** : 204-214.
- Barton R.N.E., Bouzouggar A., Colcutt S.N., Gale R., Higham T.F.G., Humphrey L.T., Parfitt S., Rhodes E., Stringer C.B. & Malek F., 2005.** The Late Upper Palaeolithic Occupation of the Moroccan Northwest Maghreb during the Last Glacial Maximum. *African Archaeological Review* **22** : 77-100.
- Bernoussi R., 1997.** *Contribution à l'étude paléontologique et observations archéozoologiques pour deux sites du Pléistocène moyen du Maroc atlantique: la Grotte à hominidés de la Carrière Thomas 1 et la Grotte des Rhinocéros de la Carrière Oulad Hamida 1 (Casablanca, Maroc)*. Thèse Doctorat Université Bordeaux I, 265 pp.
- Biberson P., 1961.** Le cadre paléogéographique de la préhistoire du Maroc atlantique. *Publications du Services des Antiquités du Maroc*, **16** : 1-235.
- Bourguignat J. R., 1867.** *Notice sur un Ursus nouveau découvert dans la grande caverne du Thaya (province de Constantine)*. Paris. 16 pp.
- Bourguignat J. R., 1868.** Notice prodromique sur quelques Ursidae d'Algérie. *Ann. des Sc. Nat., Paris*. 7 pp.
- Bourguignat J. R., 1870.** *Histoire du Djebel Thaya et des ossements fossiles recueillis dans la grande caverne de la mosquée*. Paris. 108pp.
- Calvignac S., Hughes S., Tougard C., Michaux J., Thévenot M., Hamdine W. & Hänni C., 2005.** Atlas Bear population genetic through ancient DNA analyses. 09th Evolutionary Biology Meeting 2005. Marseille: Université de Provence, Aix-Marseille & CNRS.
- Calvignac S., Hughes S., Tougard C., Michaux J., Thévenot M., Philippe M., Hamdine W. & Hänni C., 2008.** Ancient DNA evidence the loss of a highly divergent brown bear clade during historical times. *Molecular Ecology*, **17** : 1962-1970.
- Ennouchi E., 1957.** Les Ursidés marocains. *Bull. Soc. des Sc. Nat. du Maroc*, **37** : 201-223.
- Geraads D., 1980.** La faune des sites à "*Homo erectus*" des carrières Thomas (Casablanca, Maroc). *Quaternaria*, **22** : 65-94.
- Geraads D., 1997.** Carnivores du Pliocène terminal de Ahl Al Oughlam (Casablanca, Maroc).

- Guthrie R. D., 2003.** Rapid body size decline in Alaskan Pleistocene horses before extinction. *Nature*, **426** : 169-171.
- Hamdine W. ; Thévenot, M. & Michaux, J. 1998.** Histoire récente de l'ours brun au Maghreb. *C.R.Acad. des Sc., série III Sciences de la Vie/Life Sciences*, **321** : 565-570.
- Jaeger J. J., 1975.** *Les Muridae (Mammalia Rodentia) du Pliocène et du Pléistocène du Maghreb. Origine; évolution; données biogéographiques et paléoclimatiques.* Thèse Doct. Sc. Paléont. Vert. USTL, Univ. Montpellier II. 216 pp.
- Lister A. M., 1989.** Rapid dwarfing of red deer on Jersey in the Last Interglacial. *Nature*, **342** : 539-542.
- Michel P., 1990.** *Contribution à l'étude paléontologique des vertébrés fossiles du quaternaire marocain à partir des sites du Maroc, atlantique, central et oriental.* Thèse Doct. Mus. Nat. d'Hist. Nat., Paris. 1152 pp.
- Millien V., 2006.** Morphological evolution is accelerated among Island Mammals. *PLOS Biology*, **4** : e321.
- Ouachou B. & Amani F., 2002.** Les carnivores des gisements néolithiques et protohistoriques du nord du Maroc. *Quaternaire*, **13** : 79-87.
- Pagès M., Calvignac S., Michaux J., Thévenot M., Hughes S. & Hänni C., 2006.** Morphological variation of fossil remains and the problem of paleontological species: the case of the extinct Atlas bear resolved by ancient DNA analyses. International Symposium on the Evolution of Vertebrates. Lund (Sweden).
- Pagès M., Maudet, M.-C., Bellemain, E., Taberlet, P., Hughes, S. & Hänni, C. (soumis).** A system for sex determination from degraded DNA: a useful tool for palaeogenetics and conservation genetics of ursids. *Conservation Genetics*.
- Raynal J. Geraads, D. ; Magoga, L. ; El Hajraoui, A. ; Texier, J. ; Lefevre, D. & Sbihi-Alaoui, F. 1993.** La Grotte des Rhinocéros (Carrières Oulad Hamida 1, anciennement Thomas III, Casablanca), nouveau site acheuléen du Maroc atlantique. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris, série II*, **316** : 1477-1483.
- Vaufrey R. 1955.** *Préhistoire de l'Afrique.* Tome premier, le Maghreb. Masson, Paris. 458 pp.

Résumé

Dans cette expérimentation nous évaluons la toxicité du cadmium via l'exploration de deux marqueurs du stress oxydant, le glutathion (GSH) et la glutathion S-transférase (GST) dans les branchies, chez la moule *Perna perna* (Linné 1758) prélevée dans la zone Est du golfe d'Annaba (Algérie, Sud-Ouest de la Méditerranée). Après leur collecte et leur acclimatation dans des aquariums contenant de l'eau de mer, les divers lots de moules sont exposées expérimentalement pendant 7 jours à différentes concentrations de cadmium : 50, 100 et 200 µg/L (salinité = 37 psu ; température 16 ± 2 °C ; rythme nyctéméral de 12 :12). Les résultats montrent une baisse significative des teneurs en GSH en fonction de la concentration en cadmium du milieu (117 ± 19 n moles/mg prot. à 200 µg Cd/L) par rapport aux témoins (470 ± 80 n moles/mg prot.). Cette diminution est associée à une augmentation très significative de l'activité de la GST qui est proportionnelle à la dose de cadmium administrée. Le cadmium, mesuré par spectrophotométrie d'absorption atomique, montre une accumulation significative en fonction de la concentration ajoutée au milieu. Le métabolisme du glutathion semble donc être mis en jeu chez les moules exposées expérimentalement au cadmium.

Mots-clés :

Moules, métaux lourds, glutathion, cadmium, enzymes antioxydants.

Abstract

The effect of cadmium on some biomarkers of stress in the gill of the mussel *Perna perna* (Algeria).

In this work, we study the effects of cadmium exposure on glutathione contents and glutathione S-transferase activity, in the gills of mussels (*Perna perna* Lam.). After 7 of exposure of mussels to sublethal concentrations of cadmium (50, 100 and 200 µg/litre) the results indicate that this heavy metal can affect glutathione metabolism of gills mussel; accordingly a significantly decreased in GSH concentration compared to the control. However, the GST activity was significantly increased in gills after 7 days of cadmium exposure. Metals concentrations were measured in the remainders, a significant accumulation was noted, and this increase may be induced by the action of cadmium. The role of glutathione as a potential defence against heavy metals is discussed in relation to different routes of metal toxicity and homeostasis in mussel tissues. These results could be interpreted in relation to different routes of metal accumulation, speciation within the cellular environment and sequestration in subcellular compartments, resulting in different patterns of metal cation interaction with intracellular components. GSH and the cysteine-rich protein metallothionein (MT) have been suggested to play cooperative protective roles against metal toxicity.

Key words :

Mussels, heavy metals, glutathione, cadmium, antioxidants enzymes

Effet du cadmium sur certains biomarqueurs de stress chez la moule *Perna perna* du golfe d'Annaba (Algérie).

W. KHATI*, K. OUALI*, M. BENSOUILAH*,
M. GNASSIA-BARELLI** et M. ROMEO**

* Laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux –Faculté des Sciences -
Université d'Annaba – BP 12. Annaba, Algérie.

** UMR 1112 INRA-UNSA R.O.S.E., Faculté des Sciences, Parc Valrose, B.P. 71,
06108 Nice
Cedex 2, France.
email : rachid_rouag@yahoo.fr

Les écosystèmes aquatiques continentaux (eaux courantes, systèmes lacustres) et marins (estuaires, zones côtières, zones du large) représentent des réceptacles pour la quasi-totalité des contaminants pouvant avoir une origine naturelle (géologie, érosion...) ou anthropique (rejets urbains, agricole, industriel...). Le cadmium est un métal lourd qui ne semble pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants (Chiffolleau *et al*, 1999) mais il est toutefois impliqué dans les changements du métabolisme mitochondrial, la perméabilité membranaire et l'inhibition de la phosphorylation oxydative et de la synthèse des protéines (Viarengo *et al*, 1989a). Du fait de sa cytotoxicité, sa génotoxicité, son potentiel de bioaccumulation et sa persistance, ce xénobiotique est placé sur la liste noire de la plupart des conventions internationales de pollutions (Taylor, 1983). Dans la chaîne trophique, les organismes arrivent, par un processus de bioaccumulation et de bioamplification, à contenir des teneurs élevées en métaux préjudiciables à la santé humaine ; tel est le cas du cadmium chez les bivalves (Wong & Fisher, 1997) ou du méthylmercure chez les poissons (Winston & Di Giulio, 1991; Frery *et al*, 2001 ; Cordier *et al*, 2002).

Le rôle de l'écotoxicologie est de localiser les milieux et les zones pollués et d'évaluer le risque qu'ils font courir à la santé de l'homme et des autres organismes vivants car les polluants agissent à tous les niveaux d'organisations biologiques, de la molécule à la cellule, du tissu à l'organe d'un organisme avant même d'avoir des effets visibles à des niveaux d'organisations supérieurs, c'est à dire les populations, les communautés et les écosystèmes. Les réponses mesurées à partir des biomarqueurs renseignent sur le mode d'action des xénobiotiques, ils apparaissent rapidement après un stress, mais ne permettent pas comme le montre Larno (2002) de prédire précisément les dangers réellement encourus par la biocénose. Les biomarqueurs constituent donc un outil biologique naturel qui peut signaler la pollution d'un milieu ainsi que la biodisponibilité de ces substances toxiques (McCarthy & Shugart, 1990 ; Lagadic *et al*, 1994 ; Romeo *et al*, 2000). En condition physiologique, l'oxygène, élément indispensable à la vie, produit en permanence au niveau de la mitochondrie des espèces oxygénées activées (EOA) dont font partie les radicaux libres ; ces dernières sont dotées de propriétés oxydantes qui les amènent à réagir, dans l'environnement où elles sont produites, avec toute une série de substrats biologiques. Pour se protéger contre cet effet toxique de l'oxygène, l'organisme développe des systèmes de

Tableau 1

Analyse du matériel standard de référence TORT-2 : hépato-pancréas de homard (National Research Council Canada), en µg/gramme de poids sec. n = 5.

ND : non déterminé

défense qui permettent de réguler la production des EOA. Parmi ces systèmes de défense antioxydants on retrouve le glutathion (un tripeptide intracellulaire représentant la majeure partie des thiols non protéiques). *In vivo*, plusieurs systèmes biochimiques peuvent être à l'origine d'une production accrue d'EOA. L'altération de la chaîne de transport des électrons dans la mitochondrie est une première cause de l'augmentation du stress oxydant. La plupart des biomarqueurs ont été développés et validés chez les invertébrés du fait de l'intérêt que ces derniers présentent comme modèle d'étude des différents compartiments (Livingstone, 1991 ; Ribera *et al*, 1991). La surveillance biologique de l'environnement exploite ce type de biomarqueur particulièrement chez des espèces dites sentinelles (Guelorget *al*, 1985) qui représentent des indicateurs spécifiques dévoilant les modifications du milieu en réponse à un stress environnemental (Simpson & Norris, 2000).

L'objectif de cette étude est la validation du glutathion comme biomarqueur de stress chez la moule africaine, *Perna perna*, soumise en conditions contrôlées au laboratoire, à une contamination par le cadmium et ayant fait l'objet d'un suivi des variations des concentrations et activités du glutathion (GSH) et de la Glutathion S-transférase (GST) respectivement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Préparation des échantillons et protocole de contamination

Des moules *Perna perna* d'environ 60 mm de longueur, prélevées à l'extrême Est du golfe d'Annaba sont transférées dans des bacs remplis d'eau de mer naturelle pour subir une acclimatation pendant 1 jour en étant soumises à une salinité de 37 psu, une température de $16 \pm 2^\circ\text{C}$ et une photopériode de 12L:12D. L'expérience consiste à exposer les moules, pendant 7 jours, à différentes concentrations de cadmium, à savoir 50, 100 et 200 µg Cd/l. Le renouvellement, tous les 2 jours, de l'eau de mer à la fois des témoins et des expérimentés constitue leur unique source de nourriture.

A l'issue de l'expérience, les analyses biochimiques (GSH et GST) sont réalisées sur des prélèvements de branchies d'un premier groupe de bivalves (n=5 par condition). Le dosage des métaux par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) est réalisé à partir de tissus secs de moules entières sur un deuxième groupe d'animaux (n=5 par condition). Pour nous assurer de la qualité des dosages des métaux, nous avons procédé à l'analyse en parallèle d'un matériel standard de référence (TORT-2 : hépato-pancréas de homard, National Research Council, Canada). Le dosage a été réalisé à l'Université Sophia Antipolis de Nice. Nos résultats sont en accord avec les valeurs certifiées obtenues par le dosage de matériel standard de référence (TORT-2) et sont présentées dans le tableau 1.

Métal	Valeurs certifiées µg/g p.s	Nos valeurs µg/g p.s
Cd	26,7 ± 0,6	26,4 ± 1,4
Cu	106 ± 10	ND
Zn	180 ± 6	174 ± 8

Dosage du GSH

Les échantillons de branchies sont homogénéisés dans une solution d'EDTA à 0,02M puis déprotéinisés par une solution d'acide sulfo-salicylique à 0,25%. Après centrifugation à 1000 x g pendant 10 mn le surnageant est utilisé pour le dosage spectrophotométrique avec le réactif DTNB à 0,01M et mesuré à 412 nm par la méthode de Weckbecker et Cory (1989). Les concentrations du GSH sont exprimées en nmoles/ mg de protéines. La détermination des protéines totales est réalisée suivant la méthode de Bradford (1976).

Mesure de l'activité de la GST

L'activité de la GST a été mesurée selon la méthode de **Habig *et al* (1974)** sur les homogénats de branchies en faisant agir les GSTs contenues dans le cytosol avec un mélange de GSH-CDBN à 37°C et à pH 6,5. La variation de la densité optique liée à la formation de l'acide mercapturique est mesurée pendant 1 minute à 340 nm.

Dosage des métaux (cadmium, cuivre et zinc)

La masse molle entière de 5 bivalves est séchée à l'étuve à 70°C, jusqu'à obtention d'un poids constant (5 mg de poids sec). Le tissu obtenu est mélangé à 4 ml de HNO₃ (pendant au moins une nuit) puis chauffé dans un ballon à reflux. Le produit obtenu est transvasé dans une fiole de 50 ml, par filtration sur papier Whatman et rincé à l'eau distillée. Le filtrat est ajusté à 50 ml avec de l'eau bidistillée et dosé à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.

Traitement statistique des données

Les résultats sont représentés sous forme de moyennes ± SEM (erreur standard sur la moyenne). Quand l'ANOVA est significative ($p < 0,05$), une comparaison des moyennes est réalisée à l'aide d'un test t de Student.

RÉSULTATS

L'exposition des moules à des doses croissantes de cadmium induit des modifications de la teneur en GSH et de l'activité de la GST mesurées au niveau des branchies (figures. 1 et 2). Nous notons, en effet, que les teneurs en GSH sont diminuées corrélativement à l'augmentation de la dose de cadmium ($34,46 \pm 2,8$ μ moles /mg prot. à 200 μ g Cd/l par rapport au témoin $81,62 \pm 6,4$ μ moles/mg prot.) (Figure.1). Les teneurs en GSH montrent des différences statistiquement significatives chez les sujets exposés à 50, 100 et 200 μ g Cd/l respectivement et il existe un effet dose-réponse caractérisé par une relation linéaire avec une excellente corrélation ($r^2 = 0,9659$; Figure 3).

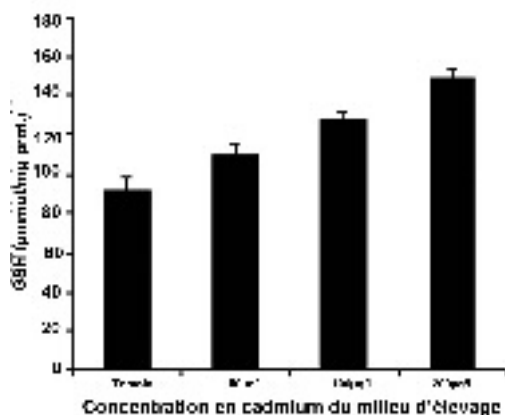
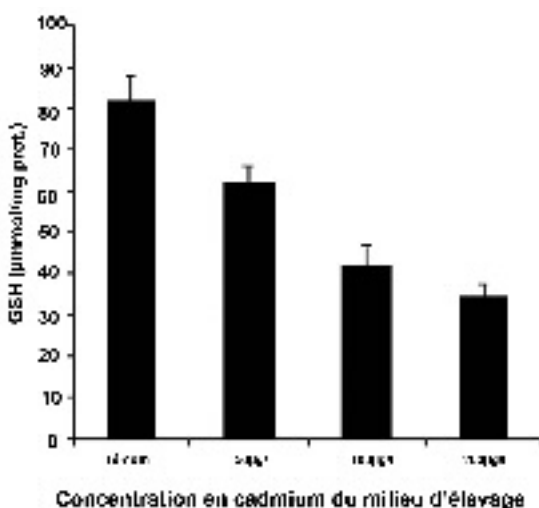


Figure 1

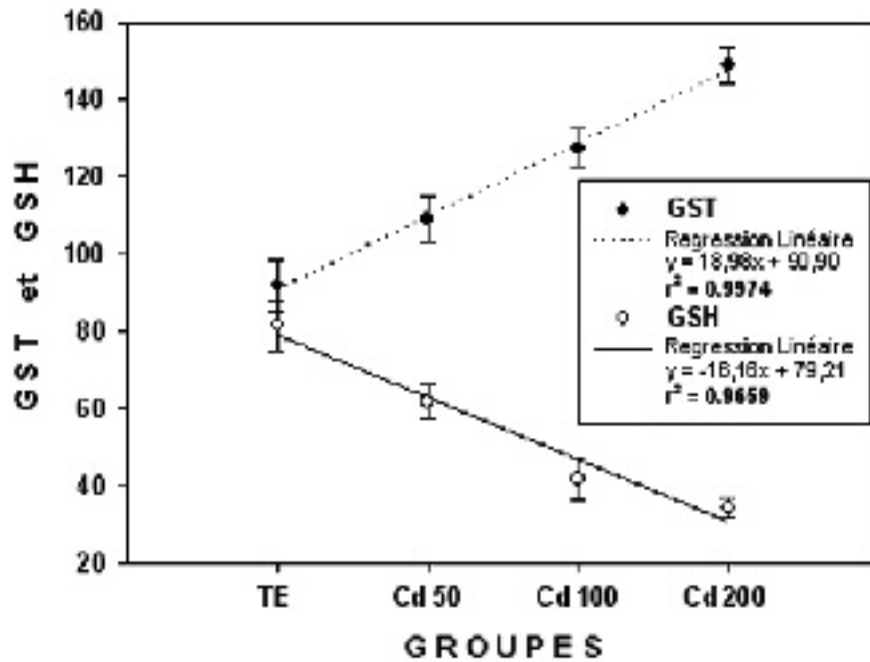
Teneur en glutathion réduit (GSH) dans les branchies des moules témoins et exposées au cadmium pendant 7 jours.
* : $p < 0,01$;
** : $p < 0,001$ vs Témoin.
Dans chaque groupe $n = 5$.

Figure 2

Activité de la Glutathion-S-Transferase (GST) en μ mole/min/mg protéine dans les branchies des moules témoins exposées au cadmium pendant 7 jours.
* : $p < 0,01$;
** : $p < 0,001$ vs Témoin.
Dans chaque groupe $n = 5$.

Figure 3

Régression linéaire des modifications du Glutathion (GSH) et de la Glutathion-S-Tranférase (GST) en fonction de concentrations croissantes de Cadmium (0, 50, 100, 200 µg Cd/l) dans l'eau d'élevage de moules africaines *Perna perna*.



Par ailleurs, l'activité de la GST augmente avec l'augmentation de la dose de cadmium ($149,01 \pm 4,6$ à $200 \mu\text{g Cd/l}$ vs $91,87 \pm 6,6$ témoin). L'analyse statistique fait apparaître l'existence de différences statistiquement significatives de l'activité de la GST mesurée dans les branchies de moules exposées à 50, 100 et 200 µg Cd/l respectivement (Figure.2) avec là aussi un effet dose-réponse caractérisé par une relation linéaire avec une excellente corrélation ($r^2 = 0,9974$, Figure 3).

Le cadmium dosé dans la chair de moules témoins et traitées montre des variations en fonction des concentrations en Cd du milieu d'élevage, caractérisées par l'augmentation des teneurs mesurées corrélativement à l'augmentation des concentrations du milieu (tableau.2). Les concentrations en cadmium relevées dans la chair passent de $0,62 \mu\text{g Cd/g}$ de poids sec chez les témoins à $81,3 \mu\text{g Cd/g}$ chez les moules exposées à $200 \mu\text{g Cd/l}$. Pendant les 7 jours d'exposition l'accumulation du métal croît linéairement suivant la relation Cd dans *Perna perna* = $0,4116 \text{ Cd milieu} - 2,882$ ($r^2 = 0,9564$; $n = 20$). Nous notons, par ailleurs, que chez les moules traitées au cadmium les teneurs en cuivre et en zinc dosées dans la chair présentent des fluctuations. Les teneurs en cuivre montrent des baisses significatives chez les moules traitées par rapport à celles mesurées chez les témoins. En ce qui concerne le zinc, les teneurs mesurées montrent une augmentation significative à partir de $100 \mu\text{g Cd/l}$.

Tableau 2

Concentrations de différents métaux en µg/g poids sec (p.s.) dans *Perna perna* in toto ($n = 5$).

Les lettres différentes montrent les différences significatives à $p < 0,05$ entre les différentes conditions pour un même métal.

Lots	Cadmium (µg/g p.s.)	Cuivre (µg/g p.s.)	Zinc (µg/g p.s.)
Témoin	$0,63 \pm 0,06$ ^a	$5,1 \pm 1,0$ ^a	228 ± 54 ^a
50µg/l	$13,6 \pm 4,0$ ^b	$4,1 \pm 0,4$ ^b	277 ± 69 ^{ab}
100µg/l	$36,1 \pm 6,3$ ^c	$3,3 \pm 0,5$ ^b	330 ± 24 ^b
200µg/l	$81,3 \pm 10,71$ ^d	$3,7 \pm 0,38$ ^b	324 ± 46 ^b

Les réponses biologiques concernant les concentrations en GSH et l'activité de la GST, indiquent bien un effet toxique du cadmium qui est à l'origine d'une baisse du taux de glutathion et d'une hausse de l'activité de la GST suivant une relation dose/réponse à laquelle est associée une action sur la concentration de métaux essentiels tels que le cuivre et le zinc. Ce changement de la concentration en métaux essentiels peut être interprété comme une manifestation non létale de la toxicité du cadmium (Amiard-Triquet & Amiard, 1998). Une diminution du glutathion en présence de métaux a été trouvée chez la moule *Mytilus galloprovincialis* exposée aux métaux lourds. Certains auteurs (Viarengo *et al.*, 1990 ; Cossu *et al.*, 1997 ; Canesi *et al.*, 1999) rapportent, chez le mollusque d'eau douce *Unio tumidus* exposé à des polluants (hydrocarbures aromatiques polycycliques et métaux), que la diminution du glutathion est associée à celle des activités enzymatiques de la glutathion peroxydase dépendant du sélénium et de la glutathion réductase, suggérant ainsi une déficience de la défense anti-oxydante. Ces auteurs suggèrent que ces paramètres, telle que la diminution du glutathion, soient considérés comme des biomarqueurs de dommage. De plus en plus d'études montrent que le Cd exerce sa toxicité au niveau cellulaire, en partie, en induisant la formation de ROS (Reactive Oxygen Species), pouvant provoquer une peroxydation lipidique, des dommages à l'ADN ou encore une oxydation des protéines (Stohs & Bagchi, 1995; Risso de Faverney *et al.*, 2001). Dans cet ordre d'idées, plusieurs études signalent une corrélation entre une résistance accrue et une exposition à des métaux tels que le cadmium, le cuivre, le mercure et le zinc (Engel, 1987 ; Viarengo *et al.*, 1989b). Dans notre étude la baisse hautement significative du GSH relevée à la plus forte concentration de Cd par rapport au témoins, indique bien que l'accumulation du métal par les moules est fonction de la quantité administrée ; ceci peut être expliqué par le fait que le cadmium induit la synthèse des métallothionéines (protéines fortement soufrées de faible poids moléculaire) qui ont une forte affinité pour les métaux. En ce qui concerne la molécule soufrée du glutathion, elle forme avec le cadmium un complexe soluble et donc facilement éliminé par les voies naturelles, alors que normalement le soufre sert à la synthèse des protéines. Cette fixation joue un rôle dans la détoxification jusqu'à ce que les capacités des animaux à synthétiser les métallothionéines soient atteintes. Les métallothionéines, dont la synthèse est induite par le cadmium, jouent un rôle dans la protection des cations divalents toxiques (Cd^{2+} et Hg^{2+}) et dans la séquestration du métal, (Tanguy *et al.*, 2003). Gnassia-Barelli *et al.* (1995) rapportent une bioaccumulation croissante du Cd dans les branchies de palourdes (*Ruditapes decussatus*) exposées à $200\mu g$ Cd/l. Par ailleurs, la concentration en cadmium, mesurée dans la chair totale des bivalves, augmente de manière significative par rapport à celle des témoins. Lorsque les individus sont soumis à un stress chimique, au laboratoire ou *in situ*, leur taux de glutathion réduit semble sensible et répond rapidement à la présence de polluants ; de ce fait, il pourrait donc constituer un indicateur intéressant de l'état précaire des individus. Certains auteurs rapportent que ce paramètre est fortement diminué dans les branchies et dans les glandes digestives lors de l'intoxication des individus au laboratoire avec du cuivre et du thiram, mais également lors des études de terrain chez des bivalves transférés sur un site fortement pollué par des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) et des polychlorobiphényles (PCBs) (Leguille-Cossu & Vasseur, 1996). Nos résultats sont en accord avec ces observations ; la déplétion de ces activités antioxydantes semble traduire des effets de toxicité induits par les contaminants et pourrait être utilisée comme biomarqueur de contamination du milieu marin particulièrement par les métaux. Il est, toutefois, indispensable d'étudier les relations entre les réponses des systèmes antioxydants et les niveaux de contaminations pour pouvoir à plus long terme connaître la signification d'une induction ou d'une inhibition de ces systèmes.

Remerciements

Nous remercions vivement l'équipe "Biomarqueur" de l'Université Sophia Antipolis, et en particulier Mme Michèle Roméo, pour leur collaboration, et la réalisation des dosages de métaux lourds au niveau du laboratoire R.O.S.E (Réponse des Organismes au Stress Environnemental).

RÉFÉRENCES

- Amiard-Triquet C. et Amiard J.C., 1998.** In: Metal metabolism in Aquatic Environments . Langston W.J, et Bebianno M.J. (eds) Chapman et Hall, London , p 351-386.
- Bradford M.M., 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, **72** : 248-254.
- Canesi L., Viarengo A., Leonzio C., Filippelli M. et Gallo G., 1999.** Heavy metals and glutathione metabolism in mussel tissues. *Aquat. Toxicol.*, **46** : 67-76.
- Chiffolleau, J.F., Gonzalez, J.L., Miramand, P. & Thouvenin, B., 1999.** Le cadmium : comportement d'un contaminant métallique en estuaire. Programme scientifique Seine-Aval 10 : 31pp.
- Cordier S., Garel M., Mandereau L, Morcel H, Doineau P, Gosme-Seguret S, White R, Amiel-Tison C., 2002.** Neuro developmental investigations among methylmercury-exposed children in French Guiana. *Environ. Res.*, **89** : 1-11.
- Cossu C., Doyotte A., Jacquin M.C., Babut M., Exinger A. et Vasseur P., 1997.** Glutathione reductase, selenium-dependent glutathione peroxidase, glutathione levels, and lipid peroxidation in freshwater bivalves, *Unio tumidus*, as biomarkers of aquatic contamination in field studies. *Ecotoxicol Environ. Saf.*, **38** : 122-131.
- Engel D.W., 1987.** Metal regulation and molting in the blue crab, *Callinectes sapidus* : copper, zinc, and metallothionein. *Biol. Bull.*, **172** : 69-82.
- Fréry N., Maury-Brachet R., Maillot E., Deheeger M., de Mérona B. et Boudou A., 2001.** Gold-mining activities and mercury contamination of native amerindian communities in French Guiana: key role of fish in dietary uptake. *Environ. Health Perspect.*, **109** : 449-456.
- Gnassia-Barelli M., Romeo M. et Puiseux-Dao S., 1995.** Effects of cadmium and copper contamination on calcium content of the bivalve *Ruditapes decussatus*. *Mar. Environ. Res.*, **39** : 325-328.
- Guelorget O., Brunel G. et Fresi E., 1985.** *Aquatic and coastal planing in the Mediterranean split*, Pap: 44p.
- Habig H.W., Pabst M.J. et Jakoby W.B., 1974.** Glutathione S-transferases The first enzymatic step in mercapturic acid formation.. *J. Biol. Chem.*, **249** : 7130-7139.
- Lagadic L., Caquet T. et Ramade F., 1994.** The role of biomarkers in environmental assessment (5). Invertebrate populations and communities. *Ecotoxicology*, **3**: 193-208.
- Larno V., 2002.** *Réponses génétique et physiologique de populations de chevaines (Leuciscus cephalus) à la contamination chimique du bassin de Rhône*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard de Lyon I (Marseille), 245pp.
- Leguille-Cossu C. et Vasseur P., 1996.** *Activités des systèmes antioxydants chez Unio tumidus, bivalve dulçaquicole en conditions physiologiques et de stress chimique*. Thèse de doctorat. Université Paul Verlaine de Metz (Paris), 99pp.
- Livingstone D.R., 1991.** Organic xenobiotic metabolism in marine invertebrates. In: Gilles R., editor. *Advances in Comparative and Environmental Physiology*, vol.7. Berlin : Springer; 45-185.
- McCarthy F. et Shugart L.R., 1990.** *Biomarkers of Environmental Contamination*. Lewis Publishers, USA., 457pp.
- Ribera D., Narbonne J. F., Michel X., Livingstone D.R. et O'Hara S., 1991.** Responses of antioxidants and lipid peroxidation in mussels to oxidative damage exposure. *Comp. Biochem. Physiol. C*, **100** : 177-181.
- Risso-de Faverney C., Devaux A., Lafaurie M., Girard J.P., Bailly B. et Rahmani R., 2001.** Cadmium induces apoptosis and genotoxicity in rainbow trout hepatocytes through generation of reactive oxygen species. *Aquat. Toxicol.*, **53**: 65-76.
- Roméo M., Sidoumou Z. et Gnassia-Barelli M., 2000.** Heavy metals in various molluscs from the Mauritanian coast. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **65** : 269-276.
- Simpson J. et Norris R.H., 2000.** Biological assessment of water quality: developpement of Ausrivs models and outputs. *Inter workshop*, 16 -18.
- Stohs S.J. et Bagchi D., 1995.** Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions. *Free Radic. Biol.*

Med., **18** : 321-336.

Tanguy A., Boutet I., Riso R., Boudry P., Auffret M. et Moraga D., 2003. Metallothionein genes in the European flat oyster *Ostrea edulis*: a potential ecological tool for environmental monitoring. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **257** : 87-97.

Taylor, D., 1983. The significance of the accumulation of cadmium by aquatic organisms. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **71** : 33-42.

Viarengo A., Moore M.N., Pertica M., Mancinelli G., Zanicchi G. et Pipe R.K., 1985. Detoxication of copper in the cells of the digestive gland of mussel: the role of lysosomes and thioneins. *Sci. Tot. Environ.*, **44**: 135-145.

Viarengo A., Pertica M., Canesi L., Accometo R., Mancinelli G., Orunesu M., 1989a. Lipid peroxidation and level of antioxidant compounds (GSH, vitamin E) in the digestive glands of mussels of three different age groups exposed to anaerobic and aerobic conditions. *Mar. Environ. Res.*, **28**: 291-295.

Viarengo A., Pertica M., Canesi L., Mazzucotelli A., Orunesu M. et Bouquegneau J.M., 1989b. Purification and biochemical characterization of a lysosomal copper-rich thioneinlike protein involved in metal detoxification in the digestive gland of mussels. *Comp. Biochem. Physiol., Part C, Comp. Pharmacol.*, **93** : 389-395.

Viarengo A., Canesi L., Pertica M., Poli G., Moore M.N. et Orunesu M., 1990. Heavy metal effects on lipid peroxidation in the tissues of *Mytilus galloprovincialis* Law. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, **97** : 37-42.

Weckbecker G. et Cory J.G., 1988. Ribonucleotide reductase activity and growth of glutathione depleted mouse leukaemia L1210 cells in vitro. *Cancer Lett.*, **40** : 257-264.

Winston G.W, Di Giulio R.T., 1991. Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms. *Aquat. Toxicol.* **19** : 137-161.

Wong W.X. et Fisher N.S., 1997 . Modeling metal bioavailability for marine mussels. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, **151** : 39-65.

Abstract

Effects of methyl parathion, an organophosphate insecticide, on plasma lipids constituents in rat (*Rattus norvegicus*).

The aim of this study was to evaluate the effects of the organophosphate pesticides, methyl parathion (MP) at sublethal dosage (1)-on antioxidant defense system such as reduced glutathione (GSH) and glutathione S-transferase (GST) in liver, (2)-on two plasma lipid constituents : total cholesterol (TC) and triglycerides (TG) in Wistar rats and to investigate if vitamin E was able to modulates the MP-induced changes in plasma levels of TC and TG. All these parameters were measured in rats that were orally given a single dose of MP (2mg/kg body weight for 10 days) and supplemented or not with vitamin E (150 mg/kg body weight i.p. for 10 days). In these conditions and after a 24h post-treatment, GSH significantly increased and GST activity decreased in liver and both plasma levels of TC and TG significantly increased in rats treated with MP. These last results were not relieved in vitamin E treated rats administered MP's.

We conclude that (1) the administration of subchronic MP cause changes in the antioxidative systems in liver and (2) the organophosphate , methyl parathion interfere with lipid metabolism in mammalian animals and suggest that vitamin E may reverse MP-induced lipid metabolism alterations..

Key words :

Organophosphate insecticides, methyl parathion, acetylcholinesterase, antioxydant enzymes, glutathione, cholesterol, triglycerides, vitamin E, rat.

Résumé

Cette étude évalue les effets d'un insecticide organophosphoré, le parathion méthyle (PM), à une dose non létale, sur (1) les systèmes de défense antioxydants : le glutathion réduit (GSH) et la glutathion S-transférase (GST) dans le foie, (2) sur deux constituants lipidiques du plasma: les taux plasmatiques de cholestérol total (CT) et les triglycérides (TG) et de vérifier si la vitamine E est capable de reverser les changements induits par l'exposition au PM, notamment sur les taux plasmatiques de CT et de TG. Ce travail a été réalisé sur des rats Wistar traités per os avec une dose unique de PM (2 mg/Kg de poids corporel pendant 10 jours) et supplémentés ou non avec de la vitamine E (150 mg/kg de poids corporel, i.p., pendant 10 jours).

Dans ces conditions expérimentales et 24 heures après le dernier gavage, les taux hépatiques de GSH ont augmenté significativement tandis que l'activité de la GST hépatique diminuait et que les taux plasmatiques de CT et TG augmentent chez les rats exposés au PM. Ces derniers résultats n'ont pas été retrouvés chez les rats exposés au PM mais préalablement supplémentés en vitamine E.

Nous concluons que (1) l'administration subchronique d'une dose de PM entraîne des changements dans les systèmes de défense antioxydants du foie, (2) cet insecticide organophosphoré interfère dans le métabolisme lipidique de l'animal et (3) la vitamine E normaliserait les taux des constituants du métabolisme lipidique altérés par l'exposition au PM.

Mots-clés :

Insecticides organophosphorés, parathion-méthyle, acétylcholinestérase, enzymes antioxydantes, glutathion, cholestérol, triglycérides, vitamine E, rat.

Effets d'un insecticide organophosphoré, le parathion-méthyle sur le métabolisme lipidique du rat (*Rattus norvegicus*).

C.LAKBAR*, C. RETEM**, A. BAIRI**, D. MAUREL***, P. SIAUD****.

*Institut de Biologie, Centre Universitaire d'El Tarf, BP 73, Algérie.

**Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Annaba, Algérie.

***Laboratoire de Physiopathologie et action thérapeutique des gaz sous pression, Université de la Méditerranée, Faculté de Médecine secteur Nord, Marseille, France.

****Muséum d'Histoire naturelle de Marseille, Palais Longchamp, Marseille, France.

Les composés organophosphorés (COP) constituent une importante classe de substances chimiques organiques et environ 200 COP sont vendus sur le marché sous forme de milliers de produits différents à multiples usages : rodenticides, nématocides, herbicides, additifs dans l'industrie plastique et pétrolière. Ils restent principalement utilisés comme insecticides sur les plantes, les animaux et les hommes (Maroni et al., 2000 ; Videira et al., 2001; Donaldson et al., 2002 ; Aguiar et al., 2004). Utilisés durant la seconde guerre mondiale pour la fabrication de gaz de combat et commercialisés la première fois en 1944, l'essor des organophosphorés en tant qu'insecticides ou acaricides date du début des années 1970, favorisé par l'interdiction d'utilisation des composés organochlorés. Moins rémanents que ces derniers, les organophosphorés bénéficient d'une très grande efficacité mais posent un problème de toxicité aiguë.

Les différents COP ont en commun une certaine liposolubilité et leur mode d'action sur le système nerveux en tant qu'inhibiteurs irréversibles de l'acétylcholinestérase, ce qui les rend très toxiques. Ils bloquent l'acétylcholinestérase dont le rôle est de dégrader l'acétylcholine (Ach), entraînant une accumulation de ce neuromédiateur au niveau synaptique ce qui conduit à une stimulation excessive des récepteurs muscariniques et nicotiques au niveau des systèmes nerveux central et autonome et de la jonction neuromusculaire (Toxnet, 1988 ; Donaldson et al., 2002).

Malgré les interdictions ou les restrictions d'usages (Convention de Rotterdam, 1998) et la faible rémanence de ces COP, ils sont détectés dans les sols, les eaux de surface et au sein des organismes vivants dans tous les pays du monde. L'origine de telles pollutions est liée aux activités agricoles (Arapoglou et al., 2003) ou aquacoles (Silva et al., 1993), à la lutte culicidienne en régions méditerranéennes et tropicales (Soumis et al., 2003) et à la protection des lieux de stockage agricole. La faible rémanence des COP dans l'environnement présente des avantages, mais implique que l'insecticide soit épandu fréquemment, ce qui accroît le danger d'exposition pour la faune. Des concentrations importantes de COP ont été aussi mesurées en milieu urbain dans les effluents de stations d'épuration. Ces sources urbaines de COP sont plus difficiles à identifier, résultant souvent d'utilisations domestiques difficilement contrôlables et évaluables (traitements antiparasitaires : humains et animaux de compagnie et phytosanitaires : plantes d'intérieur et jardins) ou de dépôts, légaux ou non, dans des

lieux de stockage inadaptés et perméables (**Pesticide Action Network Africa, 2006**) ce qui contribue à la persistance de ces molécules (eaux, sols et environnement).

Cette persistance planétaire, durable et menaçante est à l'origine de contaminations par voies respiratoire, orale ou cutanée. Toutes les formes vivantes contaminées présentent des altérations du système nerveux dues à la neurotoxicité de ces molécules liée à l'inhibition de l'acétylcholinestérase (**Ecobichon, 1996**).

Chez les vertébrés, les mammifères contaminés par les COP présentent d'autres symptômes dont la gravité dépend de la dose mais surtout de la durée d'exposition. Des effets cytotoxiques et génotoxiques sont observés chez le rat après une seule exposition aux COP avec une augmentation de la fréquence des aberrations chromosomiques et du nombre de micronucléi dans les cellules de la moelle épinière (**Vijayaraghavan et Nagarajan, 1994**), des dégâts sur la molécule d'ADN (**Bartoli et al., 1991**) et des pathologies hépatiques irréversibles. Les COP peuvent induire chez le rat ou la souris une baisse de fertilité (diminution du nombre de spermatozoïdes, augmentation du nombre de spermatozoïdes anormaux) et une réduction du taux d'hémoglobine (**Mathew et al., 1992 ; De Silva et al., 2006**). Chez l'Homme, l'exposition répétée entraîne un risque plus élevé de leucémie et de sarcome des tissus mous. L'organisme des mammifères est cependant beaucoup plus efficace que celui des oiseaux en ce qui concerne la détoxification des COP. Ainsi, les oiseaux sont 100 fois plus sensibles que les mammifères au Diazinon, un insecticide commun (**Environnement Canada, 1999**). Les oiseaux qui ne meurent pas directement peuvent subir divers effets physiologiques. Affaiblis, ils sont plus sujets à l'hypothermie et à la prédation et peuvent se révéler incapables d'attirer un partenaire sexuel, de défendre leur territoire ou d'élever leurs couvées. Les poissons sont particulièrement exposés aux COP. Une étude comparative montre que la présence d'organophosphorés dans l'eau entraîne une diminution de 34,2% du nombre de Carpe commune (*Cyprinus carpio*) par rapport à un lac non pollué (**Gruber et Munn, 1998**). De plus, toujours chez la Carpe, les COP modifient l'activité des enzymes digestives (**Simon et al., 1999**).

Par ailleurs, des effets non cholinergiques ont été observés chez l'homme et les animaux de laboratoire; en effet, les COP, comme d'autres xénobiotiques, génèrent des espèces réactives oxygénées qui induisent un stress oxydatif créant des dommages au niveau cellulaire et tissulaire lorsque les capacités protectrices endogènes de l'organisme sont dépassées (**Hai et al., 1997 ; revue in Mohammad et al., 2004**). Les effets des stress oxydatifs induits par les COP ont été étudiés *in vivo* chez le rat (**Ibrahim et El-Gamal, 2003; Buyukokuroglu et al., 2008; Lukaszewicz-Hussain, 2008**) et *in vitro* sur des cultures d'érythrocytes et hépatocytes de rats (**Gultekin et al., 2000 ; John et al., 2001 ; Tuzmen et al., 2008**) et montrent des changements significatifs de l'activité des enzymes antioxydantes et suggèrent que les radicaux libres et/ou les espèces réactives oxygénées sont impliquées dans la toxicité des COP.

Parmi les organophosphorés, le parathion-méthyle (MPT) a été très étudié pour ses propriétés neurotoxiques chez les mammifères et les poissons (**Boone et Chambers, 1996; Hai et al., 1997 ; Aguiar et al., 2004**) mais également pour son induction de stress oxydatif. De récents travaux montrent que l'exposition au MPT génère un fort stress oxydatif chez un poisson d'Amérique (*Brycon cephalus*) et chez le rat avec induction de radicaux libres, changements drastiques au niveau des systèmes enzymatiques antioxydants et augmentation de la peroxydation des lipides (**Monteiro et al., 2006, 2009 ; Celik et Suzek, 2008**). Cependant peu de choses sont connues des effets du MPT sur le métabolisme lipidique, alors que les lipides jouent un rôle essentiel dans tous les aspects des processus biologiques de l'organisme. Ainsi, des variations de leurs niveaux dans les tissus et le plasma sont généralement associés à diverses pathologies (formation de calculs biliaires, athérosclérose et maladies coronariennes) (**Moss et al., 1987**).

Le but de la présente étude est d'évaluer, sur le rat, les effets d'une exposition subchronique au MPT (1) sur les constituants du système de défense antioxydant tels

que le Glutathion réduit (GSH) et la glutathion S-transférase (GST) ; (2) sur les constituants lipidiques du plasma de rat incluant les taux de cholestérol total (CT) et les triglycérides (TG) plasmatiques et (3) d'évaluer le rôle protecteur de la vitamine E sur CT et TG après traitement préventif de l'animal avec de la vitamine E qui est un antioxydant et qui joue un rôle essentiel dans la protection membranaire de toutes les cellules de l'organisme.

MATERIEL ET METHODES

Les animaux utilisés pour cette expérimentation sont des rats Wistar mâles adultes (Institut Pasteur d'Alger, Algérie) pesant 220 ± 20 g en début d'expérimentation. Ils sont stabulés et acclimatés pendant 2 semaines en cages individuelles en conditions de température ($21 \pm 1^\circ\text{C}$), d'hygrométrie (70%) et d'éclairage (12L/12D) constants. Ils reçoivent une alimentation standard sous forme de bouchons (UAB, Algérie). La nourriture et l'eau sont fournies ad libitum.

Les animaux sont ensuite répartis en trois lots expérimentaux : 1- Contrôles, C (n=6), 2- Traités per os avec une solution contenant du parathion-méthyle, PM (n=6), 3- Traités per os avec une solution contenant du parathion-méthyle + Injection i.p. de vitamine E, PME (n=6).

Le parathion-méthyle (C₁₀H₁₄NO₅PS, Sigma-Aldrich, France) est administré per os, à raison de 2 mg de MPT/kg/j pendant 10 jours dans 0,3 ml d'huile d'olive par gavage quotidien (entre 09h00 et 10h00). La dose utilisée dans notre étude se situe suivant les travaux antérieurs pris comme référence entre 1/6 et 1/15 de la DL₅₀ (DL₅₀ voie orale: 13-30 mg/kg, **IPCS, 1993** ; **INRS, 2007**). Chez le rat mâle adulte, cette dose classiquement utilisée dans les études de toxicité expérimentale subaiguë et chronique se situe entre la DL 50 et la dose sans effet observable basée sur l'inhibition de l'acétylcholinestérase qui est de 0,1 mg/kg/j (**INRS, 2007**).

La vitamine E (Sigma Aldrich, France) a été administré quotidiennement (entre 09h00 et 10h00) pendant 10 jours par injection intrapéritonéale (i.p.) de 0,5 ml de 150 mg de vitamine E/kg, dans une solution d'éthanol 1% diluée dans du liquide physiologique.

Les animaux contrôles reçoivent les véhicules des différents traitements soit une injection i.p. quotidienne (entre 09h00 et 10h00) de 0,5 ml d'une solution d'éthanol à 1% dans du sérum physiologique et un gavage journalier avec 0,3 ml d'huile d'olive per os pendant 10 jours.

A la fin du traitement, les rats sont sacrifiés par décapitation entre 09h00 et 11h00 du matin. Le sang artérioveineux, récupéré dans des tubes héparinés est rapidement centrifugé (15 min, 3000 trs/min) et les aliquotes de plasma conservés à -30°C . Pour chaque animal, le foie est pesé et les échantillons prélevés sont broyés dans du tampon phosphate saccharosé (pH 7,5), centrifugés et le surnageant est conservé à -20°C pour les dosages du glutathion réduit (GSH), de la glutathion S-transférase (GST) et de l'acétylcholinestérase (AChE).

Le dosage de l'acétylcholinestérase (AChE) au niveau du foie a été réalisé selon la méthode de **Knedel et Böttger (1967)**. Le glutathion réduit hépatique (GSH) est dosé selon la méthode de **Weckbeker et Cory (1988)** et la glutathion S-transférase (GST) selon celle de **Habig et al. (1974)**. Le glucose, le cholestérol et les triglycérides plasmatiques ont été évalués par dosages enzymatiques de la glucose oxydase (**Trinder, 1969**), de la cholestérol oxydase (**Thomas et Labor, 1992**) et de la glycérol peroxydase (**Young et al., 1975**) (kits Randox Laboratories).

Les résultats expérimentaux sont exprimés sous forme de moyenne \pm écart-type (m \pm SD). La comparaison entre les moyennes est réalisée à l'aide du test T de Student. La significativité des résultats est estimée une analyse de variance à un critère de classification (ANOVA). La différence entre les groupes expérimentaux est considérée comme significative pour $p < 0,05$.

RESULTATS

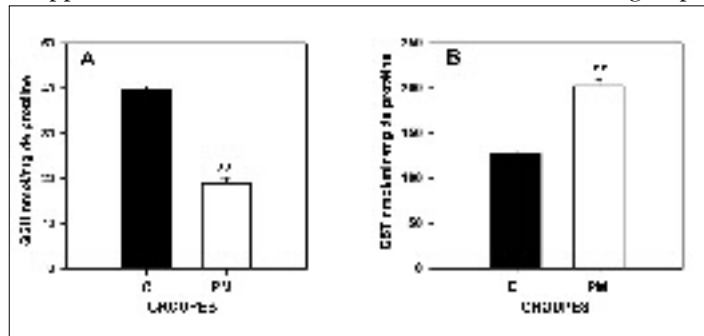
Effet du PM sur l'activité acétylcholinestérasique hépatique chez le rat :

Cette molécule organophosphorée administrée per os pendant dix jours entraîne une diminution significative de l'activité de l'acétylcholinestérase chez les animaux traités (PM : $1007,40 \pm 182,61$ UI/l) par rapport à celle mesurée chez animaux du groupe contrôle (C : $1590,46 \pm 71,92$ UI/l; PM vs C, $p < 0,001$).

Effet du PM sur le système de défense antioxydant hépatique (Figure 1)

Après 10 jours de traitement, les animaux gavés au PM présentent une diminution significative des taux de GSH (PM : $19,70 \pm 0,78$ nmol/mg de protéine vs C : $39,04 \pm 1,36$ nmol/mg de protéine, $p < 0,01$) associée à une augmentation significative de l'activité de la GST par rapport au taux mesurés dans le foie des animaux du groupe contrôle (PM : $202,51 \pm 7,13$ nmol/min/mg de protéine vs C : $128,61 \pm 1,69$ nmol/min/mg de protéine, $p < 0,01$).

Figure 1
 Variation de la teneur en GSH en nmol/mg de protéine (A) l'activité GST en nmol/min/mg de protéine (B) chez les rats mâles contrôles (C) et traités au parathion-méthyle (PM). ** = $p < 0,01$, MP vs C.

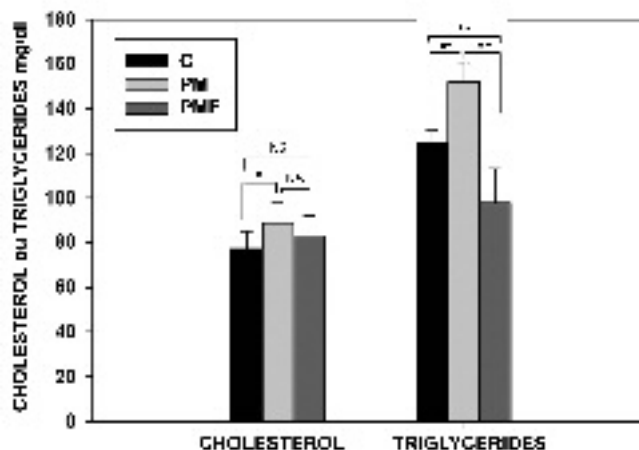


Effets du PM administré à des rats supplémentés ou non avec de la vitamine E sur les taux des constituants lipidiques plasmatiques : le cholestérol total (CT) et les triglycérides (TG) (Figure 2)

Chez les rats traités per os au PM, des augmentations significatives des taux plasmatiques de cholestérol total (CT) et de triglycérides (TG) sont mesurées par rapport à ceux mesurés chez les animaux du groupe contrôle (CT: PM: 89 ± 09 mg/dl vs C: 77 ± 08 mg/dl, $p < 0,05$ et TG :PM: 152 ± 09 mg/dl vs C: 125 ± 05 mg/dl, $p < 0,01$).

Par contre, chez les rats ayant subi le même traitement au MP mais supplémentés par des injections de vitamine E aucune modification significative des taux de CT et de TG plasmatiques n'a pu être mesurée par rapport aux taux mesurés chez les animaux du groupe contrôle (CT:PME: 83 ± 09 mg/dl vs C: 77 ± 08 mg/dl, non significatif et TG :PME : 98 ± 15 mg/dl vs C: 125 ± 05 mg/dl, non significatif). Les taux plasmatiques de cholestérol total (CT) et de triglycérides (TG) mesurés chez des animaux du groupe PME sont significativement plus bas que ceux des animaux du groupe PM (CT:PME: 83 ± 09 mg/dl vs C: 89 ± 09 mg/dl, non significatif et TG :PME : 98 ± 15 mg/dl vs PM: 152 ± 09 mg/dl, $p < 0,01$).

Figure 2
 Variation des concentrations plasmatiques de cholestérol total (mg/dl) et de triglycérides (mg/dl) chez les animaux contrôles (T), traités au parathion méthyle (MP) et ceux traités au parathion méthyle (MP) et supplémentés en vitamine E (MPE). * = $p < 0,05$ et ** $p < 0,01$: PM vs C. NS = non significatif.



Alors que le MP est bien connu pour ses effets neurotoxiques, hématotoxiques, hépatotoxiques, génotoxiques et son action perturbante sur les fonctions respiratoires, cardiovasculaires, développementales et de reproduction, les connaissances concernant sa contribution la genèse d'un stress oxydatif chez les mammifères sont très peu nombreuses.

Au cours de cette étude, les rats ont été exposés à une seule dose de PM établie d'après les données bibliographiques. Les résultats de la mesure de l'activité acétylcholinestérasique hépatique montrent l'efficacité du traitement per os qui induit une diminution de 30% de l'activité enzymatique après 10 jours. Pour mettre en évidence la nature toxique de ce pesticide, les biomarqueurs les plus importants du système de défense antioxydant, le GSH et la GST ont été choisis. Nos résultats montrent que le PM à 2 mg/kg de poids corporel pendant 10 jours affecte le fonctionnement du système de défense antioxydant. Le taux de GSH diminue significativement chez les animaux exposés au PM. Le GSH et ses enzymes métabolisantes sont la meilleure défense contre les dommages cellulaires induits par les espèces oxygénées réactives (ROS) (Avellini et al, 1993). La diminution des taux de GSH dans nos conditions expérimentales est due à l'utilisation de la GSH pour contrecarrer l'installation d'un stress oxydatif induit par les ROS générés par l'exposition au PM. Par ailleurs l'activité de la GST augmente fortement dans le foie en réponse au traitement. Ce type de réponse des enzymes antioxydants sert généralement à protéger l'organisme en éliminant les xénobiotiques (Smith et Litwack, 1980). Ainsi le fait d'observer que l'administration subchronique de PM entraîne des changements dans les systèmes de défense antioxydants et peut avoir une action toxique sur l'organisme est en accord avec les conclusions de travaux antérieurs (Dasgupta et al, 1992 ; Bagchi et al, 1995 ; Gultekin et al, 2000; Kalender et al, 2007).

Les lipides jouent un rôle essentiel et une modification des taux lipidiques dans le sang ou les tissus peut se révéler extrêmement dommageable pour l'organisme. Ainsi les taux de deux constituants lipidiques plasmatiques, le cholestérol total (CT) et les triglycérides (TG) ont été mesurés dans nos conditions expérimentales. Nos résultats montrent une augmentation significative de la cholestéronémie après traitement par le parathion-méthyle. Ceci est en accord avec des résultats antérieurs obtenus avec d'autres insecticides tels qu'un organophosphoré, le Ronnel (Rumsey et al, 1983), un organochloré, le Dieldrin (Shakoori et al, 1984) et des carbamates, le Furadan (Gupta et al, 1986) et le Méthomyl (Antal et al, 1979). Cependant, d'autres travaux montrent une hypocholestéronémie après traitement avec des insecticides variés incluant des molécules organophosphorés telles que l'Acéphate (Choudhari et Chakrabarti, 1984) et le Dichlorvos (Ryhanen et al, 1984) et une molécule pyréthroïde de synthèse, la Cyperméthrine (Shakoori et al, 1988). La réduction des taux sériques de CT qui a été enregistrée chez les rats traités à l'Acéphate est attribuée à une modification du taux de HDL circulant (Choudhari et Chakrabarti, 1984). Il a même été suggéré que les composés organophosphorés pourraient phosphoryler et inhiber l'hydroxy-méthyl glutaryl CoA réductase, l'enzyme clé de la production de cholestérol (Ryhanen et al, 1984).

Concernant les triglycérides, le PM provoque une importante augmentation de leurs taux plasmatiques. Ces résultats confirment les travaux antérieurs qui montraient une augmentation des taux de TG plasmatiques chez des animaux traités avec différents insecticides dont un organophosphoré, le Dichlorvos (Ryhanen et al, 1984) et un carbamate, le Furadan qui est également un insecticide neurotoxique qui agit en inhibant l'acétylcholinestérase (Gupta et al, 1986). Cette élévation des TG sériques ou plasmatiques pourrait être attribuée à l'inhibition d'enzymes du type lipase intervenant dans le métabolisme des TG hépatiques et des lipoprotéines plasmatiques (Musliner et

al., 1979 ; Goldberg *et al.*, 1982). D'autres études, cependant, ont rapporté chez le rat après traitement avec des insecticide organophosphorés soit aucun effet sur les taux de TG plasmatiques avec le Diazinon (Ibrahim et El-Gamal, 2003) soit une diminution de ces taux avec l' Acéphate (Choudhari et Chakrabarti, 1984). Cette diminution pourrait être le résultat de la réduction induite par l' Acephate de toutes les classes de lipoprotéines de la fraction lipidique plasmatique et plus particulièrement les plus légères d'entre elles.

Il n'est pas surprenant que les effets soient si différents d'une molécule à l'autre car l'on sait qu' au sein d'une classe d'insecticide comme celle des organophosphorés, il existe des molécules très variées se comportant différemment à l'intérieur des organismes vivants. Dans une dernière expérience, les taux de CT et de TG ont été mesurés chez des rats exposés au PM mais préalablement traités par un antioxydant, la vitamine E qui joue un rôle essentiel dans la protection de la membrane de toutes les cellules de l'organisme. Elle est antioxydante, i.e.,elle contribue à la neutralisation des radicaux libres dans l'organisme; de plus, elle empêche ou réduit l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL) (Traber et Atkinson, 2007). Dans nos conditions expérimentales, les rats supplémentés en vitamine E ne présentent plus les fortes augmentations des taux de CT et TG après exposition au Parathion-méthyle des lipoprotéines de faible densité. Ces résultats suggèrent que les effets du parathion-méthyle sur les constituants lipidiques plasmatiques sont bien la conséquence d'un stress oxydatif puisque que la vitamine E est capable de reverser les augmentations de CT et de TG induites. Ces résultats sont en parfaite adéquation avec les travaux de John *et al.* (2001) qui montrent également sur un modèle in vitro d'érythrocytes de rat que que la vitamine E a un effet protecteur contre le stress oxydatif induit par par deux insecticides organophosphorés, le Diméthoate et le Malathion.

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude réalisée chez un mammifère, le rat Wistar suggèrent que l'insecticide organophosphoré, le parathion-méthyle, quoique peu rémanent mais toujours présent dans l'environnement parce que toujours utilisé malgré les interdictions d'usage, interfère avec le métabolisme lipidique par induction d'un stress oxydatif dépassant les capacités protectrices des systèmes moléculaires endogènes antioxydants de défense de l'organisme pouvant ainsi entraîner de nombreuses pathologies.

RÉFÉRENCES

- Aguiar de L.H., Moraes G., Avilez I.M., Altran A.E., Corrêa C.F. 2004 Metabolical effects of Folidol 600 on the neotropical freshwater fish matrinxã, *Brycon cephalus*. *Environ Res.*, **95**(2) : 224-230.
- Antal M., Bedö M., Constantinovits G., Nagy K., Szépvölgyi J.; 1979. Studies on the interaction of methomyl and ethanol in rats. *Food Cosmet Toxicol.*, **17**(4) : 333-338.
- Arapoglou D., Vlyssides A., Israilides C., Zorpas A., Karlis P., 2003. Detoxication of methyl parathion pesticide in aqueous solutions by electrochemical oxidation. *J. Hazard. Mater.* **98** : 191-199.
- Avellini L., Spaterna A., Reboldi G.P., Gaiti A., 1993 Defence mechanisms against free radical-induced damage in sheep, cattle and dog erythrocytes. *Comp Biochem Physiol B.*, **106**(2) : 391-39444.
- Bagchi D., Bagchi M., Hassoun E.A., Stohs S.J., 1995. In vitro and in vivo generation of reactive oxygen species, DNA damage and lactate dehydrogenase leakage by selected pesticides. *Toxicology*, **104**(1-3) :129-140.
- Bartoli S., Bonora B., Colacci A., Niero A., Grilli S., 1991. DNA damaging activity of methyl parathion. *Res. Commun; Chem. Pathol. Pharmacol.*, **71**(2) : 209-218.
- Boone J.S., Chambers J.E., 1996. Time course of inhibition of cholinesterase and alierterase activities, and nonprotein sulfhydryl levels following exposure to organophosphorus insecticides in mosquitofish

- (*Gambusia affinis*). *Fundam. Appl. Toxicol.*, **29**(2) : 202-207.
- Buyukokuroglu M.E., Cemek M., Yurumez Y., Yavuz Y., Aslan A., 2008.** Antioxidative role of melatonin in organophosphate toxicity in rats. *Cell. Biol. Toxicol.*, **24**(2) : 151-158.
- Celik I., Suzek H., 2008.** Subacute effects of methyl parathion on antioxidant defense systems and lipid peroxidation in rats. *Food. Chem. Toxicol.*, **46**(8) : 2796-2801.
- Choudhari P.D., Chakrabarti C.H. 1984.** Effect of Acephate (orthene), an organophosphorus insecticide, on lipid metabolism in albino rats. *Indian J. Exp. Biol.*, **22**(1) : 45-49.
- Dasgupta J., Gupta J., Data, A.S., Sengupta D., 1992.** Effect of Malathion on antioxidant defence system in human fetus – an in vitro study. *Indian J. Exp. Biol.*, **30** : 352.
- De Silva H.J., Samarawickrema N.A., Wickremasinghe A.R., 2006.** Toxicity due to organophosphorus compounds: what about chronic exposure? *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **100**(9) : 803-806.
- Donaldson D., Kiely T., Grube A., 2002.** Pesticides Industry Sales and Usage 1998 and 1999 Market Estimates. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Ecobichon D.J., 1996.** Toxic effects of pesticides. In : Klaassen C.D. (Ed), Casarett and Doull's Toxicology, sixth ed. McGraw-Hill, pp 763-810.
- Environnement Canada**, site Web, « Les pesticides et les oiseaux sauvages », Service canadien de la faune, Faune de l'arrière-pays, La Voie verte, novembre 1999.
- Goldberg I.J., Le N.A., Paterniti J.R. Jr, Ginsberg H.N., Lindgren F.T., Brown W.V., 1982** Lipoprotein metabolism during acute inhibition of hepatic triglyceride lipase in the cynomolgus monkey. *J. Clin. Invest.*, **70**(6) : 1184-1192.
- Gruber S.J., Munn M.D., 1998.** Organophosphate and carbamate insecticides in agricultural waters and cholinesterase (ChE) inhibition in common carp (*Cyprinus carpio*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **35**(3) : 391-396.
- Gultekin F., Ozturk M., Akdogan M., 2000.** The effect of organophosphate insecticide chlorpyrifos-ethyl on lipid peroxidation and antioxidant enzymes (in vitro). *Arch Toxicol.*, **74**(9) : 533-538.
- Gupta M., Mukherjee S., Gupta S.D., Dolui A.K., Dey S.N., Roy D.K., 1986.** Changes of lipid spectrum in different tissues of Furadan-treated mice. *Toxicology*, **38**(1) : 69-79.
- Habig, W.H., Pabst, M.J. and Jacoby, W.B. 1974.** Glutathione S-Transferase. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.*, **249** : 7130-7139.
- Hai D.Q., Varga S.I., Matkovics B., 1997.** Organophosphate effects on antioxidant system of carp (*Cyprinus carpio*) and catfish (*Ictalurus nebulosus*). *Comp. Biochem. Physiol. C* **117** : 3-88.
- Ibrahim N.A., El-Gamal B.A. 2003.** Effect of diazinon, an organophosphate insecticide, on plasma lipid constituents in experimental animals. *J Biochem Mol Biol.*, **36**(5) : 499-504.
- Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) 2007.** Fiche toxicologique n°83.
- International Programme on Chemical Safety (IPCS) 1993.** Methyl parathion, Health and safety guide n°75.
- John S., Kale M., Rathore N., Bhatnagar D., 2001.** Protective effect of vitamin E in dimethoate and malathion induced oxidative stress in rat erythrocytes. *J Nutr Biochem.*, **12**(9) : 500-504.
- Kalender S., Kalender Y., Durak D., Ogutcu A, Uzunhisarcikli M. Cevrimli B.S., Yildirim M., 2007.** Methyl parathion induced nephrotoxicity in male rats and protective role of vitamins C and E. *Pestic. Biochem. Phys.*, **88** : 213-218.
- Knedel M. et Böttger R., 1967.** [A kinetic method for determination of the activity of pseudocholinesterase (acetylcholine acyl-hydrolase 3.1.1.8)]. *Klin. Wochenschr.*, **45**(6) : 325-327.
- Livingstone D.R., Lemaire P., Matthews A., Peters L., Bucke D., Law R.J., 1993.** Pro-oxidant, antioxidant and 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) activity responses in liver of dab (*Limanda limanda*) exposed to sediment contaminated with hydrocarbons and other chemicals. *Mar. Pollut. Bull.*, **26** : 602-606.
- Livingstone D.R., 2001.** Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms. *Mar. Pollut. Bull.*, **42** : 656-666.
- Lukaszewicz-Hussain A., 2008.** Subchronic intoxication with chlorfenvinphos, an organophosphate insecticide, affects rat brain antioxidative enzymes and glutathione level. *Food Chem Toxicol.*, **46**(1) : 82-86.
- Maroni M., Colosio C., Ferioli A., Fait A., 2000.** Biological monitoring of pesticide exposure : a review. Organophosphorus pesticides. *Toxicology*, **143** : 9 – 37.
- Mathew G, Vijayalaxmi KK, Abdul Rahiman M., 1992.** Methyl parathion-induced sperm shape

abnormalities in mouse. *Mutat Res.*, **280**(3) : 169-173.

Mohammad A., Ranjbar A., Shahin S., Nikfar S., Rezaie A., 2004. Pesticides and oxidative stress: a review. *Med. Sci. Monit.*, **10** : 141-147.

Monteiro D.A., Rantin F.T., Kalinin A.L., 2009. The effects of selenium on oxidative stress biomarkers in the freshwater characid fish matrinxã, *Brycon cephalus* exposed to organophosphate insecticide Folisuper 600 BR(R) (methyl parathion). *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.*, **149**(1) : 40-49.

Monteiro D.A., de Almeida J.A., Rantin F.T., Kalinin A.L., 2006. Oxidative stress biomarkers in the freshwater characid fish, *Brycon cephalus*, exposed to organophosphorus insecticide Folisuper 600 (methyl parathion). *Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol.*, **143**(2) : 141-149.

Moss D.W., Henderson A.P., Kachmar J. F., 1987. Enzymes, in *Fundamentals of clinical Chemistry*, Tietz N.W. (Ed), 3rd ed., WB Saunders Compagny, Philadelphia, USA.

Musliner T.A., Herbert P.N., Kingston M.J., 1979. Lipoprotein substrates of lipoprotein lipase and hepatic triacylglycerol lipase from human post-heparin plasma. *Biochim. Biophys. Acta.*, **575**(2) : 277-288.

Pesticide Action Network (PAN) Africa 2006. Analyse des impacts des stocks de pesticides obsolètes sur les communautés locales et sur l'environnement en Tunisie : Cas du site Menzel Bourguiba. Rapport n°11.

Rumsey T.S., Bitman J., Tao H., 1983. Changes in plasma concentrations of thyroxine, triiodothyronine, cholesterol and total lipid in beef steers fed ronnel. *J Anim Sci.*, **56**(1) : 125-31.

Ryhänen R., Herranen J., Korhonen K., Penttilä I., Polvilampi M., Puhakainen E., 1984. Relationship between serum lipids, lipoproteins and pseudocholinesterase during organophosphate poisoning in rabbits. *Int. J. Biochem.*, **16**(6) : 687-690.

Shakoori A.R., Rasul Y.G., Ali S.S., 1984. The effect of long term administration of dieldrin on biochemical components in blood serum of albino rats. *Folia Biol.* **32**(3) : 213-222.

Shakoori A.R., Ali S.S., Saleem M.A., 1988. Effects of six months' feeding of cypermethrin on the blood and liver of albino rats. *J. Biochem. Toxicol.*, **3** : 59-71.

Silva H.C., Medina H.S.G., Fanta E., Bacila M., 1993. Sublethal effects of heorganophosphate Folidol 600 (methyl parathion) on *Callichthys callichthys* (Pisces: Teleostei). *Comp. Biochem. Physiol.* **105C** : 197-201.

Simon L.M., László K., Kotormán M., Vértesi A., Bagi K., Nemcsók J., 1999. Effects of synthetic pyrethroids and methidation on activities of some digestive enzymes in carp (*Cyprinus carpio* L.). *J. Environ. Sc. Health B.*, **34**(5) : 819-828.

Soumis N., Lucotte M., Sampaio D., Almeida D.C., Giroux D., Morais S., Pichet P., 2003. Presence of organophosphate insecticides in fish of the Amazon river. *Acta Amazon.*, **33** : 325-338.

Smith G.J., Ohl V.S., Litwack G., 1980. Purification and properties of hamster liver ligandins, glutathione S-transferases. *Cancer Res.*, **40**(6) : 1787-1790.

Thomas et Labor, 1992. Colorimetric method for biological analysis. *Lab. Diag.*, 4:99-115.

Toxnet, Toxicology Data Network, 1988. US. National library of medicine, Bethesda, MD.

Traber M.G., Atkinson J., 2007. Vitamin E, antioxidant and nothing more. *Free Radic. Biol. Med.* **43**(1) : 4-15.

Trinder P., 1969. Determination of glucose in blood using oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem.*, **6** : 24-28.

Tuzmen N., Candan N., Kaya E., Demiryas N. 2008. Biochemical effects of chlorpyrifos and deltamethrin on altered antioxidative defense mechanisms and lipid peroxidation in rat liver. *Cell Biochem Funct.*, **26**(1) : 119-124.

Videira R.A., Antunes-Madeira M.C., Lopes V.I.C.F., Madeira V.M.C., 2001. Changes induced by malathion, methyl parathion and parathion on membrane lipid physicochemical properties correlate with their toxicity. *Biochim. Biophys. Acta* **1411** : 360-368.

Vijayaraghavan M., Nagarajan B., 1994. Mutagenic potential of acute exposure to organophosphorus and organochlorine compounds. *Mutat. Res.* **321**(1-2) : 103-11.

Weckbeker G. et Cory J.G., 1988. Ribonucleotide reductase activity of glutathione-depleted mouse leukemia L1210 cells in vitro. *Cancer letters*, **40** : 257-264.

Young D.S., Pestaner L.C. et Gibberman V., 1975. Effects of drugs on clinical laboratory tests. *Clin. Chem.*, **21**(5) : D1-D432.

L'exposition "L'eau pour tous" ou comment cinq institutions culturelles et scientifiques se réunissent autour de la question universelle de l'eau

Jean-François HEBERT

Cité de Sciences et de l'Industrie, 30, avenue Corentin Cariou,
75930, Paris cedex 19

« La Terre est bleue comme une orange »

Paul Eluard, *L'amour la poésie* (1929)

La Terre, une « planète bleue » ? Cette image poétique recouvre une réalité géographique concrète : les trois quarts de la Terre sont constitués d'eau. Son usage connaît toutefois de grandes disparités d'un point à l'autre du globe. Aujourd'hui, 1,2 milliard d'êtres humains n'ont pas accès à l'eau potable et 1,7 milliard ne disposent pas de système d'assainissement. Dans certaines régions, l'eau est devenue un enjeu stratégique vital dès lors que son inégale répartition accroît les risques de crises, voire de conflits.

Ces dernières années, la dégradation progressive des conditions climatiques a fait de la gestion planétaire des ressources en eau une question primordiale. La canicule exceptionnelle en Europe, notamment en France durant le mois d'août 2003, et les sécheresses sévères et répétées (2003, 2005) qui ont été durement ressenties par les populations européennes ont accentué la prise de conscience sur notre continent. Plus récemment, les débats soulevés par le 4^e Forum mondial de l'eau à Mexico (16-22 mars 2006) ont intensifié la sensibilisation aux problèmes de l'eau et contribué à les mettre plus en avant sur la scène politique. Face à « l'or noir » qu'est le pétrole, « l'or bleu » s'affirme, au début du XXI^e siècle, comme la nouvelle ressource naturelle au cœur des préoccupations des gouvernements et des citoyens.

C'est pour mieux diffuser l'information sur ces questions que la Cité des sciences et de l'industrie s'est associée à quatre partenaires régionaux dans le but de réaliser une exposition axée sur la gestion et la préservation de l'eau : "L'eau pour tous".

L'eau n'est pas une préoccupation nouvelle pour la Cité qui s'est toujours intéressée à ce sujet. Institution nationale de référence dans le champ de la culture scientifique et technique, elle a vocation à anticiper les problématiques « science et société »

Figure 1:
 Affiche réalisée à l'occasion de la présentation à Marseille en 2005 de l'exposition "L'eau pour tous".



l'année 2005, *L'eau à la trace*, une petite exposition facilement transportable s'adressant tout particulièrement aux enfants. Cet « inventomobile » a circulé en Seine-Saint-Denis, dans le Var et autour de La Turbine, le centre de culture scientifique et technique de Cran-Chevrier (Haute-Savoie).

Avec *L'eau pour tous*, la Cité inscrit à nouveau ce thème dans sa programmation en l'intégrant dans le cycle d'expositions temporaires thématiques consacrées au développement durable et à l'environnement, intitulé « Gérer la planète ». Lancé en octobre 2003 avec l'exposition *Climax* sur le réchauffement climatique, ce cycle a rythmé pendant trois ans l'activité de la Cité. Après *Pérde, nouveaux défis* (février-août 2004), *Soliel mythes et réalités* (mars 2004-janvier 2005), *Opération carbone*, une expérience-pilote en *Amazonie* (mai 2004-juin 2005), *La population mondiale... et moi ?* (avril-novembre 2005) et *Plantes menacées* (octobre 2005-avril 2006), *L'eau pour tous* constitue donc une nouvelle opportunité pour la Cité de coller au plus près des sujets qui intéressent nos concitoyens.

DES PARTENARIATS EN RÉGIONS

L'eau pour tous relève aussi, et peut-être surtout, de la volonté de nouer des partenariats nouveaux débouchant sur des expositions spécialement conçues et adaptées pour circuler en régions. Pour mettre en œuvre ce projet, la Cité des sciences a eu la chance de pouvoir collaborer avec quatre acteurs culturels de renom, différents et complémentaires : la Ville de Marseille (Muséum d'histoire naturelle), le département du Rhône (Musée des Confluences), le site du Pont-du-Gard et l'Espace des sciences de Rennes. S'inscrivant pleinement dans le cadre de la politique de coproduction que la Cité a réactivée, à l'occasion du lancement par les ministres chargés de la culture et de la recherche, du plan national pour la diffusion de la culture scientifique et technique de janvier 2004, *L'eau pour tous* avait pour objectif de mutualiser les expertises et les réseaux de chacun des partenaires, ce qui permettait de toucher d'emblée un plus grand nombre de lieux en France.

L'exposition a par ailleurs bénéficié d'un partenariat avec l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et avec bioMérieux pour les ateliers d'animation. Ses contenus scientifiques, élaborés avec l'aide d'un comité scientifique composé d'experts reconnus, ont été validés par les cinq coproducteurs, de même que ses dispositifs muséologiques



Illustration 1 :

Inauguration de l'exposition "L'eau pour tous", le 17 janvier 2005, en présence de gauche à droite de : Loïc FAUCHON, Président de la Société des Eaux de Marseille, Président du Conseil mondial de l'eau ; Jean-François HEBERT, Président de la Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris ; Jean-Claude GAUDIN, Maire de la Ville de Marseille, Sénateur des Bouches-du-Rhône, Vice-Président du Sénat ; Anne MEDARD-BLONDEL, Directeur du Muséum d'histoire naturelle, Ville de Marseille ; Roger LUCCIONI, Conseiller municipal délégué, Ville de Marseille

interactifs, ludiques et colorés. Parrainée par l'Unesco, elle a également reçu le soutien du Conseil mondial de l'eau. L'exposition, qui a ouvert ses portes pour la première fois au Muséum d'histoire naturelle de Marseille, le 17 janvier 2005, en présence de Jean-Claude Gaudin, sénateur-maire de Marseille, est restée à l'affiche jusqu'au 25 avril de la même année, avant de rejoindre son deuxième lieu d'accueil à Lyon, puis au site du Pont du Gard et à la Cité des sciences d'où elle est repartie en novembre 2006 pour s'installer dans l'Espace des sciences de Rennes.

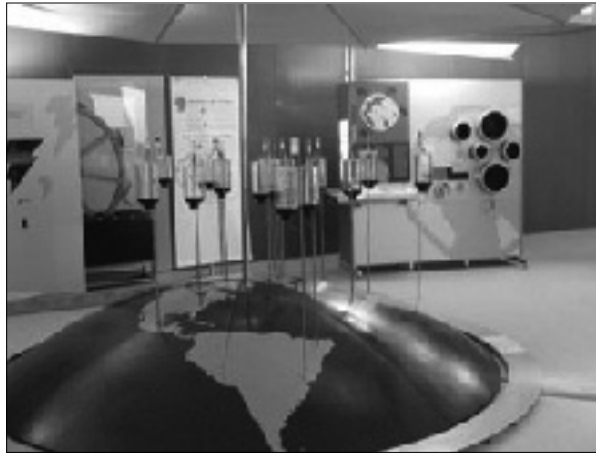
L'EXPOSITION

D'une superficie de 350 m², *L'eau pour tous* dresse un panorama de la situation des ressources en eau dans le monde et expose les problèmes que soulève sa gestion. L'angle d'approche retenu n'est pas hexagonal, mais planétaire. Afin de susciter une réflexion sur notre responsabilité individuelle face à l'un des enjeux majeurs de notre siècle, le parti pris muséographique est centré sur le rapport de l'homme à la nature pour en montrer les interactions et les interférences dues aux changements d'échelle liées à l'évolution du monde. Le synopsis de l'exposition intègre aussi des compléments apportés par chaque partenaire pour illustrer les problématiques locales de l'eau. Au Muséum d'histoire naturelle de Marseille, une partie de l'exposition illustre l'histoire de l'eau à Marseille et sa gestion en Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Au site du Pont du Gard, « Mémoires de garrigue » proposait la découverte d'un paysage méditerranéen de garrigue où l'homme et la végétation ont appris à s'adapter à un climat marqué par les absences ou les excès d'eau. A la Cité des sciences, la dernière partie de l'exposition présentait au visiteur une maquette interactive du bassin hydrographique Seine-Normandie montrant notamment les outils permettant d'anticiper les situations de crise (inondation, sécheresse) et les actions locales et collectives engagées pour y remédier. Cette maquette a été réalisée grâce au partenariat du ministère de l'écologie et du développement durable et de l'Agence de l'eau Seine-Normandie,

L'exposition a été structurée comme un parcours initiatique en quatre étapes : « Chansons sous la pluie », « Le théâtre de l'eau », « Le puzzle des futurs » et « Gérer l'eau », au cours desquelles on est libre de voir, entendre, toucher et expérimenter. Chaque séquence a pour but d'impliquer les visiteurs.

D'entrée, ils sont conviés à une promenade symbolique de manière à les mettre tout de suite "dans le bain". Au cœur d'une ambiance musicale reproduisant le bruit de la pluie,

Illustration 2
Etape "le théâtre de l'eau", Muséum de Marseille



Ils entrent ensuite dans « Le théâtre de l'eau », une zone où ils vont de découverte en découverte à travers des jeux interactifs et des manipulations. C'est l'occasion de prendre la mesure de l'inégalité face à la ressource en eau au niveau mondial. "Alertés" des effets de la pollution, ils vérifient la nécessité de l'épuration des eaux usées et ses limites.

L'objectif est ici d'informer le visiteur par un dispositif muséographique approprié. Devant une très grande mappemonde abritée sous un large parapluie, deux données géopolitiques de seize pays sont affichées : la ressource en eau par année et habitant, face au pourcentage de population ayant accès à l'eau potable.

Autre dispositif de mise en situation, celui intitulé « Accéder à l'eau » qui rappelle que 20% de la population mondiale n'ont pas accès à une eau domestique en quantité suffisante. Le visiteur en est informé par le biais d'une manipulation qui lui propose de répartir une quantité d'eau limitée entre les quatre usages quotidiens essentiels à la vie d'une famille. Le résultat lui indique la quantité d'eau qu'il avait à sa disposition et souligne les disparités des consommations domestiques. Tour à tour observateur et acteur, le visiteur pompe, remplit, vide... Il constate par exemple qu'il consomme autant d'eau pour un simple cycle de lave-vaisselle qu'un Équatorien pour l'ensemble de ses besoins journaliers.

La troisième séquence, baptisée « Le puzzle des futurs », montre des solutions envisagées pour l'avenir. « Irriguer sans perdre une goutte » est un jeu de rôle interactif qui invite le visiteur à prendre la place d'un garde-canal ou d'un agriculteur et à contrôler au mieux les canaux et les dispositifs d'irrigation employés. Confronté au gaspillage urbain et placé devant la maquette d'une ville surélevée dont le réseau d'adduction fuit, c'est à lui qu'il revient d'agir sur les réparations des fuites en s'improvisant responsable du service des eaux.

Enfin, une grande table, « Les voix pour l'eau », propose à plusieurs visiteurs de se réunir pour une réflexion collective autour de questions-clés sur la gestion de l'eau, les

droits des écosystèmes, les moyens d'une collaboration équitable entre riches et pauvres en eau, et l'aspiration à la solidarité. Les participants votent ensuite pour l'une ou l'autre des solutions défendues par trois experts (scientifique, économique, politique).

Illustration 3
Etape "Les voix pour l'eau", Muséum de Marseille



Présentant un enjeu non seulement environnemental mais aussi politique et social, *L'eau pour tous* est une exposition aux dimensions éducatives et même citoyennes fortes, qui s'adresse en particulier à un public scolaire.

Porteuse de messages appelant à une prise de conscience, elle vise à mieux sensibiliser ses visiteurs à quatre réalités contemporaines : le caractère précieux des ressources en eau de la planète, les inégalités qui marquent l'accès à l'eau, l'impact des activités humaines, et les comportements à promouvoir pour défendre et partager ce capital si précieux.

Pour la première fois, un site internet collectif de présentation de l'exposition a été réalisé par les cinq partenaires, qui met à la disposition des internautes les contenus de l'exposition et le calendrier de son itinéraire, ainsi que des contenus éditoriaux et des actualités régulières sur le thème de l'eau. Il constitue une source facilement consultable d'informations facilitant la préparation d'une visite ou permettant de la prolonger. Ce vecteur de diffusion supplémentaire souligne la dimension exemplaire de la collaboration nouée par des institutions engagées dans la promotion de la culture scientifique et technique.

Présentations

L'exposition interactive itinérante *L'eau pour tous* a été présentée :
au Muséum d'histoire naturelle de Marseille (Palais Longchamp) du 18 janvier au 24 avril 2005,
au Muséum-département du Rhône du 17 mai au 25 septembre 2005,
au site du Pont du Gard du 2 novembre 2005 au 26 février 2006,
à la Cité des sciences et de l'industrie du 4 avril au 5 novembre 2006,
et de décembre 2006 à mai 2007 à l'Espace des sciences de Rennes.

Site internet de l'exposition :

http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/evenemen/eau-pour-tous/

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les manuscrits doivent être fournis dans un premier temps en trois exemplaires dactylographiés, format A4 recto uniquement ou par courrier électronique. Les textes retenus seront soumis à l'avis d'un relecteur. La version corrigée sera fournie sur support informatique.

Chaque article comprendra :

Titre français et anglais

Prénom et nom du ou des auteurs et adresses respectives (dans le cas de co-auteurs préciser le nom du correspondant)

Résumé de 1000 caractères maximum et six mots clés dans la langue courante de l'article

Résumé de 1500 caractères maximum et six mots clés dans l'autre langue

Introduction

Matériels et méthodes

Résultats et discussion

Conclusion

Remerciements

Références.

Les noms latins (genre et espèce) uniquement doivent être écrits en italique. Les noms d'auteurs seront écrits en minuscule.

Les numéros des figures seront en chiffres arabes, ceux des tableaux en chiffres romains et les unités de mesure normalisées sur le mode du Système International d'Unités.

Les références bibliographiques citées dans le texte doivent être regroupées par ordre alphabétique à la fin du manuscrit sur le modèle suivant :

Ramade F., 1974. *Eléments d'écologie appliquée*. Paris, Ediscience Ed. : 522 p.

Francke W. et Engel W., 1986. Synorogenic sedimentation in the Variscan belt of Europe. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér. 8, 2 (1) : 25-33.

Janzen D. 1988. Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem : 130-137, *in* : Biodiversity, Wilson Ed., 521 p.

Illustrations :

Les tableaux seront saisis sous Word ou Excel uniquement.

Les illustrations (images et figures) seront fournies en format TIFF ou JPEG, en 300 dpi, taille souhaitée d'impression.

Les illustrations originales au trait se feront sur bristol blanc, à l'encre de Chine noire et seront dotées d'un numéro d'ordre.

Dans tous les cas, tenir compte des réductions dans le choix des lettres et des signes.

Les illustrations photographiques, uniquement en noir et blanc, seront fournies sur tirages papier ou diapositives de qualité.

Les légendes des figures et tableaux seront regroupées sur une même page.

Tirés-à-part:

Il sera fourni à chaque auteur un fichier format PDF de son article. Des tirés-à-part sur papier pourront être fournis sur demande expresse.

Toute commande supplémentaire devra être formulée lors du renvoi du manuscrit corrigé, accompagnée du nom et de l'adresse de la personne ou de l'organisme à qui sera envoyée la facture

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Papers must first be handed out in triplicate typed A4 format paper, front page only or by e-mail.

The texts selected will be submitted to a reviewer. After correction, the final version will be sent on computer support.

Each paper should contain :

Title in French and in English

Name(s), surname(s) and address(es) of author(s) (in case of co-authors, indicate the correspondent one)

1000 characters maximum abstract and six key-words in the current language of the article

1500 characters maximum abstract and six key-words in the other language.

Introduction

Materials and methods

Results and discussion

Conclusion

Acknowledgements

References

Latin names only (Genus and species) would be written in italic, author names in small letters.

Figure numbers must be noted in Arabic numerals, tables one in Roman numbers and measure units standardized on the International Units System model.

Bibliographic references mentioned in the text must be listed in alphabetic order, at the end of the paper, as following :

Ramade F., 1974. *Eléments d'écologie appliquée. Paris*, Ediscience Ed. : 522 p.

Francke W. et Engel W., 1986. Synorogenic sedimentation in the Variscan belt of Europe. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér. 8, 2 (1) : 25-33.

Janzen D. 1988. Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem : 130-137, *in* : Biodiversity, Wilson Ed., 521 p.

Illustrations

Tables should be typed on Word or Excel software only.

Computer pictures or figures should be in TIFF or JPEG format, in 300 dpi, in the impress format wished.

Original drawings should be made on white paper with Chinese ink, with an order number.

In any case, take into account reductions in the choice of letters and symbols.

Photographic illustrations, only black and white, should be on opaque paper or transparent support (dias of high quality).

Legends of figures and tables should be noted on a same page.

Off prints

Each author or co-author will receive a PDF computer version of its manuscript.

Thorough 25 off prints free of charge could be sent on express solicitation.

Additional off prints should be ordered with the sending of corrected version, with name and address of person or institute where invoice must be sent.

