



Histoire naturelle des animaux venimeux

Max Goyffon

Avec la collaboration de
Christine Rollard

L*avoisier*
TEC & DOC

Histoire naturelle des animaux venimeux

Chez le même éditeur

La fonction venimeuse

Christine Rollard, Jean-Philippe Chippaux, Max Goyffon, 2015

L'évolution biologique au XXI^e siècle

Roger Dajoz, 2012

*L'immunité chez les animaux et les végétaux : aspects fondamentaux
et physiopathologiques*

Jean Clos, 2012

Dictionnaire d'entomologie : anatomie, systématique, biologie

Roger Dajoz, 2010

Direction éditoriale : Jean-Marc Bocabeille

Edition et fabrication : Solène Le Gabellec

Couverture et composition : Patrick Leleux PAO

Illustrations de couverture :

Latrodectus mactans (© Pxhere.com), *Actinia equina* (© Pxhere.com),

Euscorpius flavicaudis (© Henk, Stock.adobe.com),

Dendrobates D. auratus (© Pxhere.com)

Pour plus d'informations sur nos publications :



newsletters.lavoisier.fr/9782743024161

Histoire naturelle des animaux venimeux

Max Goyffon[†]

Attaché honoraire, Département régulation, Développement
et Diversité moléculaire, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

Avec la collaboration de Christine Rollard

Maîtresse de conférences, Institut de Systématique,
Évolution, Biodiversité (ISYEB) UMR 7205,
CNRS, MNHN, UPMC, EPHE,
Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

Sommaire

Avant-propos	IX
Acronymes	XI

Chapitre 1

Qu'est-ce qu'un animal venimeux ?

1. Zoologie, quelques définitions	1
1.1. Animaux venimeux actifs vs passifs	1
1.2. Les venins	2
1.2.1. Dispositif vulnérant	8
1.2.2. Glande à venin, glande de Duvernoy	9
1.3. Marie Phisalix	11
1.4. Aristote et la notion d'animal venimeux depuis l'Antiquité.	12
1.5. Quelle est donc l'importance médicale des animaux venimeux à l'échelle de la planète ?	17
1.5.1. La thériaque	19
1.5.2. La pierre noire.	20
1.6. Sérothérapie, vaccins et antibiotiques	20
2. Présentation des animaux venimeux.	22
2.1. Animaux venimeux actifs	23
2.1.1. Morsures	23
2.1.1.1. <i>Vertébrés</i>	23
2.1.1.2. « <i>Invertébrés</i> » : autres « <i>mordeurs</i> » venimeux	26
2.1.2. Piqûres	29
2.1.2.1. <i>Vertébrés</i> : <i>dards et épines</i>	29
2.1.2.2. « <i>Invertébrés</i> » : <i>dards, épines fixes, soies</i>	32
2.1.3. Dards mobiles	33
2.1.4. Soies (Lépidoptères)	35
2.1.5. Harpons	37
2.2. Espèces animales hématophages	41
2.3. Animaux venimeux passifs	42
2.3.1. Amphibiens.	42
2.3.2. Autres arthropodes	44
2.3.2.1. <i>Diplopodes</i>	44
2.3.2.2. <i>Insectes coléoptères</i>	44
Annexe. Ethnopharmacopée (Afrique)	54

Chapitre 2

Les venins

1. Introduction : venin, glande à venin et ancienneté des espèces venimeuses	57
2. Évolution des toxines dans les venins	58
2.1. Chez les « Vertébrés »	58
2.2. Chez les « Invertébrés »	61
2.2.1. Cnidaires	62
2.2.2. Scorpions	62
2.2.3. Familles de protéines	64
3. Glandes à venin	71
3.1. Aspects histologiques des glandes à venin	72
3.2. Rôle de la glande à venin	74
3.3. Importance des études génomiques	75
4. Composition des venins	78
5. Effet des venins	81
5.1. Venin de défense ou de capture ?	81
5.1.1. Chez les cônes	82
5.1.2. Chez les scorpions	82
5.1.3. Origine des toxines	83
5.2. Effets toxiques des venins	83
5.2.1. Évaluation des effets	83
5.2.2. Aspects de la fonction venimeuse	84
6. Effets neurotoxiques et myotoxiques, hémotoxiques, nécrosants des venins, et envenimations humaines	85
6.1. Effets neurotoxiques et myotoxiques	85
6.2. Effets hémotoxiques	90
6.3. Effets nécrosants des venins	93
7. Allergie et venins	99
8. Venins et recherches biomédicales	105
8.1. Venins et recherches biologiques	107
8.2. Venins et recherche thérapeutique	108

Chapitre 3

Les sérums antivenimeux

1. Découverte des sérums antivenimeux : querelle d'antériorité	119
1.1. Césaire Phisalix (1852-1906)	121
1.2. Gabriel Bertrand (1867-1962)	122
1.3. Marie Phisalix-Picot (1861-1946)	122
1.4. Naissance d'une querelle	124
1.5. Albert Calmette (1863-1933)	126
1.6. Querelle par littérature scientifique interposée	128
1.7. Vital Brazil (1865-1950) et Oswaldo Cruz (1872-1917)	131
2. Préparation actuelle d'un SAV	133
2.1. Préparation des venins à utiliser	133
2.2. Immunisation des chevaux fournisseurs de SAV	134

2.3. Fractionnement des immunoglobulines des animaux immunisés	135
2.4. Filtration stérilisante à 0,2 µm.	136
3. Principes et intérêt de l'utilisation de la sérothérapie	138
3.1. Serpents	139
3.2. Scorpions.	142
3.3. Autres exemples de l'intérêt d'une sérothérapie	144
4. Enquêtes sur l'intérêt de la sérothérapie	146
4.1. Envenimations ophidiennes	148
4.2. Envenimations scorpioniques	149
5. Modalités d'action des SAV	151
5.1. Fragments d'anticorps – Études pharmacocinétiques	151
5.2. Fragments F(ab') ₂	152
5.3. Fragments Fab	152
5.4. Les anticorps recombinants.	154
6. Pénurie de sérums antivenimeux	155
6.1. Les faits et leurs conséquences	155
6.2. Efficacité des sérums antivenimeux	159
6.3. Évolution des coûts des SAV	160
6.4. Procédés de substitution	160
6.5. Pénurie de SAV : bilan	162
7. Conclusion	168

Chapitre 4

Les animaux venimeux et l'homme

1. Introduction.	177
2. Risque médical : envenimations.	180
2.1. Envenimations illégitimes	182
2.2. Envenimations occasionnelles ou « légitimes »	183
3. Changement climatique et distribution des espèces venimeuses	184
4. Pullulations d'espèces venimeuses – Pullulations saisonnières	188
4.1. Faune terrestre : les arthropodes	189
4.2. Chélicérates venimeux	189
4.2.1. Les araignées.	189
4.2.2. Les scorpions	190
4.3. Insectes venimeux	191
4.3.1. Les hyménoptères piqueurs.	191
4.3.2. Les insectes urticants et vésicants	192
4.4. Insectes vésicants	196
4.4.1. Les coléoptères : Méloïdés et staphylin.	196
4.4.2. Les Meloïdae	196
4.4.3. Les Staphylinidae	197
5. Pullulations non saisonnières.	198
5.1. Myriapodes diplopodes ou millepattes <i>stricto sensu</i>	198
5.1.1. Les Chilopodes	198
5.1.2. Les Diplopodes	198
5.2. Cnidaires	200

5.3. Échinodermes	202
5.3.1. Les oursins	202
5.3.2. Les étoiles de mer	203
6. Adaptations d'espèces venimeuses aux milieux anthropisés	204
6.1. <i>Causus maculatus</i>	204
6.2. <i>Echis ocellatus</i>	205
7. Espèces « invasives »	205
7.1. Arthropodes venimeux	206
7.1.1. Les hyménoptères aculéates	206
7.1.2. Les Formicidae	206
7.1.3. Les Apidae et Vespidae	210
7.2. Vertébrés	212
7.3. Poissons	212
7.4. Amphibiens	213
7.5. Serpents	215
8. Expansion territoriale d'espèces venimeuses – <i>Expansion de proche en proche</i>	216
9. Animaux venimeux et milieu urbain – Le scorpionisme urbain	218
10. Conclusion	224

Chapitre 5

Interrelations des fonctions venimeuse et immunitaire innée

1. Généralités	229
2. Venins et immunité innée	233
3. Étude de différents venins	235
3.1. Venins de scorpions	235
3.2. Venins de cnidaires	241
3.3. Venins d'araignées et de serpents	243
3.4. Venin de l'ornithorynque	244
3.5. Venins de serpents : PLA ₂ et inhibiteurs naturels de PLA ₂ (PLI)	247
4. Biosécurité – Biosûreté	255
4.1. Convention CABT	255
4.2. Protocole de Carthagène	257
4.3. Comité national consultatif pour la biosécurité	258
4.4. Protocole de Nagoya	258
5. Conclusion	259
Index	269
Planches couleurs	277

Avant-propos

Écrire la préface de cet ouvrage n'est pas exercice facile après la disparition de son auteur, qui a été pour moi, comme pour beaucoup d'étudiants et de jeunes chercheurs, une référence scientifique dans son domaine de compétences sur les animaux venimeux et la toxicologie, thématiques pour lesquelles il a su faire passer son intérêt.

Max Goyffon nous a quittés en juillet 2020 après avoir mené de front une double carrière au Centre de recherche du Service de santé des armées (CRSSA) et au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (MNHN). C'est dans cet établissement que nous nous sommes rencontrés, à l'automne 1988, avant mon recrutement en décembre de la même année. Notre regrettée collègue, Jacqueline Heurtault et lui-même, m'avaient alors confié, dans le cadre de vacances, la charge de la relecture de tous les textes du futur ouvrage sur « La fonction venimeuse » paru chez ce même éditeur, en 1994. Quelques années plus tard, il m'a proposé, en collaboration avec Jean-Philippe Chippaux, de codiriger la réactualisation de cet ouvrage de référence multi-auteurs, dont la nouvelle version est parue en 2015. Une collaboration que j'ai beaucoup appréciée à travers nos échanges, au Muséum mais aussi dans des petits restaurants du quartier où il aimait m'emmener, tout comme un certain nombre de ses collègues, et me faire apprécier la bonne cuisine française.

Cette première expérience m'avait permis d'approfondir mes connaissances de l'univers très diversifié des animaux venimeux au-delà de mon groupe taxonomique de recherche que sont les araignées. Sur sa proposition, cet investissement progressif s'est concrétisé par la suite par une implication de plus en plus importante dans la formation intitulée « Les animaux venimeux et vénéneux », créée au sein du MNHN en 1983 par un petit collectif de chercheurs du Muséum dont Max Goyffon, formation unique en son genre en Europe.

Les activités de recherche de Max Goyffon ont essentiellement porté sur l'étude des toxines des venins d'animaux venimeux, plus spécifiquement ceux des scorpions et des araignées. Grâce à un réseau de collaborations avec des laboratoires de réputation internationale en biochimie, biologie moléculaire, immunologie, il a su guider et fournir des modèles expérimentaux pour l'étude des mécanismes fondamentaux du vivant et la découverte de molécules capables de maîtriser les processus infectieux, physiologiques ou environnementaux. Médecin, il s'est intéressé à l'immunothérapie contre les envenimations, étudiant expérimentalement l'efficacité des anti-venins dans le traitement

des envenimations de scorpions et serpents avec des collaborateurs comme Georges Mion, Jean-Philippe Chippaux, Philippe Billiald ou Cassian Bon.

En dehors de ses plus de 250 publications scientifiques, il a toujours souhaité élargir la transmission de son savoir vers le tout-public à travers la rédaction d'ouvrages. Féru d'histoire, il avait envie dans un ultime ouvrage de traiter de celle des animaux venimeux pour mieux les approcher et comprendre leur fonctionnement.

Alors quels sont-ils, comment agissent leurs venins et quelles en sont les caractéristiques, quels sont les risques réels et pour quel groupe zoologique, comment s'est faite la découverte des sérums antivenimeux et comment définir cette relation entre la fonction venimeuse et la fonction immunitaire innée, thématique chère à Max Goyffon... ? Voilà les thèmes traités dans ce livre, abordant des aspects à la fois biologiques, biogéographiques, chimiques, médicaux et historiques, le tout ponctué d'une bonne trentaine d'illustrations, et agrémenté de quelques photos.

La genèse de ce livre a demandé de nombreuses années et apporte des éléments d'informations à un instant donné des connaissances, dont certaines ont encore évolué depuis mais, en accord avec sa famille, cet ouvrage qui tenait tant à cœur à Max Goyffon devait vraiment voir le jour en sa mémoire, pour ses compétences et pour son investissement dans les recherches sur les animaux venimeux.

Il faut aussi remercier ici celui qui a participé un temps à cette aventure par ses suggestions, sa relecture, ses échanges et son soutien : notre collègue du Muséum, spécialiste des squamates, Nicolas Vidal.

Max Goyffon nous raconte des histoires en nous dévoilant l'intérêt à apporter au monde des animaux venimeux et à la complexité de leur fonctionnement, une base de connaissances sur laquelle s'appuyer pour continuer leur approfondissement.

Tout simplement MERCI.

Christine ROLLARD

Acronymes

AMP	« Anti-Microbial Peptides »
APA	Accès au partage des avantages
ASIC	« Acid Sensing Ion Channel »
ATNC	Agent transmissible non conventionnel
ATU	Autorisation temporaire d'utilisation
BCG	Bacille Calmette-Guérin
BHM	Barrière hématoméningée
Bk	Bradykinine
BNDB	« Bovine Neutrophil Bêta Défensine-12 »
BPF	« Bradykinin Potentiating Factor »
BPP	« Bradykinin Potentiating Peptide »
BSA	Banque de sérums antivenimeux
BTPI	« Bovine Pancreatic Trypsine Inhibitors »
CBD	Convention sur la biodiversité
CICS	« Crotalus Inhibitor from Crotalus Serum »
CIVD	Coagulation intravasculaire disséminée
CNCB	Comité national consultatif pour la biosécurité
CNF	« Crotalus Neutralizing Factor »
CRD	« Carbohydrate Recognition Domain »
CRISP	« Cystein Rich Secreted Proteins »
CSab	« Cystein Stabilized alpha-bêta »
CTX	Charybdotoxine
CVF	« Cobra Venom Factor »
DCI	Dénomination commune internationale
DLP	« Defensin-like-peptides »
Eb	Estimation basse
EC	Enzyme de conversion
ECG	Électrocardiogramme
EGF	« Epithelial Growth Factor »
Eh	Estimation haute
FDA	« Food and Drug Administration »
FFS	« Front Fanged Snakes »
3FTx	« Three Finger Toxins »
HTA	Hypertension artérielle

ICK	« Inhibitor Cystein Knot »
IEC	Inhibiteurs d'enzyme de conversion
IgE	Immunoglobulines E
IST	« International Society of Toxinology »
ITHP	Immunoglobulines thérapeutiques hautement différenciées
LPS	Lipopolysaccharides
LRR	« Leucine Rich Repeat »
NAC	Nouveaux animaux de compagnie
NGF	« Nerve Growth Factor »
NSBD	« Non-disulfide-bridged peptides »
OGM	Organismes génétiquement modifiés
OIE	Organisation internationale des épizooties (<i>voir</i> WOAHA)
OMS	Organisation mondiale de la santé (<i>voir</i> WHO)
Ov	« Ornithorhynchus venom »
PAMP	« Pathogens Associated Molecular Patterns »
PLA ₂	Phospholipases A ₂
PLI	« PhosphoLipases Inhibitors »
PSR	Résonance plasmonique de surface
PVD	Pays en voie de développement
RPS	Résonance plasmonique de surface (<i>voir</i> SPR)
SAV	Sérum antivenimeux
SDRA	Syndrome de détresse respiratoire aigu
Shh	« Sonic hedgehog » (gène)
SKK	Système kalllicréine-kinine
SP	Sérine protéases
sPLA ₂	PLA ₂ sécrétées
SPR	« Surface Plasmonic Resonance » (<i>voir</i> RPS)
SRA	Système rénine-angiotensine I
STx	Saxitoxine
SVMP	« Snake Venom Metalloproteinases »
TAP	Peptide antimicrobien trachéal
TLR	« Toll Like Receptors »
3FTx	« Three-finger Toxins »
TTx	Tétradotoxine
Tx	Toxine
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
VEGF	« Vascular Endothelial Growth Factor »
WHO	« World Health Organisation » (<i>voir</i> OMS)
WOAH	« World Organisation for Animal Health »

Histoire naturelle des animaux venimeux



Inédit en langue française, fruit d'une carrière consacrée aux venins, l'ouvrage regroupe les recherches de Max Goyffon sur l'histoire naturelle des animaux venimeux, leurs classifications, fonctionnements, évolutions, au travers des aspects biologiques, biogéographiques, chimiques, médicaux et historiques.



Le premier chapitre propose une définition d'un animal venimeux, en tenant compte des venins et des différents types d'envenimations. Le deuxième chapitre aborde les venins, leurs compositions et toxines, leurs effets et les allergies qui en découlent. Le troisième chapitre expose les sérums antivenimeux avec leur découverte, leur intérêt, les préparations, les modalités d'action et les problèmes de pénurie de sérums. Le quatrième chapitre présente les liens entre les animaux venimeux et l'être humain, les envenimations de diverses espèces, leur adaptation aux milieux anthropisés. Enfin, le cinquième chapitre évoque les interrelations entre la fonction venimeuse et la fonction immunitaire innée.



Cet ouvrage s'adresse aux biologistes, vétérinaires, pharmacologues, médecins, naturalistes, ainsi qu'aux étudiants en médecine, pharmacie, toxicologie, médecine vétérinaire, biologie, zoologie, et toute personne intéressée par ce sujet.

Max Goyffon[†] était Attaché honoraire au Département Régulation, Développement et Diversité moléculaire du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.

Christine Rollard est Maîtresse de conférences à l'Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité (ISYEB) UMR 7205, CNRS, MNHN, UPMC, EPHE du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.