



HAL
open science

Les crotales : prévention et traitement

Josiane Mosca

► **To cite this version:**

Josiane Mosca. Les crotales : prévention et traitement. Sciences pharmaceutiques. 1991. dumas-03356990

HAL Id: dumas-03356990

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03356990>

Submitted on 28 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance.

La propriété intellectuelle du document reste entièrement celle du ou des auteurs. Les utilisateurs doivent respecter le droit d'auteur selon la législation en vigueur, et sont soumis aux règles habituelles du bon usage, comme pour les publications sur papier : respect des travaux originaux, citation, interdiction du pillage intellectuel, etc.

Il est mis à disposition de toute personne intéressée par l'intermédiaire de [l'archive ouverte DUMAS](#) (Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance).

Si vous désirez contacter son ou ses auteurs, nous vous invitons à consulter la page de DUMAS présentant le document. Si l'auteur l'a autorisé, son adresse mail apparaîtra lorsque vous cliquerez sur le bouton « Détails » (à droite du nom).

Dans le cas contraire, vous pouvez consulter en ligne les annuaires de l'ordre des médecins, des pharmaciens et des sages-femmes.

Contact à la Bibliothèque universitaire de Médecine Pharmacie de Grenoble :

bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

1^{er} exemplaire

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER GRENOBLE I – SCIENCES TECHNOLOGIE MÉDECINE

U.F.R. DE PHARMACIE
Domaine de la Merci
38700 LA TRONCHE

ANNEE : 1991

N° d'ordre 7048

LES CROTALES : PREVENTION ET TRAITEMENT

THESE

présentée à l'**UNIVERSITE JOSEPH FOURIER GRENOBLE I**
pour obtenir le grade de **Docteur en Pharmacie**

par

MOSCA Josiane

[Données à caractère personnel]

Cette thèse sera soutenue publiquement le **9 décembre 1991**

devant la Commission d'Examen :



Maître de conférences

Madame le Professeur

Monsieur le Professeur

Monsieur

Monsieur

M.H. PERA

A. BOUCHERLE

J.M. RICHARD

P. GALIPE

Présidente du Jury

Professeur Honoraire

Maître de conférences

Pharmacien

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER GRENOBLE I – SCIENCES TECHNOLOGIE MÉDECINE

U.F.R. DE PHARMACIE
Domaine de la Merci
38700 LA TRONCHE

ANNEE : 1991

N° d'ordre :

LES CROTALES : PREVENTION ET TRAITEMENT

THESE

présentée à l'**UNIVERSITE JOSEPH FOURIER GRENOBLE I**
pour obtenir le grade de **Docteur en Pharmacie**

par

MOSCA Josiane

[Données à caractère personnel]



115 009983 7



Cette thèse sera soutenue publiquement le **9 décembre 1991**

devant la Commission d'Examen :

Madame le Professeur
Monsieur le Professeur
Monsieur
Monsieur

M.H. PERA
A. BOUCHERLE
J.M. RICHARD
P. GALIPE

Présidente du Jury
Professeur Honoraire
Maître de conférence
Pharmacien

A tous ceux qui me sont chers

*j'adresse ici l'expression
de mon affectueuse reconnaissance*

A ma présidente de thèse

Madame le Professeur Pera

*Vous vous êtes montrée toujours disponible
et vos encouragements m'ont été précieux
lors de l'élaboration et la rédaction
de ce travail*

Très sincèrement, merci

A mon Jury de thèse

*Monsieur Boucherle : Professeur Honoraire
Monsieur Richard : Maître de Conférences
Monsieur Galipe : Pharmacien*

*Vous m'avez fait l'honneur de bien vouloir
participer à mon jury de thèse.*

*Veillez agréer l'expression
de ma profonde gratitude.*

Sommaire

I.

CLASSIFICATION DES CROTALES PARMIS LES SERPENTS

II.

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

III.

MORPHOLOGIE GÉNÉRALE DES SERPENTS À SONNETTES

- A. Longueur du corps
- B. Proportions du corps
- C. Les écailles
- D. Les couleurs et les motifs
- E. Certains caprices de la nature

IV.

LA SONNETTE

- A. Historique
- B. Fonction et utilisation
- C. Conditions d'utilisation
- D. Nomenclature
- E. Caractéristiques du bruit
- F. Formation et longueur de la chaîne

V.

PARTICULARITÉS PHYSIQUES

- A. Longévité
- B. La Mue

- B1. LES EFFETS DE LA MUE SUR LA VUE
- B2. LES BESOINS EN EAU DURANT LA MUE
- B3. SAISON ET FRÉQUENCE DES MUES

C. Le déplacement des crotales

- C1. LES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE LOCOMOTION
- C2. LA VITESSE DE LOCOMOTION

D. Les "sens" du crotale

- D1. LA VUE
- D2. L'OUÏE
- D3. L'ODORAT
- D4. LES FOSSETTES LORÉALES
- D5. LE TOUCHER
- D6. CONCLUSION

VI.

LE COMPORTEMENT

A. Les limites physiologiques

- A1. LES TEMPÉRATURES MAXIMALES
- A2. LES TEMPÉRATURES MINIMALES
- A3. L'INTERVALLE DE TEMPÉRATURES OPTIMALES

B. L'influence de la température sur les activités des crotales

- B1. LA SAISON D'ACTIVITÉ
- B2. L'HIBERNATION
- B3. LES MIGRATIONS ESTIVALES
- B4. L'INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ
- B5. LES ACTIVITÉS NOCTURNES
- B6. INFLUENCE DU CYCLE DE REPRODUCTION
- B7. CONCLUSION

C. Les différents comportements devant le danger

- C1. TEMPÉRAMENT ET DISPOSITION
- C2. PHASE DE DISSIMULATION
- C3. LA FUITE
- C4. L'ATTAQUE

D. Les moyens de dissuasion

E. L'habileté des serpents à sonnettes

- E1. A GRIMPER
- E2. A NAGER

VII.

LA NOURRITURE

A. Le type de nourriture

- A1. LES MAMMIFÈRES
- A2. LES OISEUX, LES ŒUFS

A3. LES REPTILES

A4. LES AMPHIBIENS ET LES POISSONS

B. La chasse du crotale

B1. VARIABILITÉ DE L'EFFET DE LA MORSURE

B2. TACTIQUE DIFFÉRENTE SELON LA PROIE

B3. MÉTHODE EMPLOYÉE POUR AVALER LA PROIE

C. Les besoins en nourriture

C1. LA FRÉQUENCE D'ALIMENTATION

D. Les besoins en eau

VIII.

LA REPRODUCTION

A. Les caractéristiques sexuelles

B. Les naissances

C. L'instinct maternel

D. Les activités des nouveaux-nés

IX.

L'APPAREIL A VENIN

A. Anatomie générale

A1. LES GLANDES À VENIN

A2. LES CROCHETS

B. La production de venin

B1. CHEZ LES NOUVEAUX-NÉS

B2. LES DIFFÉRENCES SEXUELLES DANS LA PRODUCTION DE VENIN

B3. IMPORTANCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES SAISONS SUR LA PRODUCTION

C. Les variations de toxicité du venin

C1. EN FONCTION DE L'AGE

C2. EN FONCTION DE L'ESPECE

C3. EN FONCTION DE LA GÉOGRAPHIE

C4. EN FONCTION DE L'INDIVIDU

X.

LA COMPOSITION DU VENIN

A. Introduction

B. Les éléments minéraux

C. Les composés organiques de faible poids moléculaire

D. Les protéines

D1. LES ENZYMES HYPROLYTIQUES

a) La phospholipase A₂

b) La phospholipase B

c) La phosphomonoestérase

d) La phosphodiesterase

D2. LES ENZYMES PROTÉOLYTIQUES

a) Les endopeptidases

b) Les exopeptidases

c) La collagenase, l'élastase

d) L'arginine ester hydrolase

e) La hyaluronidase

f) Les enzymes impliquées dans la coagulation

f1) Thrombine like enzymes

f2) Enzymes fibrinolytiques

f3) E Activatrice du facteur x

f4) E agissant sur l'aggrégation plaquettaire

f5) E sur le complément

g) La Kallicreine

h) L'inhibiteur de l'enzyme de conversion

i) Les facteur libérant l'histamine

D3. LES ENZYMES NON HYDROLYTIQUES

a) La L amino acide oxydase

D4. LES TOXINES

a) Les myotoxines

a1) Les myotoxines pures

a11) La myotoxine

a12) La crotamine

a2) Les toxines hémorragiques et myotoxiques

a21) La toxine Hb

a22) La viriditoxine

a3) Les neurotoxines possédant une activité myonécrotique

a31) La crotoxine

a32) La toxine Mojave

b) Les toxines hémorragiques

c) Les neurotoxines

c1) La crotoxine

c2) La toxine Mojave

c3) Conclusion

d) Les autres toxines

XI.

SYMPTOMATOLOGIE DE L'ENVENIMATION

A. Les symptômes locaux

A1. LA DOULEUR

A2. LA TRACE DES CROCHETS

A3. L'ŒDEME LOCAL

A4. L'INFLAMMATION

A5. L'HÉMORRAGIE LOCALE

A6. LA MYONÉCROSE

B. Les symptômes généraux

- B1. LES TROUBLES DIGESTIFS
- B2. LES TROUBLES CIRCULATOIRES
- B3. LES TROUBLES RESPIRATOIRES
- B4. LES TROUBLES HÉMATOLOGIQUES
- B5. LES TROUBLES NEUROLOGIQUES
- B6. LES TROUBLES RÉNAUX

XII.**LE TRAITEMENT****A. Introduction et historique****B. Le traitement actuel****B1. LES MESURES DE PREMIER SECOURS**

- a) **Rassurer le blessé**
- b) **Nettoyage de la plaie**
- c) **“La bande australienne”**
- d) **L'incision et la succion**
- e) **Le transport à l'hôpital**
- f) **La capture du serpent**

B2. LE TRAITEMENT HOSPITALIER

- a) **Estimation de la sévérité de la morsure**
- b) **Etablir un plan de traitement**
- c) **Le traitement symptomatique**
 - c1) *La douleur*
 - c2) *L'hypovolémie*
 - c3) *Le saignement*
 - c4) *L'atteinte rénale*
 - c5) *L'atteinte respiratoire*
 - c6) *La CIVD (coagulation intra vasculaire disséminée)*
- d) **Le traitement spécifique**
 - d1) *La sérothérapie*
 - a11) Les différents antivenins
 - a12) Les précautions à prendre
 - a13) L'administration du sérum antivenimeux
 - a14) L'efficacité de la sérothérapie
 - d2) *Le traitement chirurgical*

XIII.**FAIT CLINIQUE****XIV.****LES CONSEILS****A. Eviter les morsures****B. Les mesures de premier secours**

XV.
CONTRÔLE ET UTILISATION DES CROTALES

A. Les méthodes de lutte

- A1. DESTRUCTION DES TANIÈRES
- A2. LES PIÈGES
- A3. LES CLOTURES
- A4. LES GAZ, LES POISONS
- A5. L'UTILISATION DES PRÉDATEURS
- A6. ÉLIMINATION DE LA NOURRITURE
- A7. LES PRIMES
- A8. LA CIRCULATION ROUTIÈRE

B. Commercialisation des crotales et de leur dérivés

- B1. LE MARCHÉ DU SERPENT VIVANT
- B2. L'HUILE ET LES GRAISSES
- B3. LA CHAIR DU SERPENT
- B4. LES PRODUITS DE LA PEAU
- B5. LES SONNETTES

CONCLUSION

Liste des tableaux

- TABLEAU 1. – Production de venin chez les jeunes crotalidae p. 64
- TABLEAU 2. – Toxicité des crotales en fonction de la LD50 et de la production, p. 65
- TABLEAU 3a. – Comparaison de la composition des venins de crotalidae, d'hydrophidae, d'elapidae, p. 68
- TABLEAU 3b. – Protéines biologiquement actives des venins de crotale, p. 70
- TABLEAU 4. – Composition minérale des venins de crotalidae, p. 68
- TABLEAU 5. – Liste des enzymes protéolytiques chez *c. atrox*, *c. adamanteus*, p. 72
- TABLEAU 6. – Toxicité létale du venin de *c. ruber ruber*, p. 75
- TABLEAU 8a. – Comparaison des différentes toxines à action locale isolée de venin de crotales, p. 78
- TABLEAU 8b. – Liste des acides aminés (AA) composant les toxines hémorragiques de *crotalus atrox*, p. 79
- TABLEAU 9. – Liste des AA composant la crotoxine A, p. 80
- TABLEAU 10. – Liste des AA composant les sous-unités de la crotoxine A, p. 80
- TABLEAU 11. – Comparaison de la toxicité de la crotoxine et des deux sous-unités de la crotoxine, p. 81
- TABLEAU 12. – Activité biologique de la crotoxine et des deux sous-unités, p. 82
- TABLEAU 13. – Composition en acides aminés de la toxine mojave, p. 83
- TABLEAU 14. – Illustration de la différence géographique de la toxicité du venin de *c. scutulatus scutulatus*, p. 83
- TABLEAU 15. – Tableau récapitulatif des toxicités, p. 84
- TABLEAU 16. – Les différents antivenins, p. 97

Liste des schémas

- SCHÉMA 1. – Classification des serpents venimeux, p. 20
- SCHÉMA 2. – Principales caractéristiques des crotales, p. 21
- SCHÉMA 3. – Détail des écailles chez les crotales, p. 34
- SCHÉMA 4. – Disposition des écailles sur la tête, p. 35
- SCHÉMA 5. – La « sonnette », p. 39
- SCHÉMA 6. – Locomotion de *crotalus cerastes*, p. 43
- SCHÉMA 7. – La fossette loréale, p. 46
- SCHÉMA 8. – Différenciation du sexe chez les crotales, p. 58
- SCHÉMA 9. – Hémipenis de *crotalus horridus*, p. 58
- SCHÉMA 10. – Appareil à venin du crotale, p. 61
- SCHÉMA 11. – Appareil à venin du crotale, p. 61
- SCHÉMA 12. – Action d'hydrolyse de la phospholipase A₂, p. 71
- SCHÉMA 13. – Action de la phospholipase B, p. 71
- SCHÉMA 14. – Action de la phosphodiesterase, p. 71
- SCHÉMA 15. – Comparaison de la composition en acides aminés de la crotalase, du facteur IXa, Xa et de la thrombine, p. 73
- SCHÉMA 16. – Comparaison de l'action de la crotalase et de la thrombine sur le fibrinogène, p. 74
- SCHÉMA 17. – Séquence animée de la myotoxine a, p. 77
- SCHÉMA 18. – Schéma de la coagulation et intervention du venin, p. 89

Liste des cartes et photos

- CARTE P1. – Distribution du groupe d'Amérique du Sud, p. 25
- CARTE P2. – Distribution du groupe *Atrox*, p. 26
- CARTE P3. – Distribution du groupe *Viridis*, p. 27
- CARTE P4. – Distribution du groupe *Catalinensis*, p. 28
- CARTE P5. – Distribution du groupe *Durissus* du nord de l'Amérique, p. 29
- CARTE P6. – Distribution des crotales en Amérique centrale, p. 30
- CARTE P7. – Distribution du groupe *Sistrurus* : serpents à sonnette pygmés, p. 31
-
- PHOTO 1. – *Crotalus cerastes*, p. 18
- PHOTO 2. – *Crotalus adamanteus*, p. 32
- PHOTO 3. – *Crotalus cerastes* : détail des « cornes », p. 36
- PHOTO 4. – *Crotalus ruber* : disposition des écailles sur la tête, p. 36
- PHOTO 5. – Sonnette d'un nouveau-né, p. 40
- PHOTO 6. – Sonnette brisée, p. 40
- PHOTO 7. – Sonnette entière, p. 41
- PHOTO 8 et 9. – *Crotalus cerastes*, p. 44
- PHOTO 10. – La fossette loréale, p. 47
- PHOTO 11 et 12. – Crotales avalant un lézard, p. 55
- PHOTO 13. – Accouplement de crotales, p. 59
- PHOTO 14. – *Crotalus atrox* : extraction du venin, p. 62
- PHOTO 15. – *Crotalus adamanteus* : les deux crochets, p. 63
- PHOTO 16. – *Crotalus ruber*, p. 75
- PHOTO 17. – *Crotalus horridus*, p. 85

Introduction

Depuis toujours, les serpents apparaissent comme des animaux porteurs de mort; les crotales redoutés et vénérés à la fois ont tenu et tiennent encore une place importante dans l'imaginaire des indiens d'Amérique du Nord.

De nos jours, les crotales ou « serpents à sonnette » sont responsables de 99 % des envenimations survenues aux Etats-Unis.

De plus la généralisation des voyages d'affaires ou d'agrément fait que chacun de nous peut être un jour ou l'autre confronté à ce danger.

La présente thèse réunit les données bibliographiques concernant les crotales les plus dangereux d'Amérique du Nord. Elle se propose de déboucher sur une information pratique concernant

- les règles élémentaires de prévention

- les gestes à éviter

- le traitement actuel de l'envenimation

Pour y parvenir, vont être envisagés successivement

- La présentation et la différenciation des crotales

- Leur morphologie, leur mode de vie, de reproduction

- La composition du venin

- La symptomatologie de l'envenimation et le traitement

- Les modalités de la lutte anti-crotale

Il sera fait naturellement une place particulière aux conseils : Rôle spécifique du pharmacien.

The Hopi Snake Dance

The Hopi Snake dance is the best known of all Indian rituals. The widespread publicity it has received results from a single spectacular episode that occupies but a half hour during an elaborate nine-day ceremony, only a few other parts of which are ever seen by the public. In this fantastic episode, which so greatly fascinates the spectators, some of the participating priests execute a form of dance around a ring while each holds a live snake in his mouth, gripping the snake at the neck with his teeth and lips. Some of the snakes are rattlers. The dance is held annually at two or three of the Hopi pueblos in central Navajo County, Arizona. Each year people come in large numbers and from great distances to see it, and the argument as to why the participants are not fatally bitten is unending.

The dance is carried on through the cooperation of two fraternities, or secret societies, known as the Snakes and the Antelopes.

Four days of the nine are given over to a ceremonial hunting of the snakes. The snakes may be either rattlers or of nonvenomous species. No observer appears to have accompanied the Indians on these hunting trips except for short periods, for they are much averse to being watched while catching the snakes. The snakes are sought in the area surrounding the village, one day at each of the four cardinal points, invariably in the order north, west, south, and east. During these hunts the novitiates, some of whom may be only boys, are initiated in the capture and handling of snakes.

The snakes that have been captured are placed in sacred clay jars, and are stored in the kiva (an underground vault used for a lodge room and various religious rites) of the Snake priests. Here, when not actively engaged in hunting, and particularly after the fourth ceremonial day of the hunt, the Snake priests live and engage in the making of prayer sticks, in observing various sacred rituals including ceremonial smokes, and in the preparation of their costumes.

Among the sacred paraphernalia there is one item of particular interest to the herpetologist; this is the snake-whip or snake-wand, a wooden shaft about eight inches long, to which is attached a pair of eagle feathers. From the first hunts to the final dance, these serve a practical purpose in soothing the snakes, or in herding them when it is desired to have them go in a certain direction, or to cause them to straighten out when they have coiled for defense. Eagle feathers are used because eagles are the masters of (prey on) snakes.

At noon on the ninth day occurs the secret rite of washing the snakes, in anticipation of their part in the dance. This takes place in the kiva of the Snake society. The snakes are taken in handfuls by the chief Snake priest and dipped in an effusion contained in an earthen bowl, the liquid having previously been the subject of a suitable ceremony. After the washing, the snakes are dried by allowing them to crawl on sand; they are permitted partial liberty in the kiva for as much as two hours, following which they are placed in cloth sacks awaiting the ceremony.

All reporters who have witnessed the washing state that the snakes are handled gently but fearlessly, except at Walpi, where they are hurled quite violently on a sand mosaic. There is no report of anyone having been bitten. During their brief freedom they are guarded by boy priests.

The Snake dance itself occurs at sundown on the ninth day, the time fixed by precedent. Prior to the dance, the snakes, carried in several cloth bags, are placed in the kisi (a temporary bower of branches shaped like a tepee) by the Snake priests.

On the day of the dance, the audience, which consists of the local Hopi, visitors from adjacent pueblos, Navaho, and, with improvements in roads, an increasing number of whites, selects vantage points from which they expect to view the ceremony. Many, especially the more timid, perch upon the housetops.

The number of participants in the final ceremony varies in the several pueblos, and at different times in the same pueblo. There may be as few as five Antelopes and eight Snakes, or as many as twenty-five Antelopes and thirty Snake priests. The number of reptiles used varies from about fifteen, where the priests are few, to fifty or more where the largest dances are currently held. At the turn of the century there were reports of as many as a hundred snakes being used at one pueblo. From a quarter to half of the snakes are

generally reported to be rattlers; the others are harmless bull snakes, racers, or, occasionally, some rarer species.

The dance begins with the entrance of the Antelope priests, dressed in elaborate and symbolic costumes. They stamp and march accompanied by the jingle of their trappings and rattles made of buckskin.

After a short pause the Snake priests emerge from their kiva. They break up into trios, each containing one man who is usually referred to as the "carrier," a second called the "hugger," and a third known as the "gatherer." As the first carrier passes before the kisi he stoops and is handed a snake by one of those within. This snake he puts into his mouth, holding it with teeth and lips from six to twelve inches behind the head. The hugger now puts his left hand on the carrier's right shoulder, or about his neck, and together, the carrier continuing to hold the snake, they slowly dance, with a shuffling step, around the area, with the carrier on the inner side of the circle. Each pair is followed by a gatherer. After approximately one and a half times around, the carrier puts the snake on the ground and, in passing the kisi, receives another.

Meanwhile, other trios have followed the first, and there is a circle of dancing priests, who are receiving, carrying, and putting down snakes in more or less confusion. The hugger, while dancing around at the right hand of the carrier, from time to time brushes the snake's head or the carrier's face with the eagle feathers of a snake-wand. This is presumed by some to be for the purpose of engaging the snake's attention, to keep it from biting the carrier. The hugger acts as guide, as well as protector, for the carrier's eyes are generally closed.

The gatherer belonging to each trio has been following his two fellow priests. When a snake has been put on the ground by his carrier he picks it up, usually six to eight inches behind the head, sometimes at once, but more often after sprinkling it with sacred corn meal. Or, if it coils, as if for defense, he brushes it with his feathered snake-wand or snake-whip, and, as soon as it has straightened out to escape, he seizes it. After he has accumulated several snakes in this way, some are handed to the Antelope priests, who hold them until the termination of the dance.

When all the snakes have been danced with and are now held by the gatherers or the Antelopes, one of the priests draws a circle on the ground with corn meal. Immediately all the snakes are piled into this circle in a scething mass; thence many try to escape but are carried or herded back within the ring. The women scatter sacred white meal upon the snakes. This is the part of the dance causing the most excitement among the audience, particularly those nearest the circle, since some of the snakes may reach them before being caught.

Now the Snake priests as a group rush to the squirming pile and seize the snakes by the handfuls until all have been picked up. Then they run in the four cardinal directions off the mesa and down the steep trails onto the plain below, where the snakes are liberated at some distance from the bases of the cliffs, usually at specified shrines, and thus the messengers to the gods are sent upon their way.

The Hopi Snake dance is not snake worship. It is a prayer for rain and the fulfillment of adequate crops; and the snakes are used as messengers to the underworld gods of rain, as required by an elaborate and ancient snake legend. Lurid accounts have occasionally appeared in the press of priests embarrassed by premature storms, or disconsolate over the failure of rain to follow immediately upon the conclusion of the ceremony. This is hardly an accurate judgment of what the dancers hope to achieve. The Hopi prays that an adequate number of thunder showers shall reach his own fields during the growing season, but he is not particularly concerned if one of these storms fails to follow immediately upon its conclusion.

La danse des « Hopis »

Il s'agit d'une prière pour la pluie et pour l'accomplissement des bonnes récoltes. Les crotales sont considérés comme messagers aux dieux de la pluie.

Les serpents sont chassés pendant 5 jours, puis placés dans des pots d'argile. A midi du 9e jour les prêtres des serpents lavent les crotales et les font sécher en les laissant ramper sur le sable.

La danse elle-même a lieu au coucher de soleil du 9^e jour; elle débute par l'entrée des prêtres « antilopes », habillés avec des costumes élaborés et symboliques. Ils tapent du pied et avancent accompagnés par le cliquetis de leurs ornements. Puis les prêtres « serpents » entrent en trios, « un porteur, un perturbateur, un rassembleur ».

Le « porteur » passe devant le « kisi » (tente construite par les prêtres serpents) et reçoit un serpent qui est mis dans sa bouche, le perturbateur danse avec lui, la main posée sur son épaule. Ils sont suivis d'autres trios.

Le perturbateur joue le rôle de guide car les yeux du porteur sont fermés.

Le duo exécute plusieurs tours, lâche un serpent, en prend un autre; le rassembleur prend les serpents libérés par le porteur et les place dans un cercle.

Les femmes jettent de la farine sacrée sur les serpents.

Enfin les prêtres serpents se précipitent, saisissent par poignées les serpents, courent dans les quatre directions cardinales et libèrent en général les serpents au pied des falaises, sur les lieux saints ainsi les messagers des dieux sont envoyés à leur rencontre.



Cliché D. Heuclin

PHOTO 1. – *Crotalus cerastes*.

I.

Classification

• Parmi les deux mille cinq cents espèces de serpents actuellement répertoriées, seulement quatre cents sont venimeuses, elles se répartissent en quatre familles (31) :

- Les Hydrophyidae
- Les Elapidae
- Les Viperidae
- Les Crotalidae

Les deux dernières étant les plus dangereuses pour l'homme; non seulement par la quantité ou la qualité de venin; mais aussi par l'appareil inoculateur de venin qui sert en fait à classer les serpents venimeux en quatre ordres. On distingue (9) :

a) Les Aglyphes

Ils ne possèdent pas de crochets proprement dit, les dents sont toutes identiques. Le venin sécrété s'écoule directement et se répand dans le bouche, il se mêle à la salive et sert à la capture de ses proies : c'est le cas de la majorité des colubridae.

b) Les Opisthoglyphes

Chez lesquels la dernière dent, à la partie postérieure du maxillaire supérieur, de taille supérieure aux autres porte une rainure. De nombreux colubridae appartiennent à ce groupe inoffensif pour l'homme.

Ex. : La couleuvre de Montpellier en France.

c) Les proteroglyphes

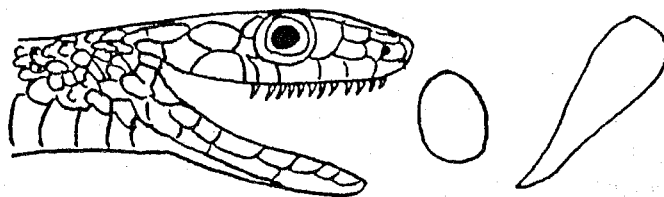
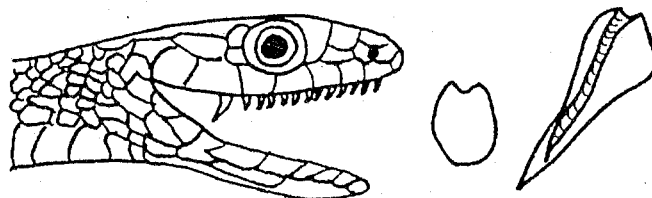
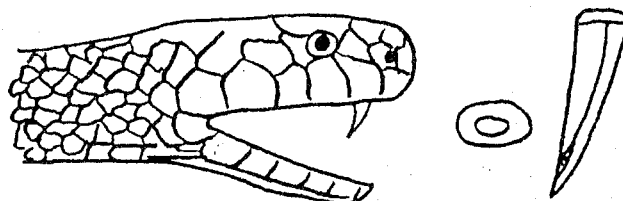
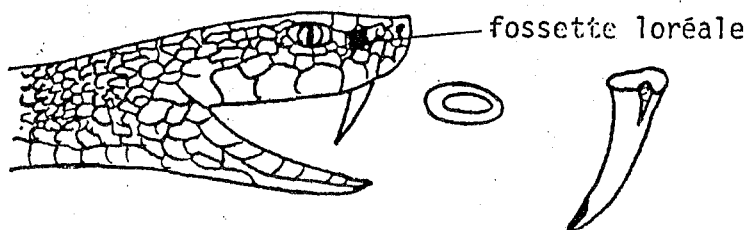
C'est le cas des *Hydrophyidae* (serpents de mer) et des *Elapidae* (cobras, mambas, serpent corail) dont les crochets, s'ils sont de petite taille sont implantés, sans mobilité possible à la partie antérieure du maxillaire supérieur. Pour pouvoir injecter leur venin, les serpents de ce groupe doivent maintenir leurs mâchoires fermées sur une victime pendant un certain laps de temps.

d) Les solenoglyphes

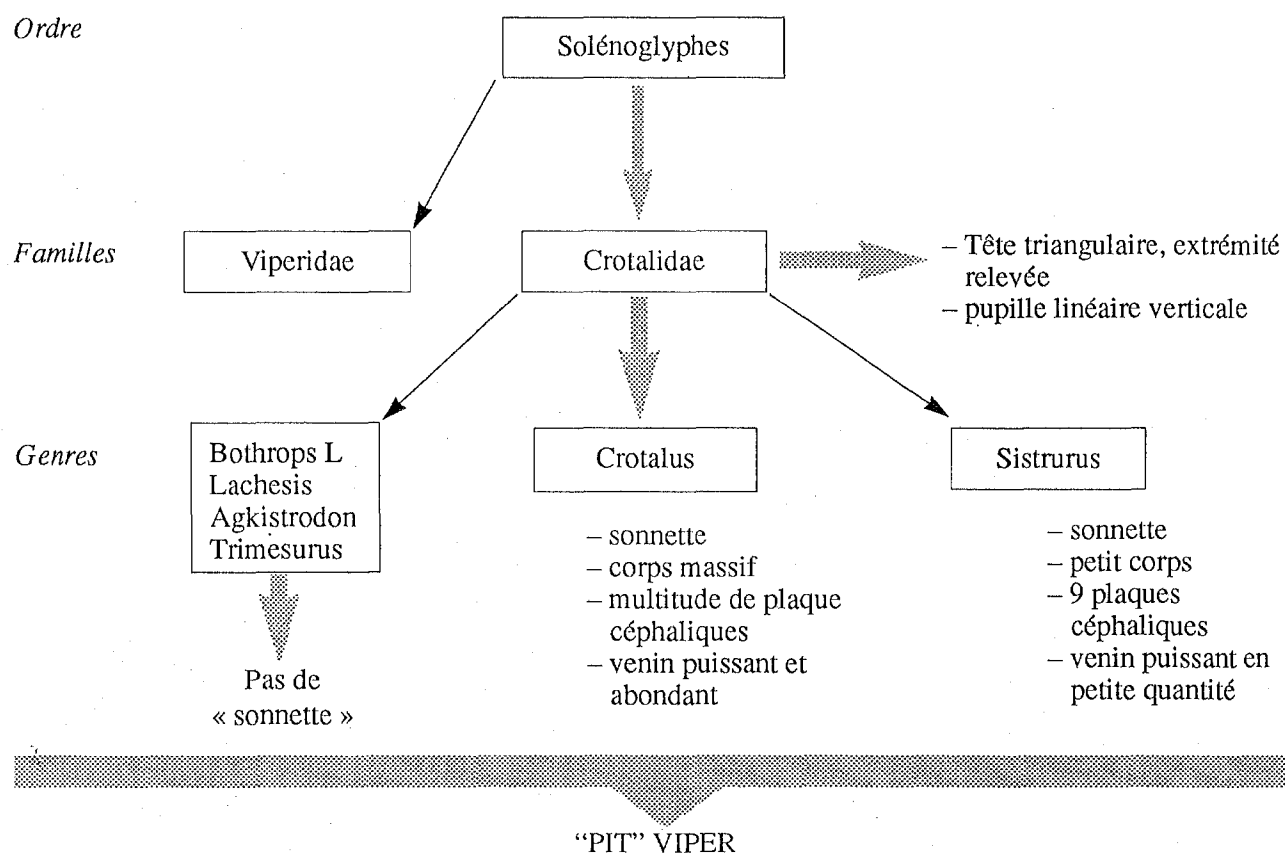
Représentés par les *viperidae* et les *crotalidae* dont les longs crochets canaliculés sont implantés sur un maxillaire supérieur court mais mobile. C'est l'appareil venimeux le plus perfectionné (voir schéma S1 (9)).

• LES SERPENTS À SONNETTE ou crotales appartiennent à la famille des *crotalidae*, on les appelle aussi *vipères à fossette* (*pit viper*) cette *fossette loreale* est présente de chaque côté de la tête, entre œil et narine, elle contient des récepteurs aux rayons infra rouges.

Classification des serpents venimeux d'après la disposition des crochets

I. – *Aglyphe*II. – *Opisthoglyphe*III. – *Proteroglyphe*IV. – *Solenoglyphe*

- I, II, III pupille ronde : IV pupille linéaire verticale.
- I, II, III tête ovale, extrémité arrondie; IV tête triangulaire et extrémité relevée.
- IV fossette sensible aux infra-rouges chez les *crotalidae*.
- I, II, III grandes écailles sur la tête; IV petites écailles sur la tête.



SCHEMA S2. – Classification des crotales ou « serpents à sonnettes », principales caractéristiques.

Mais leur caractéristique principale est l'appendice caudale constitué d'une série d'anneaux cornés emboîtés les uns aux autres mais s'articulant librement. Cette *sonnette* n'est présente que chez les genres *crotalus* et *sistrurus* (voir schéma S2 : classification des crotales).

LE GENRE *SISTRURUS* comporte trois espèces d'Amérique du nord et centrale, sous le nom de Crotales Pygmées, de dimension modeste comme le nom l'indique.

Leur sonnette extrêmement réduite émet un bruit à peine perceptible. La dose de venin inoculée est minime, et bien que le venin soit très puissant, leur morsure n'est généralement pas mortelle pour l'homme.

• LE GENRE *CROTALUS*.

Il sera l'objet de notre étude, car c'est lui qui correspond vraiment au terme « serpent à sonnette ». Il comprend vingt-huit espèces, et environ quatre-vingt-dix sous-espèces (voir liste L1 (21)).

Notre étude se limitera aux espèces les plus dangereuses des Etats-Unis.

Liste L1 (21) :

Genus-Crotalus, Linnaeus, 1758

- C. adamenteus* Beauvois, 1799, Eastern diamondback rattlesnake
- C. atrox* Baird and Girard, 1853, Western diamondback rattlesnake
- C. basiliscus basiliscus* Cope, 1864, Mexican west coast rattlesnake
- C. basiliscus oaxacus* Gloyd, 1948, Oaxacan rattlesnake

- C. catalinensis* Cliff, 1954, Santa Catalina Island rattlesnake
C. cerastes cerastes Hallowell, 1854, Mojave Desert sidewinder
C. cerastes cercobombus Savage and Cliff, 1953, Sonoran Desert sidewinder
C. cerastes laterorepens Klauber, 1944, Colorado Desert sidewinder
C. durissus durissus Linnaeus, 1758, Central American rattlesnake
C. durissus culminatus Klauber, 1952, Northwestern neotropical rattlesnake
C. durissus terrificus Laurenti, 1768, South American rattlesnake
C. durissus totonacus Gloyd and Kauffeld, 1940, Totonacan rattlesnake
C. durissus tzabean Klauber, 1952, Yucatan neotropical rattlesnake
C. enyo enyo Cope, 1861, lower California rattlesnake
C. enyo cerralvensis Cliff, 1954, Cerralvo Island rattlesnake
C. enyo furvus Lowe and Norris, 1954, Rosario rattlesnake
C. exsul Garman, 1883, Cedros Island diamond rattlesnake
C. horridus horridus Linnaeus, 1758, timber rattlesnake
C. horridus atricaudatus Latreille, 1802, canebrake rattlesnake
C. intermedius intermedius Troschel, 1865, Totalcan small-headed rattlesnake
C. intermedius gloydi Taylor, 1941, Oaxacan small-headed rattlesnake
C. intermedius omiltemanus Gunther, 1895, Omilteman small-headed rattlesnake
C. lannomi Tanner, 1966, Autlan rattlesnake
C. lepidus lepidus Kennicott, 1861, Mottled rock rattlesnake
C. lepidus klauberi Gloyd, 1936, banded rock rattlesnake
C. lepidus maculosus Tanner, Dixon, and Harris, 1972, Durango rock rattlesnake
C. lepidus morulus Klauber, 1952, Tamaulipan rock rattlesnake
C. mitchellii mitchellii Cope, 1861, San Lucan speckled rattlesnake
C. mitchellii angelensis Klauber, 1963, Angel de la Guarda Island speckled rattlesnake
C. mitchellii muertensis Klauber, 1949, El Muerto Island speckled rattlesnake
C. mitchellii pyrrhus Cope, 1866, Southwestern speckled rattlesnake
C. mitchellii stephensi Klauber, 1930, panamint rattlesnake
C. molossus molotsus Baird and Girard, 1853, Northern blacktail rattlesnake
C. molossus estebanensis Klauber, 1949, San Esteban Island rattlesnake
C. molossus nigrescens Gloyd, 1936, Mexican blacktail rattlesnake
C. polystictus Cope, 1865, Mexican lance-headed rattlesnake
C. pricei pricei Van Denburgh, 1895, Western twin-spotted rattlesnake
C. pricei miquilluanus Gloyd, 1940, Eastern twin-spotted rattlesnake
C. pusillus Klauber, 1952, Tancitaran dusky rattlesnake
C. ruber ruber Cope, 1892, red diamond rattlesnake
C. ruber lorenzoensis Radcliffe and Maslin, 1975, San Lorenzo Island diamond rattlesnake
C. ruber lucasensis Van Denburgh, 1920, San Lucan diamond rattlesnake
C. scutulatus scutulatus Kennicott, 1861, Mojave rattlesnake
C. scutulatus salvini Gunther, 1895, Huamantlan rattlesnake
C. stejnegeri Dunn, 1919, long-tailed rattlesnake
C. tigris Kennicott, 1859, tiger rattlesnake
C. tortugensis Van Denburgh and Slevin, 1921, Tortuga Island diamond rattlesnake
C. transversus Taylor, 1944, cross-banded mountain rattlesnake
C. triseriatus triseriatus Wagler, 1830, central plateall dusky rattlesnake
C. triseriatus aquilus Klauber, 1952, Queretaran dusky rattlesnake
C. triseriatus armstrongi Campbell, 1979, Armstrong's dusky rattlesnake
C. unicolor Van Lidth de Jeude, 1887, Aruba Island rattlesnake
C. vegrandis Klauber, 1941, Uracoan rattlesnake
C. viridis viridis Rafinesque, 1818, prairie rattlesnake
C. viridis abyssus Klauber, 1930, Grand Canyon rattlesnake
C. viridis caliginis Klauber, 1949, Coronado Island rattlesnake

- C. viridis cerberus* Coues, 1875, Arizona black rattlesnake
- C. viridis concolor* Woodbury, 1929, midget faded rattlesnake
- C. viridis helleri* Meek, 1905, southern Pacific rattlesnake
- C. viridis lutosus* Klauber, 1930, Great Basin rattlesnake
- C. viridis nuntius* Klauber, 1935, Hopi rattlesnake
- C. viridis oreganus* Holbrook, 1840, northern Pacific rattlesnake

II.

Distribution géographique

Les serpents à sonnette occupent tout le continent américain.

Le Mexique détient à lui seul vingt-sept espèces et cinquante-quatre sous-espèces (21).

L'Amérique du Sud abrite seulement trois espèces (carte P1) :

crotalus durissus terrificus

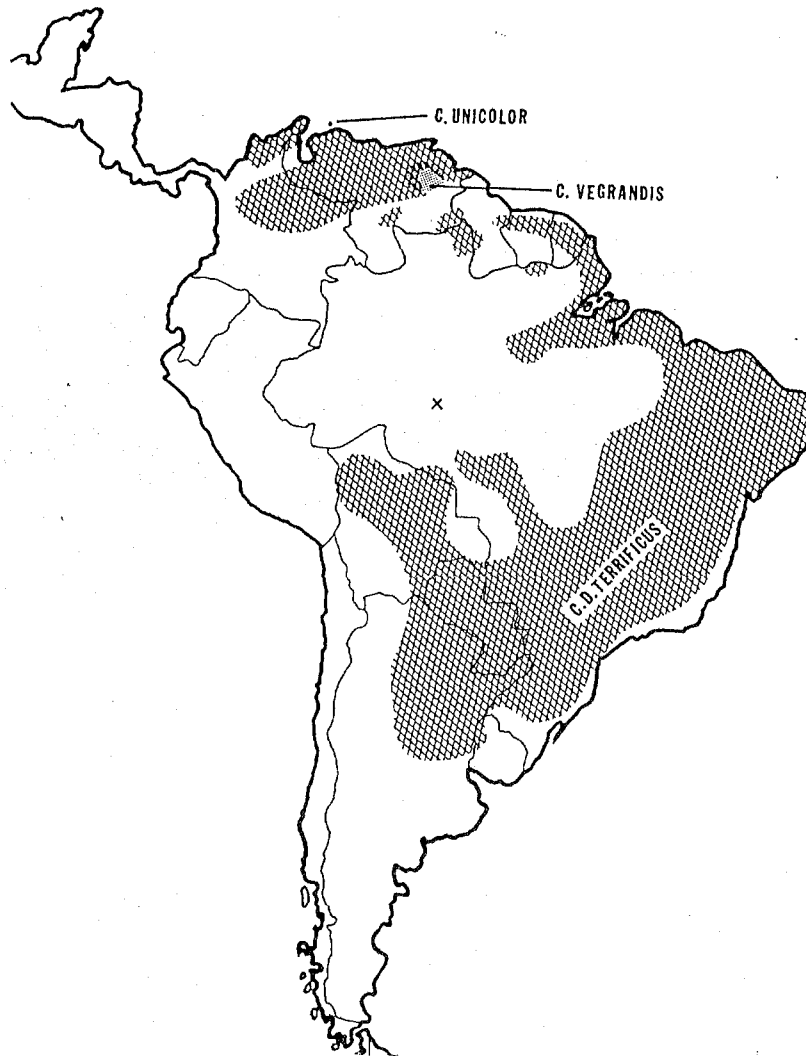
crotalus unicolor

crotalus vegrandis

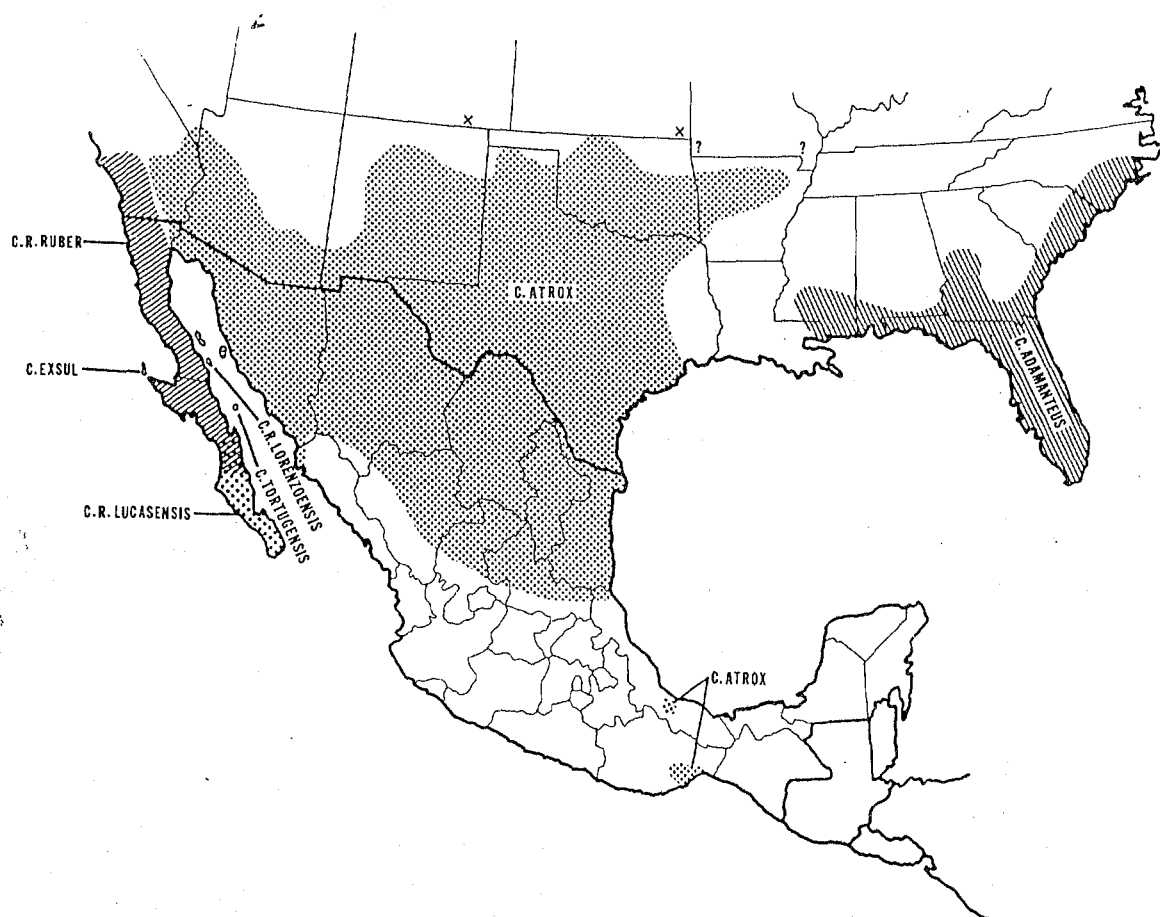
Enfin les Etats-Unis abritent quinze espèces et trente-trois sous-espèces; notamment le groupe *durissus*, le groupe *viridis*, le groupe *catalinensis*, et le groupe *atrox* (carte P2, P3, P4, P5, P6).

Remarque : Le genre *sistrurus* occupe lui aussi les Etats-Unis (carte P7).

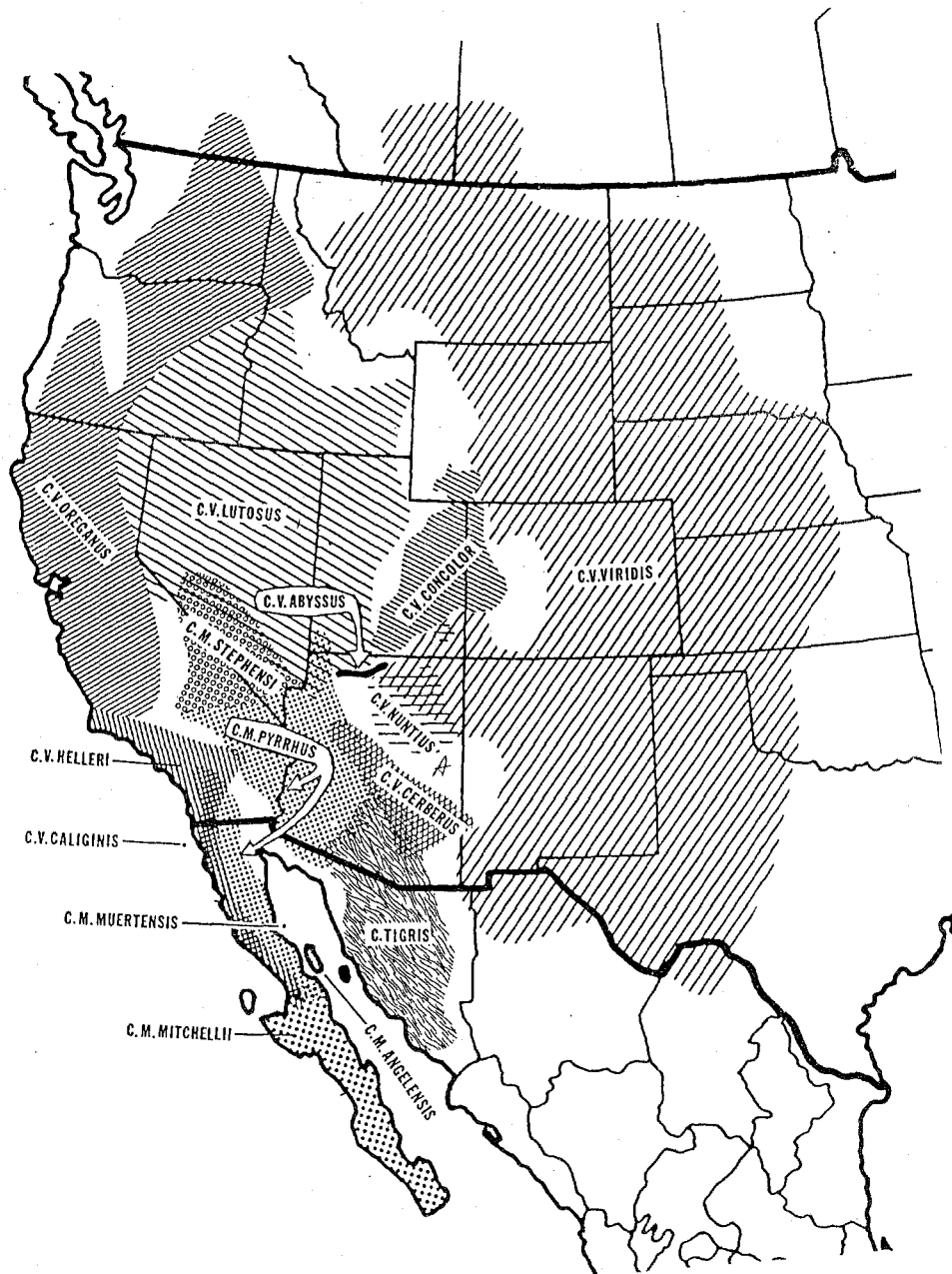
Une étude conduite à San Diego en Californie montra que la population totale des crotales représente 20% de la population des serpents des Etats-Unis. Les recensements effectués dans d'autres zones ont fourni des pourcentages compris entre 8 et 18.



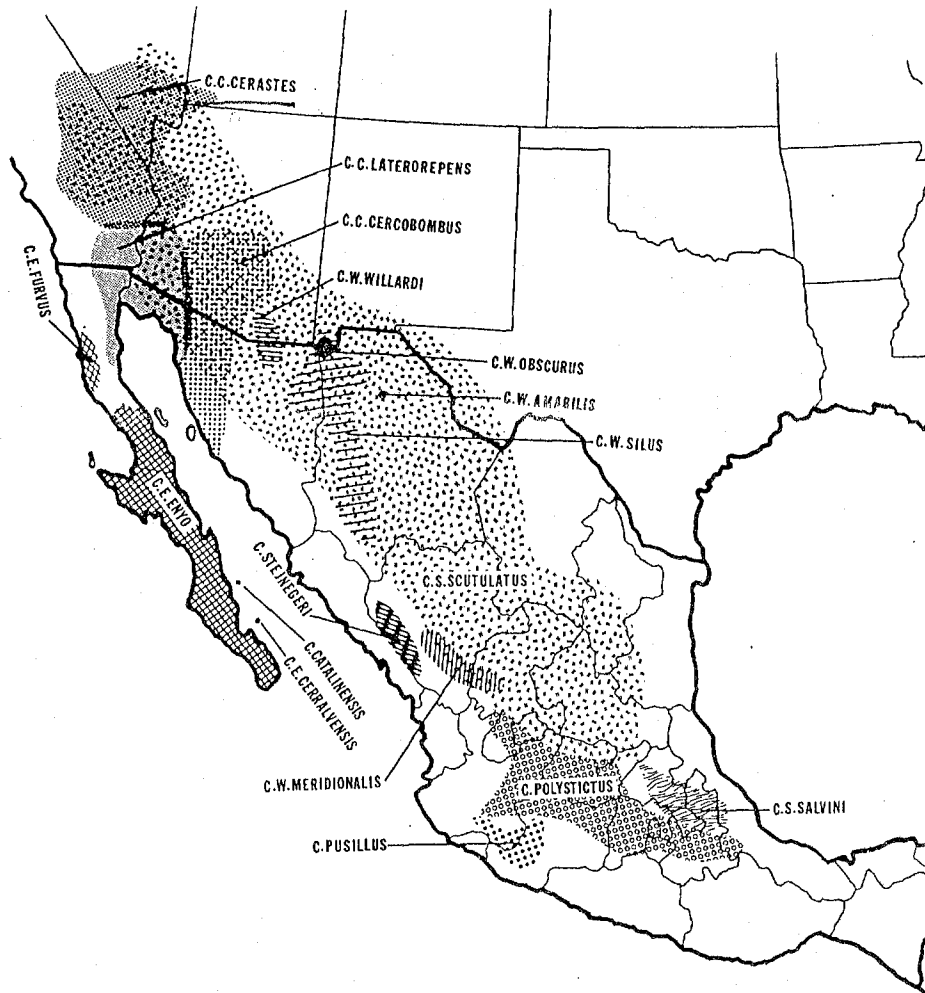
CARTE P1. – Distribution du groupe d'Amérique du Sud : *Crotalus durissus terrificus*, *C. unicolor* et *C. vegrandis* (Hoge, 1965; Hoge et Romano, 1971; Klauber, 1972) (26).



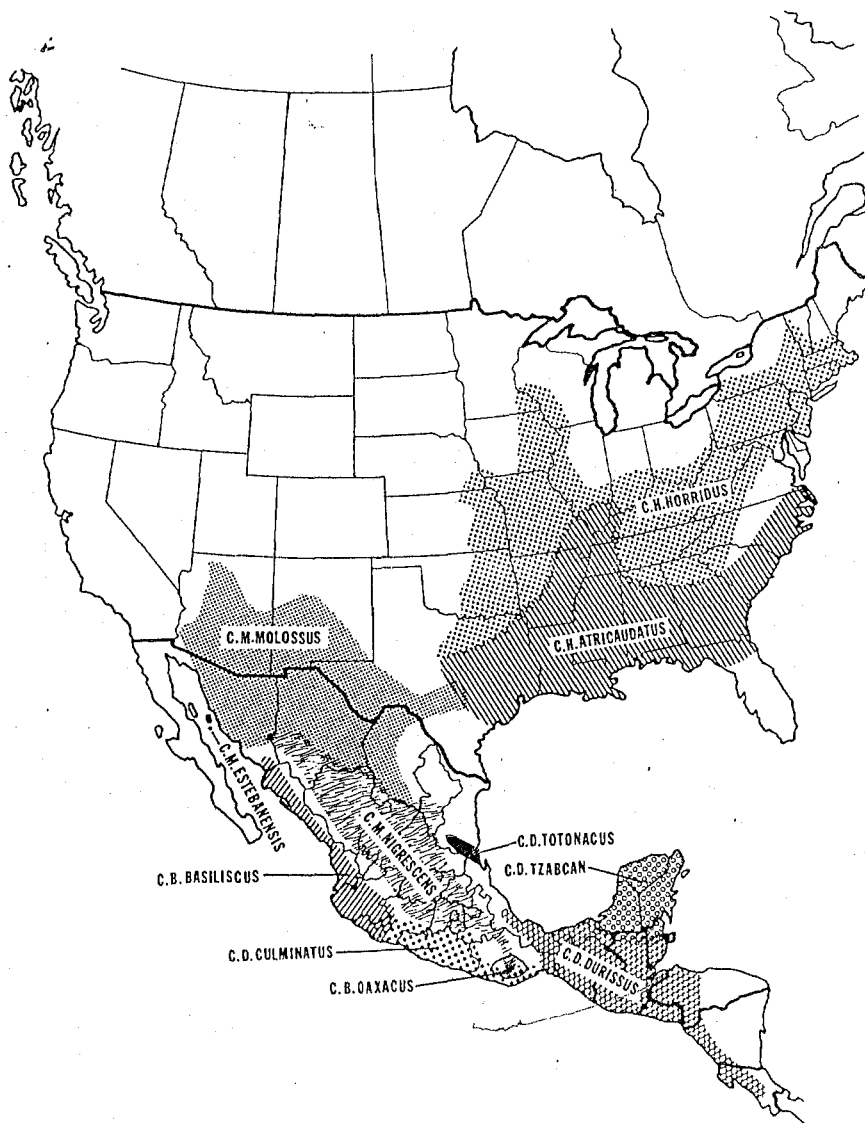
CARTE 2. – Distribution du groupe *Atrax* : *Crotalus adamanteus*, *C. atrox*, *C. exsul*, *C. ruber ruber*, *C. ruber lorenzoensis*, *C. ruber lucasensis* et *C. tortugensis* (Gloyd, 1940; Klauber, 1972; Radcliffe et Maslin, 1975) (26).



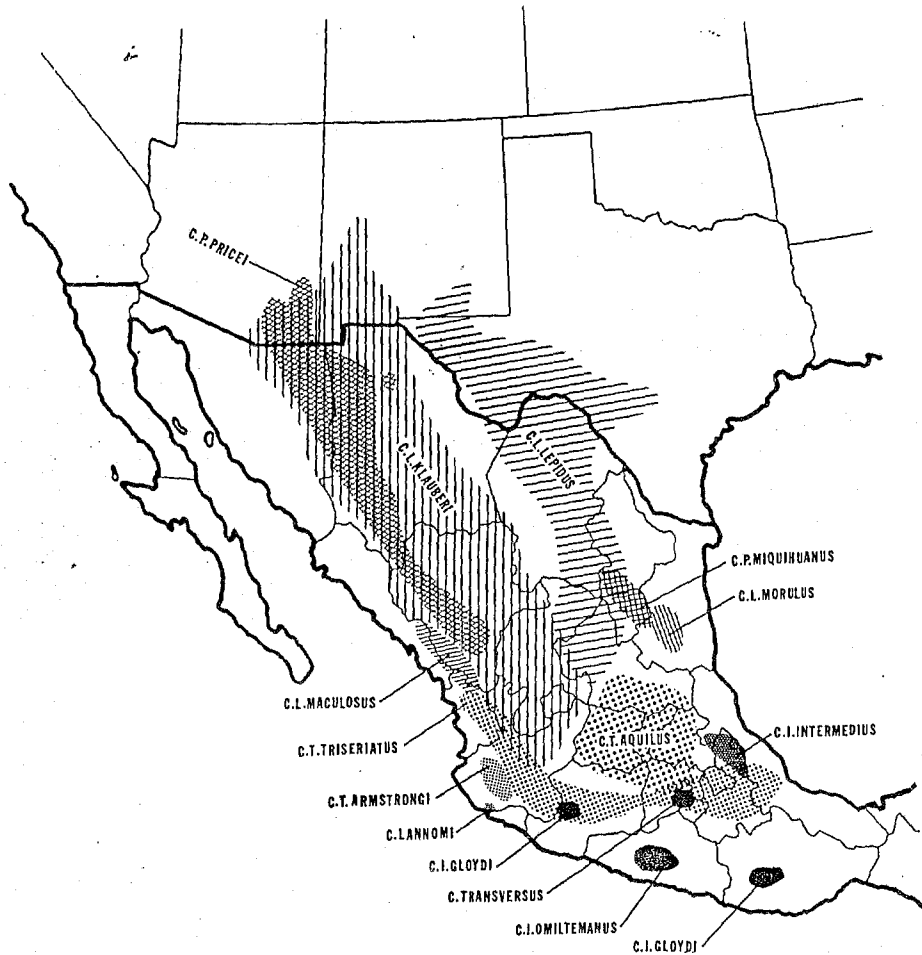
CARTE P3. — Distribution du groupe *Viridis* : *Crotalus mitchellii mitchellii*, *C. mitchellii angelensis*, *C. mitchellii muertensis*, *C. mitchellii pyrrhus*, *C. mitchellii stephensi*, *C. tigris*, *C. viridis viridis*, *C. viridis abyssus*, *C. viridis caliginis*, *C. viridis cerberus*, *C. viridis concolor*, *C. viridis helleri*, *C. viridis lutosus*, *C. viridis nuntius* et *C. viridis oreganus* (Gloyd, 1940; Cliff, 1954, Klauber, 1972) (26).



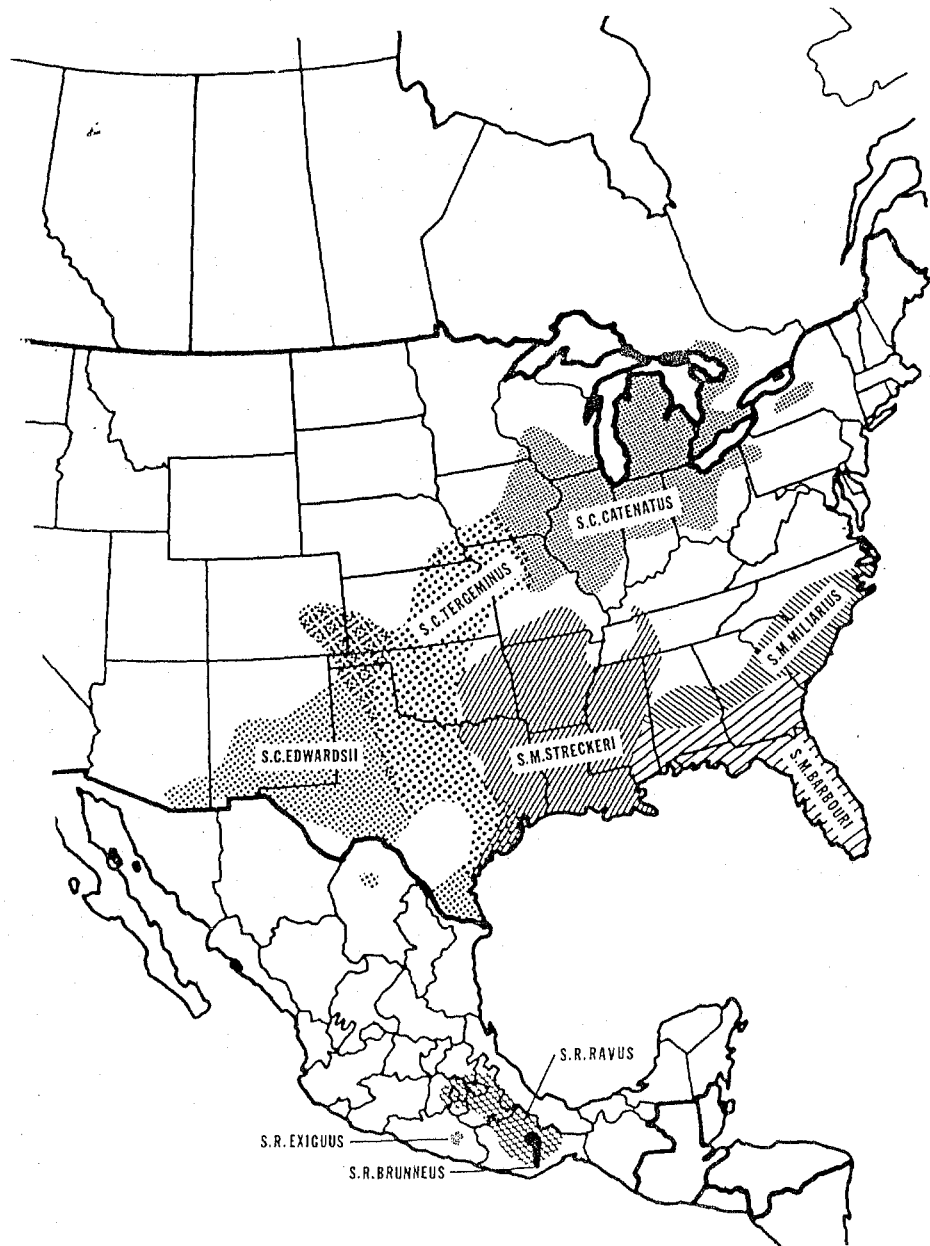
CARTE P4. – Distribution de *Crotalus catalinensis*, *C. cerastes cerastes*, *C. cerastes cercobombus*, *C. cerastes laterorepens*, *C. enyo enyo*, *C. enyo cerralvensis*, *C. enyo furvus*, *C. polystictus*, *C. pusillus*, *C. scutulatus scutulatus*, *C. scutulatus salvini*, *C. stejnegeri*, *C. willardi willardi*, *C. willardi amabilis*, *C. willardi meridionalis*, *C. willardi obscurus* et *C. willardi silus* (Gloyd, 1940; Cliff, 1954; Klauber, 1972, Harris et Simmons, 1976) (26).



CARTE P5. – Distribution du groupe *Durissus* du nord de l'Amérique : *Crotalus basilicus basilicus*, *C. basilicus oaxacus*, *C. durissus durissus*, *C. durissus culminatus*, *C. durissus totnacus*, *C. durissus tzabcan*, *C. horridus horridus*, *C. horridus atricaudatus*, *C. molossus molossus*, *C. molossus estebanensis* et *C. molossus nigrescens* (Gloyd, 1940; Klauber, 1972; Conant, 1975) (26).



CARTE P6. – Distribution des crotales en Amérique Centrale : *C. intermedius intermedius*, *C. intermedius gloydi*, *C. intermedius omiltemanus*, *C. lannoni*, *C. lepidus lepidus*, *C. lepidus klauberi*, *C. lepidus maculosus*, *C. lepidus morulus*, *C. pricei pricei*, *C. pricei miquiuanus*, *C. transversus*, *C. triseriatus triseriatus*, *C. triseriatus aquilus* et *C. triseriatus armstrongi*
 (Gloyd, 1940; Tanner, 1966; Klauber, 1972; Tanner et al., 1972; Campbell et Armstrong, 1979; Campbell, 1979) (26).



CARTE P7. – Distribution du genre *Sistrurus* serpent à sonnette pygmés : *Sistrurus catenatus catenatus*, *S. catenatus edwardsii*, *S. catenatus tergeminus*, *S. miliarius miliarius*, *S. miliarius barbouri*, *S. miliarius streckeri*, *S. ravus ravus*, *S. ravus brunneus* et *S. ravus exiguus* (Gloyd, 1940; Klauber, 1972; Conant, 1975; Harris et Simmons, 1978; Campbell, 1979; Campbell et Armstrong, 1979) (26).



Cliché : D. Heuclin

PHOTO 2. – *Crotalus diamantin* : *Adamanteus*.

III.

Morphologie générale des « serpents à sonnette »

A. La longueur du corps (26)

Il est important de déterminer la taille du serpent lors d'une envenimation, car la sévérité de la morsure est proportionnelle à la quantité de venin libéré, qui elle-même est en relation avec la taille du crotale.

Le grand nombre d'espèces explique la grande diversité des spécimens, le plus grand serpent à sonnette est sans contexte :

– *crotalus adamanteus* (eastern diamondback rattlesnake, diamantin) : serpent de 1 à 2,50 m, on aurait même trouvé des spécimens atteignant 2,80 m;

il est suivi du genre :

– *crotalus atrox* (western diamondback rattlesnake, diamantin occidental) qui peut atteindre 2 m de long;

puis on trouve :

– *crotalus horridus* (ou crotale des bois) du centre est de l'Amérique du Nord pouvant atteindre 1,80 m de long

ainsi que *crotalus durissus* le plus agressif et le plus dangereux des serpents à sonnette;

– il existe aussi des « petites » espèces, atteignant rarement à l'âge adulte 70 cm de long ex. *crotalus cerastes*;

– les « grands » serpents à sonnette ont un poids trente à cinquante fois plus important que les « petits », d'où la difficulté de donner une moyenne;

– on aurait trouvé les fossiles d'une espèce probablement ancêtre du diamantin, de 3 m de long.

B. Les proportions du corps (26)

– Les crotales ont un corps lourd, massif bien sûr il n'y a pas de comparaison avec le boa ou le python.

Il faut toujours parler de la relation poids-longueur et non pas de diamètre.

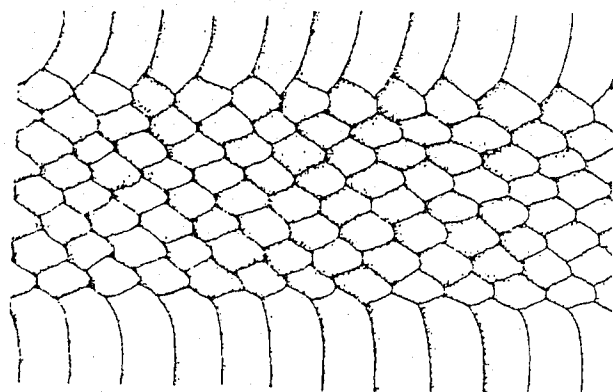
– En moyenne un crotale de 2 m pèse 7 kilos.

– La tête est triangulaire, bien séparée du corps par un cou étroit, plus une tête est grande, plus les crochets seront longs, et plus la quantité de venin est grande.

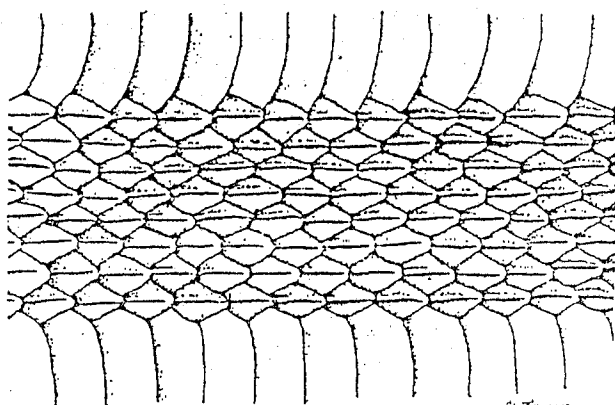
– La queue est petite, effilée, par rapport au corps, elle est utilisée comme moyen de locomotion, mais en plus chez les crotales c'est un muscle qui sert à faire vibrer la sonnette.

C. Les écailles (26)

Chez les viperidae et les crotalidae les écailles dorsales ne sont pas lisses, elles présentent une aspérité, une arête longitudinale (schéma S3 I) (9).



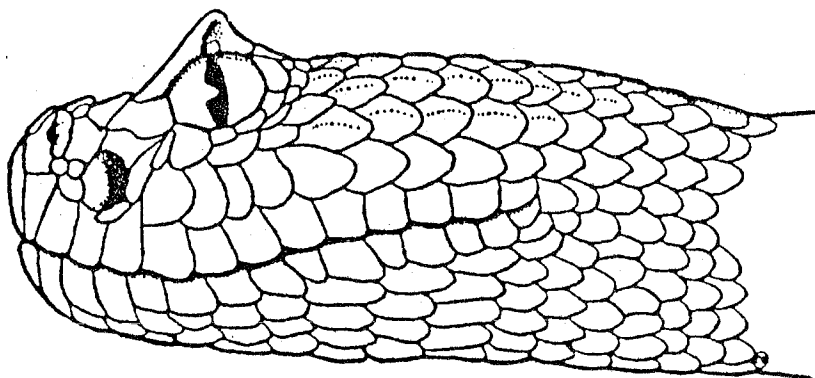
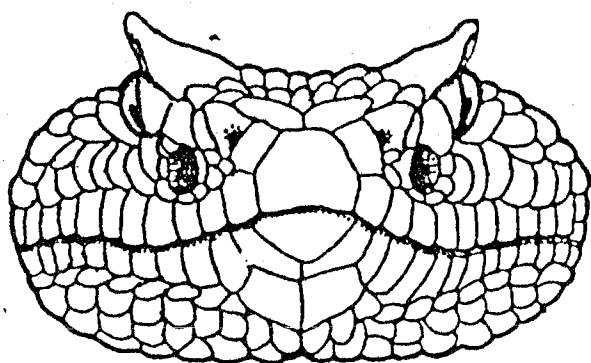
A



B

I. Serpents écorchés, peau mise à plat.

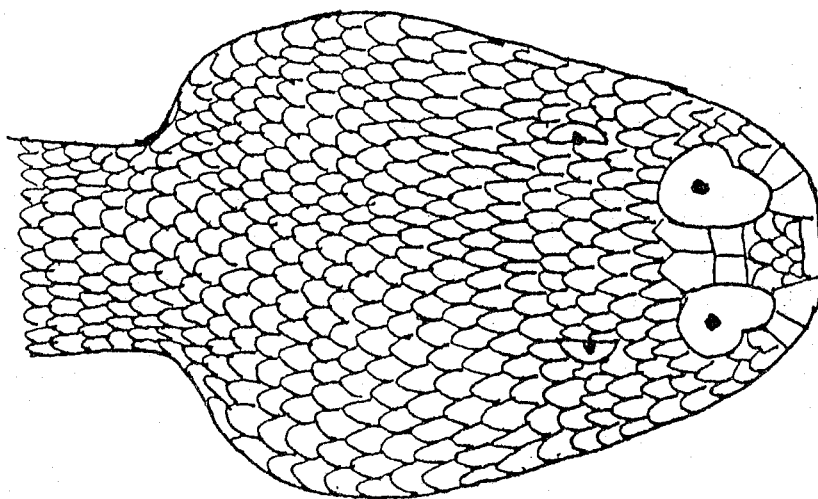
A : écailles dorsales lisses, ex. : elapidés. B : écailles dorsales présentant un relief, ex. : crotalidés.



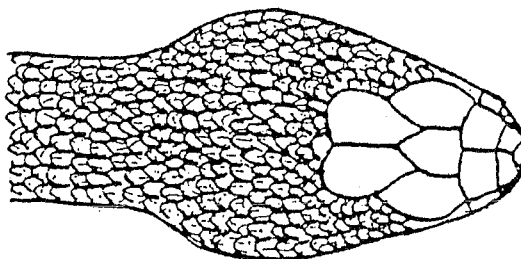
II. *Crotalus cerastes* ou "side winder". Écailles supra oculaires caractéristiques.

SCHÉMA S3. – Détail des écailles chez les crotales.

- Les écailles ventrales sont larges, transversales, disposées en une seule rangée.
- Le dessus de la tête est recouvert d'une multitude de petites écailles chez le genre *crotalus*, alors que chez les clapidés, les colubridés, et chez les genre *sistrurus* (pygmée rattlesnake) on trouve 9 écailles de grande taille voir schéma S4.
- En général chez les serpents, les écailles correspondent à des plis dans la peau, elle ne sont pas séparées; ce type de constitution est avantageux pour la flexibilité des mouvements du corps.
- Il faut noter une particularité chez *crotalus cerastes* ou "side winter" la présence d'écailles dressées au-dessus des yeux qui sont en fait des cornes (schéma S3 II).



Genre *crotalus* (9)
Multitudes de petites écailles.



Genre *sistrurus* (9)
9 écailles de grande taille.



Cliché D. Heuclin

PHOTO 3. – *Crotalus cerastes* : détail des cornes.



Cliché D. Heuclin

PHOTO 4. – *Crotalus ruber* : disposition des écailles sur la tête.

D. Les couleurs et les motifs (26)

– En général les serpents à sonnette sont tachés ceci est vrai pour tous les serpents avec un corps pesant, se déplaçant lentement.

– Les motifs considérés « typiques » des serpents à sonnette comprennent :

- des hexagones dorsaux foncés, chacun bordé par une rangée d'écailles claires (ex. *crotalus adamanteus* ou « diamantin »);
- chez plusieurs espèces les taches dorsales se fondent aux latérales pour former des “cross band”;
- la partie centrale est tachetée irrégulièrement, la couleur s'éclaircissant vers l'arrière du serpent;
- la tête des serpents à sonnette comprend une bande sombre qui va de l'œil au coin de la bouche;
- la queue peut présenter des “cross band” ou des anneaux.

– La couleur des motifs varie beaucoup selon les espèces, on peut aussi bien trouver du blanc du noir, du gris, que du vert ou du rouge. Les adultes sont généralement plus foncés que les « jeunes » crotales.

- Le *blanc* est souvent présent sur la partie ventrale du serpent (ex. *crotalus horridus*), mais aussi en bande diagonale sur les côtés de la tête (ex. *crotalus adamanteus*, *crotalus atrox*, *crotalus viridis*).
- Le *noir* est présent surtout sur la partie dorsale, il accompagne le gris ou le brun, on le trouve aussi sur la queue (ex. *crotalus horridus* et *crotalus durissus* ont une queue noire unicolore; *crotalus adamanteus*, *crotalus atrox*, *crotalus scutulatus*, *crotalus viridis* ont une queue annelée noir gris ou noir blanc).

Remarque : La queue a souvent une couleur différente du reste du corps.

- Le *vert* est la couleur commune des serpents à sonnette, c'est le plus souvent un vert olive terne plutôt qu'un vert brillant (ex. *crotalus adamanteus*).
- Le *rouge* tend vers le rouge brique ou rouge brun (ex. *crotalus ruber*).
- Le *rose corail* ou *saumon* existe chez les serpents à sonnette (ex. *crotalus mitchellii pyrrhus* du sud est de la Californie).
- On ne trouve pas de *bleu* chez les serpents à sonnette.
- Certaines espèces présentent des espèces jaunes vifs et on trouve même des spécimens uniquement colorés en orange.

Remarques : Les serpents à sonnettes ont un certain pouvoir de camouflage en modifiant leur coloration, il existe une certaine adaptation à l'environnement (ex. *crotalus cerastes* ou crotale des sables de couleur jaune grisâtre semblable au milieu).

Mais ce pouvoir est insignifiant par rapport à celui des lézards.

Le changement de coloration implique une modification de température, à basse température le pigment se répand et fait ainsi apparaître une couleur plus foncée.

De plus au cours de la mue, il y a un embellissement des couleurs et des motifs.

Enfin, il faut noter qu'il n'existe pas de différences sexuelles de coloration et de motif.

E. Certains caprices de la nature

– Parfois certaines aberrations apparaissent, par exemple un serpent à sonnette à deux têtes, ou bien un serpent à sonnette albinos.

– L'aberration de motif la plus notable est la rotation de 90° des motifs, ainsi des taches transverses sont transformées en bandes longitudinales.

IV.

La sonnette

A. Historique (26)

– Ce remarquable appendice a été une source de spéculations et de contreversions depuis sa découverte par des naturalistes européens. Les mythes et les folklores persistent encore bien que le mécanisme, le développement et la fonction de la « sonnette » soient à l'heure actuelle élucidés.

– C'est en 1573 que *Magalhaus* et *Gandavo* ont observé un serpent qui faisait du bruit chaque fois qu'il bougeait, d'ailleurs cela permettait à la population d'éviter ce serpent.

– En 1612 John Smith parle de la « sonnette » comme « ornement » utilisé par les indiens.

– En 1615 Francisco Hernandez affirmait que le serpent à sonnette ajoutait un segment à sa sonnette chaque année d'où le mythe indestructible : « l'âge du serpent est connu en comptant le nombre de segments ». Il affirmait aussi (avec raison d'ailleurs) que le bruit était plus strident lorsque le crotale était dérangé ou en colère.

– En 1644 Megapolensis compare le bruit de la sonnette, à celui d'un grillon, d'une sauterelle, d'une cigale.

– En 1648 Piso publiait que la sonnette était une arme plus dangereuse que les crochets ou le venin du serpent. Ce mythe a persisté pendant plus de deux cent ans.

– En 1681 fut publiée la première description adéquate de la structure de la sonnette son auteur avait compris la multiplication du bruit par le claquement successif des lobes les uns contre les autres. Il ne trouva pas de preuve à la théorie de Piso.

– En 1693 on affirma que les jeunes crotales âgés de moins d'un an n'avaient pas de sonnette. Cette fausse théorie persiste encore.

– En 1720 on rapporta que le serpent utilisait la sonnette pour avertir un confrère du danger. De plus le bruit d'un serpent à sonnette entraînait tous les crotales du voisinage à faire de même.

– En 1722 on constata que la sonnette sonnait invariablement comme une alarme avant que le serpent n'attaque.

– En 1723 on publia que la sonnette était inaudible en cas d'humidité, c'est d'ailleurs pour cela que les indiens évitaient de se promener lorsqu'il pleuvait.

– Le premier dessin d'un serpent à sonnette date de 1628, il fut amélioré en 1635 par Johann et Nieremberg.

B. Fonction et utilisation

La sonnette est principalement un moyen de défense pour le crotale. Elle avertit, elle menace l'intrus quel qu'il soit.

Devant l'ennemi le crotale a deux solutions la fuite ou l'attaque. Si la première alternative est impossible, le crotale adoptera sa position d'attaque et fera vibrer sa sonnette.

En fait, ce moyen de protection est efficace contre les loups, les coyotes, les chevaux, mais il n'effraie pas du tout l'antilope.

C. Les conditions d'utilisation

La sonnette n'est pas toujours utilisée par le crotale, tout dépend :

1. de l'espèce,
2. du tempérament du serpent,
3. de la disponibilité d'un refuge,
4. de l'humidité, en effet le bruit émis par la sonnette est étouffé par l'humidité,
5. de la période de l'année : la mue diminuerait l'habileté du crotale.

D. La nomenclature

“The Rattle” ou la sonnette est composée de segments, au nombre de trois ou quatre au maximum :

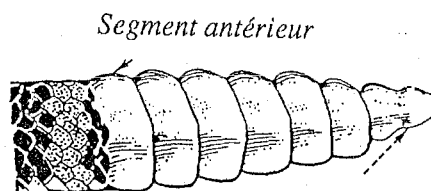
– le segment joignant la queue à la sonnette est le **segment antérieur ou proximal**, c'est le plus récent; il s'oppose au **segment postérieur ou distal** le plus ancien.

– Le « **prébutton** » est le segment qui représente la sonnette entière à la naissance du crotale, il est toujours éliminé lors de la première mue.

– Le « **button** » correspond au premier segment conservé (voir schéma S5).

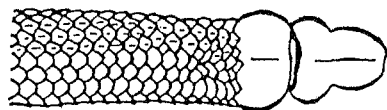


Le button

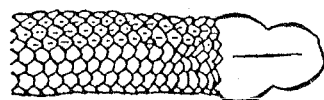


Segment antérieur

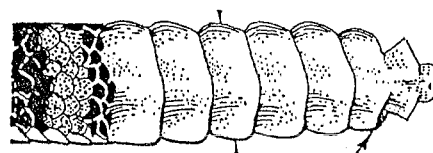
Segment postérieur ou distal



Le button et le segment n° 2



Le prébutton



Sonnette brisée



Cliché D. Heuclin

PHOTO 5. – *Sonnette* ou bruiteur d'un nouveau-né.



Cliché D. Heuclin

PHOTO 6. – *Sonnette* brisée.



Cliché D. Heuclin

PHOTO 7. – *Sonnette entière.*

E. Les caractéristiques du « bruit »

Le son émis par la sonnette a été comparé à plusieurs bruits très différents comme :

- le tic-tac d'une montre,
- l'écoulement de l'eau,
- un grésillement,
- mais surtout aux bruits d'insectes comme les cigales, les sauterelles, les grillons, les abeilles, les criquets...

En fait cela ressemble à un bourdonnement plus ou moins strident selon la taille du crotale.

F. Formation et longueur de la chaîne

Il a été démontré que chaque mue ajoute un segment à la chaîne.

Une fréquence annuelle des mues variant de un à quatre selon l'espèce et selon l'âge du serpent; il est impossible de déterminer l'âge du crotale en comptant le nombre de segments.

De plus les sonnettes sont fragiles et en fonction de l'activité du serpent, elles se brisent facilement.

En conclusion, la longueur de la chaîne varie en fonction :

- de l'espèce : ainsi les crotales pygmés n'acquièrent que trois à sept segments durant leur vie,
- de l'activité : le crotale rouge ou *crotalus ruber ruber* fait partie des crotales à longue chaîne pouvant atteindre treize segments, ceci s'explique par son caractère exceptionnellement paisible.

V.

Particularités physiques

A. La longévité

D'après les observations faites au zoo de San Diego, la durée de vie moyenne des crotales est d'environ vingt ans, on est loin du mythe selon lequel les serpents à sonnette retrouvaient leur jeunesse à chaque mue, et pouvaient vivre ainsi pendant plus de mille ans.

Les serpents à sonnette ont aussi la réputation d'être tenaces, de « s'attacher à la vie », cette croyance est basée sur la persistance des mouvements réflexes du corps après la mort du crotale. En effet il est dangereux de toucher la tête d'un crotale décapité même une heure après avoir séparé la tête du corps (62).

B. La mue (26)

Les crotales, comme d'autres serpents, muent périodiquement, cette mue est nécessaire pour la santé de l'animal, pour sa croissance. Comme nous l'avons déjà mentionné, chaque mue apporte un nouveau segment à la sonnette.

Au moment de la mue, le serpent montre une certaine excitation, il frotte son corps contre une surface rocheuse, il rampe de telle sorte que la « vieille » peau disparaisse en une seule pièce, du bord des lèvres au bout de la queue du serpent, même la couche externe des écailles transparents des globes oculaires disparaît.

B1) LES EFFETS DE LA MUE SUR LA VUE

A un certain stade de la mue, il apparaît un exudat entre la nouvelle et l'ancienne couverture des globes oculaires. D'où l'état "blue eyes" qui entraîne une cécité partielle pendant une semaine, cet état disparaît quelques jours avant l'arrivée de la nouvelle peau.

B2) LES BESOINS EN EAU DURANT LA MUE

Il a été établi que les besoins en eau augmentent au cours de la mue. Au zoo de San Diego, tout le monde connaît l'histoire du *crotalus cerastes* que l'on avait donné pour mort, et qui fut ressuscité en le trempant dans l'eau chaude.

B3) SAISON ET FRÉQUENCE DES MUES

Le crotale mue pendant les saisons d'activité c'est-à-dire quand la température le permet. Au printemps juste après l'hibernation et à l'automne juste avant. En captivité il y a une augmentation du phénomène due aux températures constantes maintenues toute l'année.

Mais on peut toutefois affirmer que les crotales nouveaux-nés muent sept à dix jours après leur naissance, les jeunes serpents à sonnette muent plus fréquemment que les adultes.

Il est probable que les jeunes crotales changent de peau trois ou quatre fois durant leur première saison de croissance et une à quatre fois durant la seconde.

Les serpents à sonnette adultes muent une fois par an quand l'activité est limitée à six mois dans l'année, c'est-à-dire lorsqu'ils sont en liberté, et trois fois par an en captivité.

C. Le déplacement des crotales (26)

C1) LES DIFFÉRENTES FAÇONS DE RAMPER

Les serpents à sonnette emploient quatre moyens de propulsion :

1. *L'ondulation horizontale* (appelée aussi progression serpentine ou sinusoïdale) est la méthode la plus employée.
2. *La progression rectiligne* : spécialement utilisée par les serpents à « corps lourd » tels que les pythons, les boas, et les crotales adultes (surtout les grandes espèces).
3. *Le "side winding"* : spécifique du *crotalus cerastes* du désert (d'ailleurs appelé "side winder" depuis 1875). Ce moyen est particulièrement utilisé par les serpents du désert (voir schéma S6).
4. *La méthode concertina* : ce n'est pas un moyen de locomotion commun aux serpents. Elle est utilisée seulement dans des circonstances particulières, par exemple : lorsqu'une approche lente est désirée « c'est la méthode du ver de terre », elle est particulièrement avantageuse lors de la chasse, car la tête du serpent n'est pas sujette aux mouvements latéraux et peut ainsi se concentrer sur la proie.

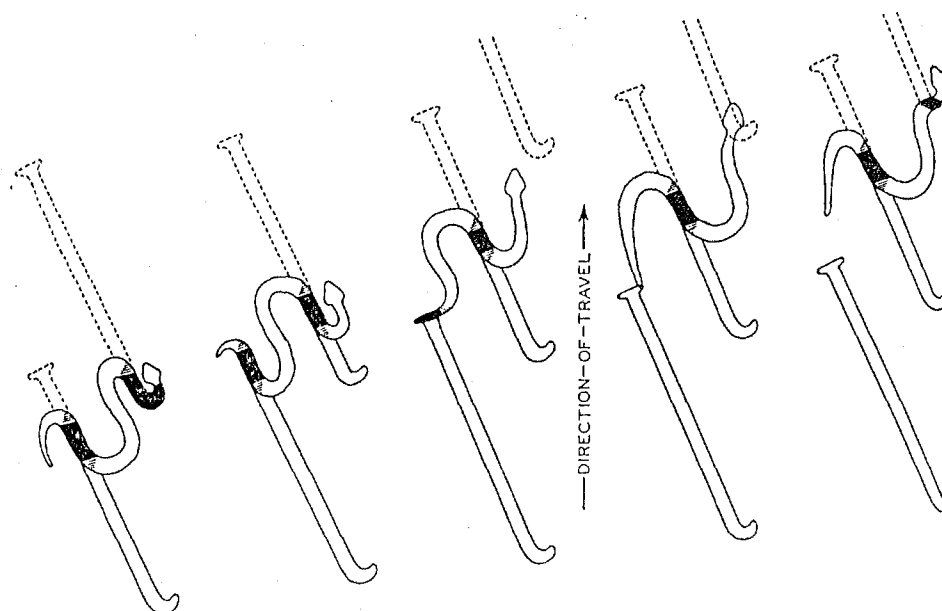


SCHÉMA S6. - Locomotion de *crotalus cerastes*.



Photo D. Heuclin

PHOTO 8. – *Crotalus cerastes*.



Photo D. Heuclin

PHOTO 9. – *Crotalus cerastes*.

C2) LA VITESSE DE LOCOMOTION

La réalité est bien loin du mythe selon lequel un crotale irait aussi vite qu'un cheval. La vitesse maximale d'un serpent à sonnette est de 4,5 km/heure.

D'autre part les crotales sont soumis à l'influence de la température, il ne possède pas de glandes sudoripares pour réguler l'augmentation de la température de leur corps. En fait on sait depuis 1791 que le serpent à sonnette ne va pas plus vite qu'un homme qui marche.

D. Les sens du crotale

D1) LA VUE (26, 14)

Les serpents à sonnette ont une pupille verticale, cette caractéristique des serpents venimeux est indépendante de la qualité venimeuse du serpent; c'est une indication de l'activité nocturne du serpent.

Cette pupille apparaît noire, l'iris est ponctué de brun, de jaune, de gris.

Remarque : crotalus cerastes ou "side winder" a une ligne horizontale sombre sur l'iris. Une étude portant sur quinze espèces a montré que la couleur de l'iris était assortie à celle de la tête du serpent ainsi les yeux sont « camouflés ».

Le crotale n'a pas de fovéa, ni de centre rétinien à haute sensibilité, il ne peut pas avoir une vision précise des objets.

Des observations au zoo de San Diego ont montré que la couleur des proies n'avait aucune influence, ainsi les crotales mangeaient aussi bien une souris blanche, grise, ou même rouge, verte, bleue.

Le champ de vision du crotale est assez restreint.

En résumé, le serpent à sonnette serait « myope » et verrait en noir et blanc.

D2) L'OUÏE (26, 34)

Les crotales n'ont pas d'oreille externe, pas de tympan. Des expériences faites en 1923 ont conclu que les serpents à sonnette étaient sourds, en fait ils sont sourds aux vibrations transmises par l'air, mais ils sont sensibles aux vibrations du sol sur lequel ils reposent.

D3) L'ODORAT (26)

Le sens de l'olfaction du serpent à sonnette est aigu, le nez d'une part, et la langue d'autre part jouent parfaitement leur rôle.

La langue est extraite lorsque l'on dérange le serpent ou lorsqu'on introduit une substance odorante dans la cage, elle sert à inspecter l'intrus, à l'effrayer, mais elle est aussi un auxiliaire de l'odorat et non pas du goût (il n'y a pas de bourgeons du goût à sa surface) elle sert à transporter les particules vers les organes de Jacobson dans la voûte du palais, ils sont eux-mêmes reliés au cerveau.

L'odorat est aigu chez les crotales car il est très utilisé, il sert à pister la proie, à déterminer si un terrier est occupé, à détecter l'ennemi.

D4) LES FOSSETTES LORÉALES (SCHÉMA S7) (26)

Les crotales ou "pit viper" sont caractérisés par des fossettes de chaque côté de la tête; elles s'étendent en dessous d'une ligne qui va de la narine aux yeux.

On a longtemps pensé qu'elles avaient un rôle olfactif. En 1937 on a découvert qu'elles étaient des récepteurs aux rayons infra-rouge, elles détectent 15°C à une distance maximale de 0,3 m.

Elle permettent ainsi aux crotales de détecter les animaux à sang chaud.

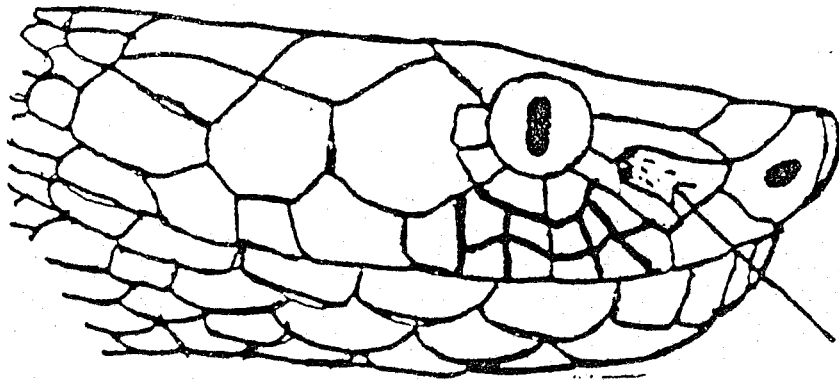


SCHÉMA S7. – Représentation de la fossette loréale caractéristique des Crotalidés.

D5) LE TOUCHER

Les serpents à sonnette sont très réceptifs aux contacts externes. Des grains de sable sur leur queue entraîne l'expulsion de la langue afin de détecter la source de dérangement.

De plus nous avons déjà mentionné leur sensibilité aux vibrations du sol.

D6) CONCLUSION

Bien que les sens du crotale soient limités et imparfaits, ils cumulent leur valeur pour l'avertir de l'approche d'un danger.



Photo D. Heuclin

PHOTO 10. – La fossette loréale.

VI.

Le comportement

A. Les limites physiologiques

Les serpents à sonnette comme tous les reptiles, sont totalement dépendants de la température externe. L'énergie provenant de leur métabolisme n'est pas suffisante pour maintenir une température constante du corps et assurer ainsi les processus de digestion, de gestation, de protection.

Aussi leur habitat est limité aux zones où la persistance journalière et saisonnière de températures adéquates permet le succès complet de ces processus (18).

A1) LES TEMPÉRATURES MAXIMALES

Bien que l'on trouve souvent un serpent à sonnette en train de se dorer au soleil, ce sera toujours à température modérée.

En effet lors de l'augmentation de température, l'absence de glandes sudoripares, l'efficacité réduite d'évaporation le long du corps entraînent un réchauffement dangereux du corps, d'où durcissement des muscles, arrêt de la circulation sanguine et mort.

On considère qu'à 40°C, les dégâts musculaires irréversibles apparaissent, la durée de survie est alors de dix à douze minutes.

Même *crotalus cerastes* (side winder) habitant les déserts du Colorado, ne supporte pas des températures trop élevées.

Remarque : Le feu est donc un moyen de protection contre les serpents à sonnette.

A2) LES TEMPÉRATURES MINIMALES

Alors que le crotale s'enfuira, cherchera un refuge pour se protéger de l'augmentation de température; il entrera en léthargie, sera donc vulnérable lors d'une chute de température. Aussi il est probable que le nombre de crotales tués par congélation soit supérieur à ceux tués par la chaleur. De plus les crotales lourds (*c. diamantin* par exemple) sont particulièrement sensibles à ce danger.

Le minimum toléré est environ 15°C.

A3) L'INTERVALLE DE TEMPÉRATURES OPTIMALES

Il est assez réduit, il est compris entre 26 et 36°C.

B. L'influence de la température sur les activités des crotales (26)

B1) LA SAISON D'ACTIVITÉ

Le printemps est la période d'activité maximale, les crotales sortent de leur hibernation, de leur longue période de jeûne, ils sont donc très actifs pour chercher leur nourriture. De plus c'est la saison des accouplements.

B2) L'HIBERNATION (26)

Les dates au cours desquelles les crotales entrent en hibernation dépendent de la latitude, de l'altitude et d'autres facteurs qui affectent les conditions climatiques locales.

Sur les côtes du sud de la Californie, les serpents à sonnette hibernent du premier décembre au premier mars.

Dans le nord des Etats-Unis, les serpents se réfugient dans leur fosse à partir de septembre et n'en sortent qu'en avril.

B3) LES MIGRATIONS ESTIVALES

Il est probable que les serpents à sonnette parcourent plus de 3 km pour atteindre leur fosse, bien que la distance moyenne soit d'environ un kilomètre.

Durant l'été, les crotales sont peu actifs car la saison d'accouplement est passée, et l'approvisionnement en nourriture est suffisant.

B4) L'INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ

L'humidité joue un rôle important dans le contrôle des activités du serpent. Dans l'Arizona, durant la saison des pluies, les crotales deviennent plus actifs et perdent même leurs habitudes nocturnes.

B5) LES ACTIVITÉS NOCTURNES DES CROTALES

La pupille elliptique et la fossette loréale permettent aux crotales de chasser la nuit en général.

- Les serpents à sonnette sont plus nocturnes l'été que le printemps.
- Les serpents à sonnette du désert sont plus nocturnes que ceux des régions humides.
- Les serpents à sonnette des plaines sont plus nocturnes que ceux des montagnes.
- Les serpents à sonnette adultes sont plus nocturnes que les jeunes.

On ne sait pas si la lune a une influence sur les activités des crotales, mais en général les reptiles du désert préfèrent les nuits noires.

Il faut insister sur l'activité nocturne importante des crotales et prévenir les campeurs, car beaucoup d'accidents se sont produits car on avait oublié les précautions suivantes : lumière et chaussures.

B6) INFLUENCE DU CYCLE DE REPRODUCTION SUR LES ACTIVITÉS SAISONNIÈRES DES CROTALES

Le cycle de reproduction entraîne :

- une augmentation de l'activité lors de l'accouplement
au printemps dans le sud-est des Etats-Unis, et au printemps et à l'automne dans le nord des Etats-Unis
- une diminution du nombre de femelles en « vagabondage », elles doivent maintenir une certaine température pour leur petit, l'été on rencontre le double de mâles que de femelles,
- une activité importante de nouveaux-nés entre le premier août et le quinze octobre.

B7) CONCLUSION

Les serpents à sonnette sont des créatures fragiles, très sensibles aux modifications de température, ils s'adaptent :

- 1) en se cachant dans les fosses durant l'hiver, dans un état de prostration, de « coma »;
- 2) en se camouflant sous le sol ou derrière un rocher durant la journée, ou en devenant nocturne quand les températures sont trop importantes l'été;
- 3) en profitant des premiers rayons de soleil du printemps pour se nourrir et se reproduire.

C. Les différents comportements devant le danger

- Les crotales ont plusieurs ennemis différents, leur réaction dépendra du tempérament du serpent, du caractère de l'ennemi et de l'accessibilité d'un refuge.

- Il y a successivement trois phases :

- 1) la phase de dissimulation,
- 2) la fuite,
- 3) l'attaque responsable de la sinistre réputation des serpents à sonnette.

C1) TEMPÉRAMENT ET DISPOSITION DU SERPENT (26)

La réponse d'un crotale à une menace extérieure n'est pas stéréotypée, elle dépend de l'espèce du serpent et de son tempérament individuel.

Le serpent à sonnette le plus coléreux, le plus facilement excitable est *crotalus atrox* ou (western diamondback), il est suivi de *crotalus adamanteus* puis par plusieurs espèces de *crotalus mitchellii*.

De l'autre côté de l'échelle, il y a *crotalus ruber ruber* ou le dimantin rouge.

Il existe des variations individuelles à l'intérieur d'une même espèce, le sexe, l'âge, le temps, l'environnement en seraient responsables.

Par exemple : les mâles sont beaucoup plus coléreux que les femelles particulièrement pendant la période d'accouplement. Les jeunes serpents à sonnette sont plus belliqueux que les adultes. Les crotales sont plus dangereux l'été, car on les dérange souvent pendant leur sommeil.

C2) LA PHASE DE DISSIMULATION

La première réaction d'un crotale à l'approche d'un intrus est de se camoufler grâce à leur pouvoir de « caméléon », ils y réussissent assez bien; cela montre par ailleurs un instinct, une certaine forme d'intelligence; ils savent être silencieux quand il le faut.

C3) LA FUITE

Toutefois si l'ennemi s'approche dangereusement, le crotale adoptera la fuite vers le refuge le plus proche, une faille dans un rocher, un terrier. Les serpents à sonnette ne s'éloignent jamais d'une cachette possible, là aussi c'est faire preuve d'instinct.

C4) L'ATTAQUE

Un crotale peut attaquer directement, personne ne peut le prévoir.

Déranger un serpent à sonnette en train de se nourrir, réveiller un dormeur, et le crotale attaquera, mais ces exemples d'agression ne sont pas réservés aux crotales ni même aux serpents venimeux.

D. Les moyens de dissuasion

Le plus connu est bien entendu la sonnette, mais le crotale possède d'autres armes tel que le sifflement qui accompagne l'extraction de la langue fourchue, ou bien les glandes à parfum qui dégagent une forte odeur chaque fois que l'on porte un crotale ou qu'on le maltraite.

E. L'habileté des serpents à sonnette

E1) LA POSSIBILITÉ DE GRIMPER (26)

Les crotales grimpent occasionnellement, ils sont gênés par leur corps relativement important et leur queue courte, ils n'ont pas la facilité des serpents à corps sveltes. Malgré tout il existe des différences selon les espèces; le serpent à sonnette des bois ou (timber rattlesnake) ainsi que les crotales à queue noire grimpent sur les arbres plus facilement. Les serpents à sonnette pygmés (*c. sistrurus miliarius barbouri*) sont souvent aperçus sur les arbres.

E2) LA POSSIBILITÉ DE NAGER

Les crotales sont de bons nageurs, ils flottent facilement et il est très difficile de noyer un serpent à sonnette. Grâce au mouvement sinueux de leur corps, à la propulsion de leur queue, ils nagent assez rapidement.

Un film huileux protège leur corps de l'humidité, sauf la sonnette qui est d'ailleurs maintenue hors de l'eau.

Il n'est pas rare de trouver *crotalus adamanteus* ou (le diamantin) en train de nager le long de la côte de Floride.

Le diamantin rouge (*crotalus ruber*) et le serpent à sonnette des bois (timber rattlesnake) préfèrent les lacs et les rivières, alors que *sistrurus catenatus catenatus* fréquente les marécages.

Les crotales peuvent attaquer dans l'eau, mais sans appui pour leur prise, l'attaque est moins efficace et la morsure moins dangereuse.

Enfin il faut démentir les histoires selon lesquelles les crotales suivent les bateaux pour les attaquer : ils ne nagent pas assez vite.

VII.

La nourriture

A. Le type de nourriture (26)

A1) LES MAMMIFERES

Il est probable que toutes les espèces de mammifères (suffisamment petites pour être avalées) soient les proies des serpents à sonnette. Mais ce sont les rongeurs qui représentent la nourriture habituelle, ils sont suivis des chiens de prairie, des écureuils, des petits lapins.

A2) LES OISEAUX ET LES ŒUFS

Bien que les oiseaux constituent une bonne part du repas des crotales, on ne peut pas considérer les serpents à sonnette comme les plus importants prédateurs des oiseaux sauvages. Les kind snakes sont beaucoup plus dangereux, ils mangent plus d'oiseaux et d'œufs que les crotales.

A3) LES REPTILES

Les lézards sont bien appréciés par les petites espèces des serpents à sonnette. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les petites espèces de crotales sont particulièrement nombreuses dans le sud-ouest, zone où les lézards pullulent.

D'autre part le cannibalisme est très rare chez les crotales. Il peut survenir en captivité quand deux serpents veulent manger la même proie, le plus grand des deux avalera la proie et son confrère.

Quelques rares cas de cannibalisme chez les crotales en liberté ont été décrits, mais chaque fois le serpent qui était mangé, était déjà mort avant d'être avalé.

A4) LES AMPHIBIENS ET LES POISSONS

Toutes les espèces de crotales peuvent manger à l'occasion des grenouilles et des crapauds, mais on a encore jamais vu un serpent à sonnette manger un poisson.

B. La chasse du crotale (20, 26)

Les crotales sont des créatures « fainéantes » ils s'allongent et attendent le passage de leur proie. La détection de celle-ci est possible grâce à la fossette loréale, à l'odorat, beaucoup moins par la vue.

Le serpent attaque brusquement sa proie, ses crochets semblent à peine toucher la victime pourtant ils injectent suffisamment de venin pour entraîner la mort.

On a longtemps pensé que le venin rendait la proie impropre à la consommation, de récentes études montrent que le venin est inoffensif lorsqu'il est pris par voie orale, il aiderait à la digestion de la proie grâce à son effet sur les tissus (57).

B1) VARIABILITÉ DE L'EFFET DE LA MORSURE

L'effet de la morsure dépendra de la quantité de venin injecté et de la taille ou du poids de la proie. La morsure sera plus rapidement fatale pour les petites créatures.

La morsure est généralement fatale, mais parfois la proie parcourt de grandes distances avant de succomber et il y a eu même des cas où la proie a pu s'échapper, tout dépend de la prise du serpent, de plus on sait que le crotale a le plein contrôle sur l'expulsion du venin, il relâche beaucoup moins de venin pour se nourrir que lorsqu'il est stressé ou attaqué par des ennemis comme l'homme par exemple.

B2) TACTIQUE DIFFÉRENTE SELON LA PROIE

Le crotale traite ses proies différemment après la morsure, en général, il relâche les mammifères car il a peur d'être attaqué à son tour, il suit le mammifère à l'odeur jusqu'à ce qu'il meurt, il s'assure ainsi un repas sans danger.

Par contre il gardera les oiseaux, les reptiles, les amphibiens, car d'une part il ne pourrait pas retrouver les oiseaux et d'autre part l'action de son venin est très lente chez les reptiles et les amphibiens, la proie pourrait s'enfuir.

B3) MÉTHODE EMPLOYÉE PAR LE SERPENT POUR AVALER UNE PROIE

Le crotale comme d'autres serpents peut avaler des proies de taille impressionnante, de plus il l'avale en entier, sans mastiquer ni disséquer et sans l'aide de main ou de pied.

Ceci est possible, grâce à la nature élastique de la mâchoire et de la gorge, cela permet la distension de l'ouverture de la bouche, et l'indépendance des deux parties de la mâchoire permet l'avancement et la rétraction de chaque moitié séparément.

De plus les crotales peuvent utiliser leur crochet pour tirer la proie à l'intérieur de l'œsophage, là une série d'ondulations latérales entraîne la nourriture vers l'estomac.

Le temps nécessaire pour avaler dépend de la taille de la proie et du serpent, un petit mammifère peut être avalé en moins d'une dizaine de minutes alors qu'un autre peut demander une heure.

C. Les besoins en nourriture

C1) LA FRÉQUENCE D'ALIMENTATION

Des études portant sur des spécimens en captivité, indiquent que les crotales adultes ont besoin d'un repas tous les quatorze à dix-huit jours.



Photo D. Heuclin

PHOTO 11. – *Crotalus atrox* avalant un lézard.

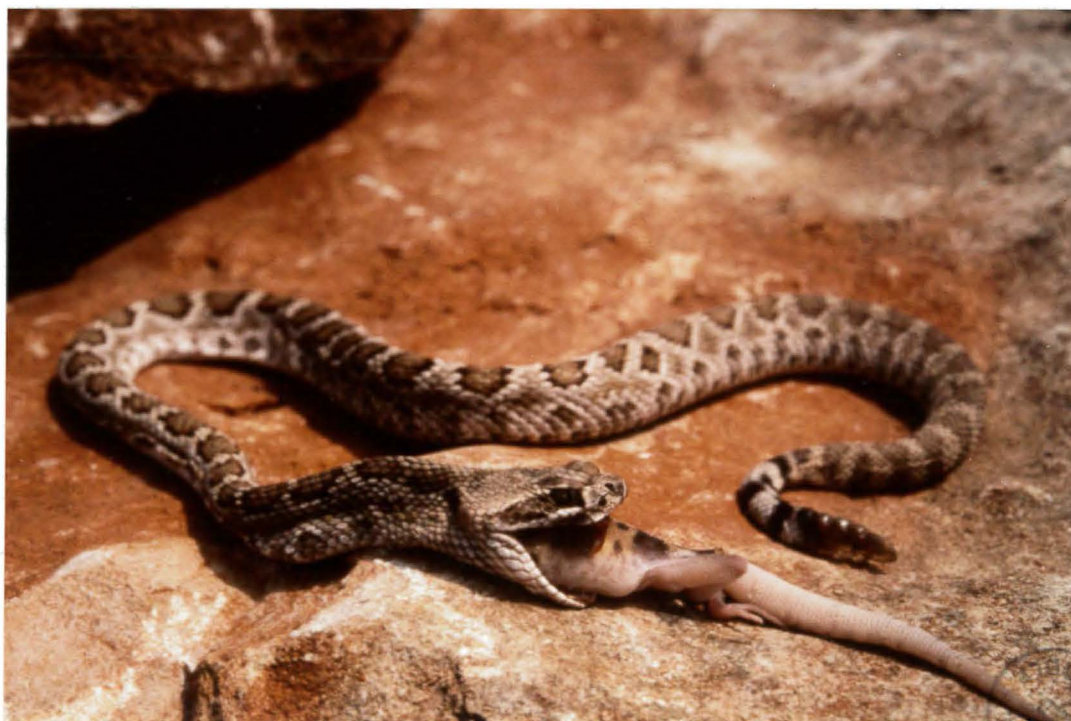


Photo D. Heuclin

PHOTO 12. – *Crotalus atrox* avalant un lézard.

Les crotales en liberté doivent cependant consommer plus d'énergie, de plus leurs repas sont plus irréguliers. La fréquence dépend de l'âge du serpent : les jeunes serpents se nourrissent plus fréquemment durant leur croissance.

Des études sur le terrain portant sur le contenu de l'estomac des spécimens semblent correspondre aux conclusions des zoos. Un repas toutes les deux semaines est nécessaire.

D. Les besoins en eau

Ils varient selon les espèces, la crotale des bois (*crotalus horridus*) par exemple aura un besoin en eau plus important que le crotale du désert (side winder). De plus le « side winder » satisfera ce besoin grâce à ses proies.

Les besoins dépendent aussi de la température, de l'humidité et de l'approvisionnement en nourriture.

On a estimé que le taux de liquide annuel assuré par la nourriture est égal au poids du serpent.

Remarque : Les crotales ne boivent pas de lait encore un mythe qui s'écroule.

VIII.

La reproduction

Certains serpents sont ovipares, ils pondent des œufs; d'autres sont ovovivipares, les œufs sont retenus dans le corps de la mère jusqu'à l'éclosion, ainsi les jeunes naissent vivants, c'est le cas des serpents à sonnette (14).

Dans le sud des Etats-Unis, les crotales s'accouplent au printemps (juste après l'hibernation) et les jeunes naissent entre la fin août et le début octobre; les femelles donnent naissance à la première couvée à l'âge de trois ans.

Dans le nord des Etats-Unis, les femelles enfantent tous les deux ans et pas avant d'avoir au moins atteint quatre ans. L'accouplement a lieu l'automne, les jeunes naissent à la fin de l'été.

De plus les mâles ont aussi un cycle de reproduction, et sont incapables de fertilisation à certaines périodes de l'année.

Remarque : Les femelles retiennent le sperme vivant longtemps, et dans de rares circonstances l'accouplement n'est pas nécessaire pour chaque couvée.

A. Les caractéristiques sexuelles (26)

Aucun motif ou coloris ne caractérise le sexe du serpent à sonnette.

La queue est un critère de différenciation chez les adultes (bien que cela nécessite une certaine expérience). La queue du mâle est relativement plus longue et plus épaisse que celle de la femelle. De plus elle s'effile graduellement chez le mâle, alors qu'elle devient brusquement étroite chez la femelle (voir schéma S8).

A1) LES ORGANES MÂLES

Ils sont rétractés dans la queue, donc cachés, ils sont en paire (un de chaque côté de la queue) (schéma S9). Chaque hémipénis est plus ou moins bifurqué (ce qui a fait penser que le crotale avait quatre hémopénis). Chaque espèce présente des différences dans le degré de bifurcation, dans l'ornementation extérieur des franges.

Lors de l'accouplement le mâle n'utilise qu'un hémipénis.

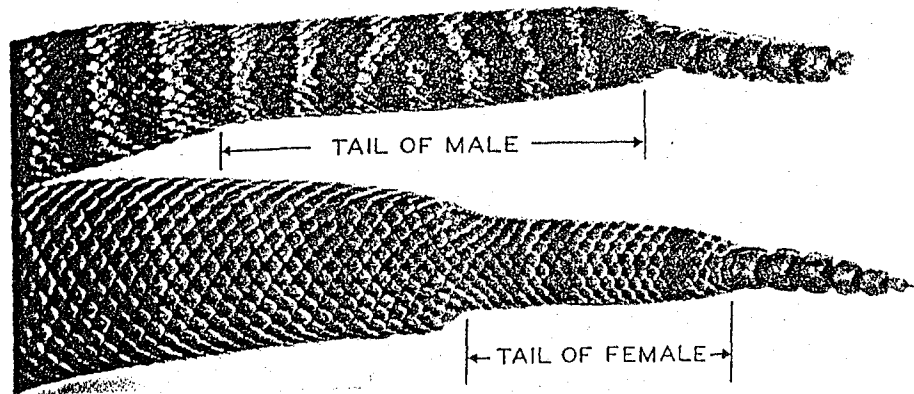


SCHÉMA S8. - Différenciation du sexe : par la longueur et la largeur de la queue (26).

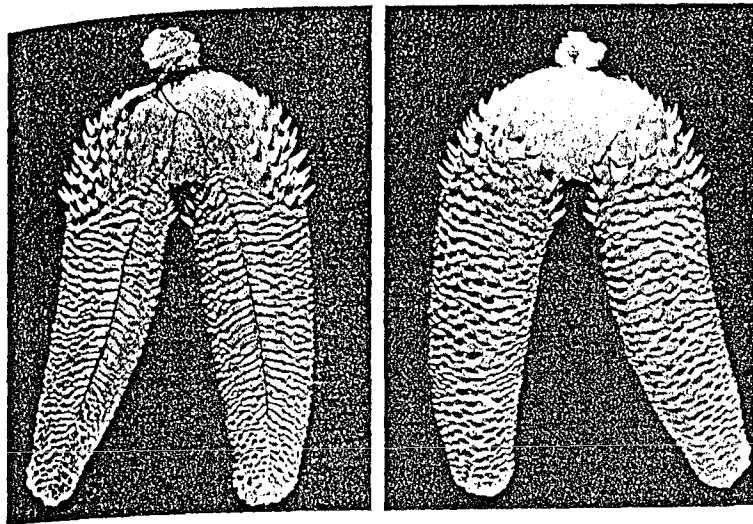


SCHÉMA S9. - Hémipénis de *crotalus horridus* (26).

B. Les naissances

Les petits naissant deux ou quatre semaines avant l'hibernation, la femelle cherche toujours un refuge que ce soit la fosse, ou une faille dans un rocher.

L'intervalle qui sépare les naissances des membres successifs de la couvée varie d'une minute à des heures ou même des jours. La délivrance dure plus longtemps quand il y a des petits mal formés.

Le nombre de serpents par couvée est différent selon les espèces, mais en moyenne il y a huit à dix « bébés » par couvée.

Les jeunes crotales des petites espèces mesurent à la naissance 30% de la taille de l'adulte, alors que chez les grandes espèces, les petits mesurent seulement 18 à 20% de la taille des adultes.

C. « L'instinct maternel »

Les jeunes crotales restent avec leur maman quelques heures après leur naissance ou tout au plus un jour.



Photo D. Heuclin

PHOTO 13. – Accouplement de deux crotales.

En captivité la maman ne montre aucune sollicitude pour ses nouveaux-nés, les jeunes restent allongés près de leur mère, mais ils le font aussi avec d'autres serpents. On est loin du mythe selon lequel la maman crocote chanterait pour ses petits.

D. Les activités des nouveaux-nés

Dès la naissance, les jeunes crotales doivent chercher leur nourriture, chacun doit attraper sa proie vivante. Ils mettent leur vie en péril, ils sont très vulnérables et facilement attaqués par des prédateurs qui n'auraient pas autant de facilité avec les parents beaucoup plus dangereux.

De plus la seule nourriture que les jeunes crotales puissent avaler sont les lézards et les tout petits rongeurs.

Et enfin le froid, l'absence de refuge adéquat sont responsables de la mort de beaucoup de nouveaux-nés.

IX.

L'appareil à venin

A. Anatomie générale

A1) LES GLANDES À VENIN (15, 21)

L'anatomie de l'appareil à venin est bilatérale. Les glandes à venin sont situées de chaque côté de la tête, dans la région temporale, elles apparaissent identiques en ce qui concerne la forme, l'anatomie, l'histologie aux glandes des autres viperidaees (Kochva et Gans en 1966).

Leur taille, leur superficie est en relation directe avec la longueur du serpent et les dimensions de la tête du crocotaie.

Les glandes à venin sont composées de tubules de cellules épithéliales, les cellules sécrétrices (qui représentent 80% des cellules épithéliales) synthétisent les différents constituants du venin. La production de venin dépend de la quantité de venin stocké dans les glandes, mais aussi de la température, de la nutrition et de l'espèce.

Le venin sécrété est stocké dans les glandes à venin principales, puis il est transporté par un canal principal (pd) vers les glandes accessoires (ag). Là un second canal déverse le venin dans le crochet (voir schéma S10).

La production du venin suit un cycle. Lorsque les glandes sont vides, les cellules sécrétrices atteignent leur taille et leur activité maximale, puis la production diminue progressivement jusqu'à ce que les tubules soient remplis, ce qui nécessite trente à soixante jours.

Les muscles qui compressent les glandes fonctionnent indépendamment. Le crocotaie contrôle la décharge de venin, ainsi une morsure n'entraîne pas forcément une envenimation.

A2) LES CROCHETS

Les os de la mâchoire supérieure courts et mobiles portent chacun une dent venimeuse. Ils s'articulent sur les os du crâne et peuvent ainsi se redresser pour prendre une position verticale. Les crochets fixes, plantés sur leur partie antérieure décrivent ainsi un arc de cercle de 90° environ, d'arrière en avant. Quand la bouche se referme, les dents se replient contre la mâchoire supérieure, leur pointe effleurant le palais.

Les crochets venimeux sont tubulaires, formés d'une lame enroulée en cornet et recourbés vers l'arrière, de plus ils sont engainés dans la muqueuse buccale qui glisse vers l'arrière en les découvrant quand l'animal va mordre.

Les crochets sont parcourus par un canal longitudinale qui transporte le venin, ils ont la perfection mécanique de deux seringues hypodermiques.

Les crochets sont pointus et robustes, mais ils peuvent se briser, d'autres dents canaliculées sont prêtes à venir les remplacer.

Remarque : Le crotale possède en plus des dents ni tubulaires, ni canaliculées qui servent à retenir la proie (voir schéma S10 et S11).

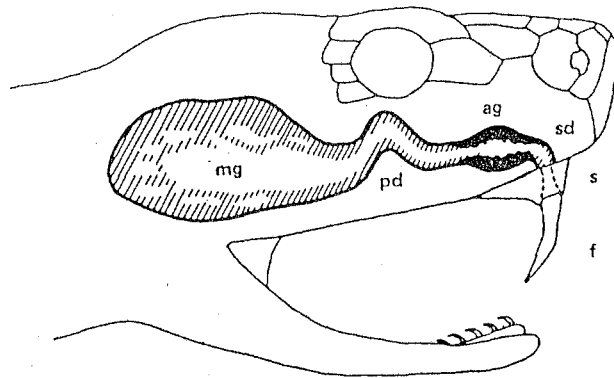


SCHÉMA S10. – Schéma de l'appareil à venin chez les crotalidae (21).
mg : glande à venin; pd : canal principal; ag : glande accessoire;
sd : canal secondaire; f : crochet.

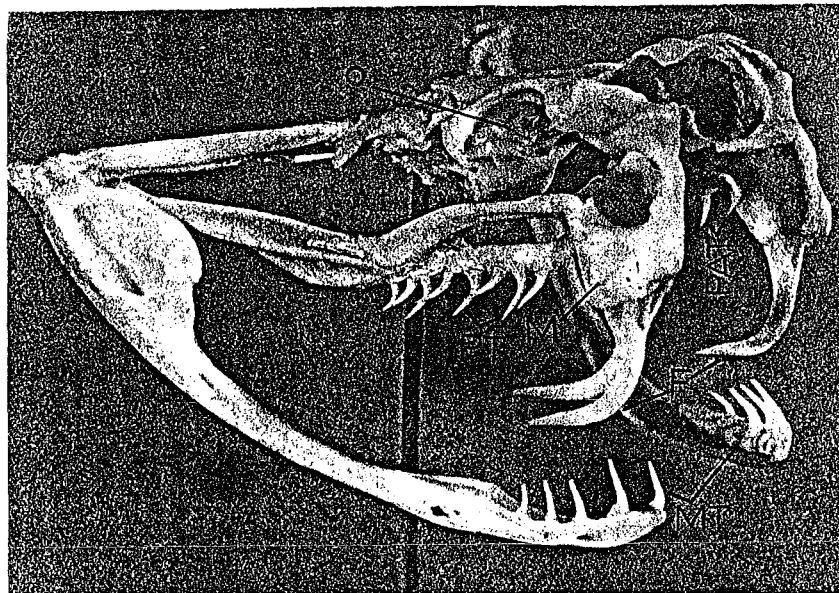


SCHÉMA S11. – f : crochet; M : maxillaire; MT : dent mandibulaire; O : orbite de l'œil;
PT : dent ptérygoïde; PAT : dent palatine.



Photo D. Heuclin

PHOTO 14. – *Crotalus atrox* : extraction du venin.

B. La production de venin

Les données sur la production de venin portent sur des extractions de venin sur des crotales en captivité. Il existe trois techniques d'extraction du venin :

- l'extraction volontaire ou le serpent mord dans un vase en caoutchouc;
- l'extraction manuelle ou une pression du doigt sur la glande extrait le venin avec plus ou moins de force;
- l'extraction électrique : où l'expulsion du venin est obtenue par l'application d'un courant électrique au niveau des maxillaires, qui entraîne la contraction des muscles entourant les glandes à venin.

Aussi pour chaque résultat il est important de décrire la méthode employée.

B1) LA PRODUCTION DE VENIN CHEZ LES NOUVEAUX-NÉS

Même si elle est faible, il existe une production de venin chez les jeunes crotales. Les serpents à sonnette sont venimeux à la naissance il n'y a aucun doute. La production de venin est en étroite corrélation avec le développement des glandes à venin qui est associé à la croissance de la tête et qui d'une façon générale est en relation avec la croissance du serpent (voir exemple tableau T1).



PHOTO 15. – *Crotalus adamanteus* :
les deux crochets.

Photo D. Heuclin

TABLEAU 1. – Production de venin chez les jeunes crotalidae (21)

Nombre de spécimens	Espèces	Age	Production moyenne (poids sec, mg)	Référence
20	<i>Crotalus adamenteus</i>	1 semaine	13.5 ^a	Allen and Maier (1941)
3	<i>Crotalus atrox</i>	2-8 mois	<11 ^a	Reid et Theakston (1978)
135		Jeune	2.2	Klauber (1956)
9	<i>Crotalus horridus atricaudatus</i>	5 jours	3.3 ^a	Minton (1967)
10		<45 jours	<10 ^a	Johnson et al. (1968)
7	<i>Crotalus ruber ruber</i> (Baja, Mexico)	5 jours	2.3 ^a	Glenn et Straight, non publié
170	<i>Crotalus viridis viridis</i> (Colorado)	~ 300 mm	0.5	Klauber (1956)
72	(Sud Dakota)	~ 300 mm	1.26	Klauber (1956)
174	(Sud Dakota)	Légèrement plus long de 300 mm	2.37	Klauber (1956)
11		9-15 jours	1.1 ^a	Fiero et al. (1972)
11		79 jours	2.64 ^a	Fiero et al. (1972)

^a Né en captivité.

B2) LES DIFFÉRENCES SEXUELLES DANS LA PRODUCTION DE VENIN

En général, les crotales mâles ont une croissance (10 à 12%) plus rapide que les femelles, donc d'après Klauber (1956) les mâles produisent plus de venin car ils atteignent des tailles plus importantes.

Il n'y a pas de différence de composition du venin entre les deux sexes (référence Glenn et Straight, Etude sur *c. viridis concolor* et *c. scutulatus scutulatus* en 1977 et 1978) (21).

B3) L'IMPORTANCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES SAISONS DANS LA PRODUCTION DE VENIN

Il est évident qu'il y aura une diminution de la quantité de venin dans les glandes lors de l'alimentation du serpent ou lorsque celui-ci se défend contre un prédateur. L'humidité, l'activité du serpent, la gravité affectent aussi la production de venin, mais le facteur le plus important est la température.

En 1923 Houssay démontra qu'il y avait une diminution de la production de venin en hiver chez *crotalus durissus*, et les mêmes effets ont été observés sur des spécimens de *crotalus durissus terrificus* (21).

En 1960 Kochva montre que la production de venin chez les serpents en captivité était directement liée à la température peu de venin était produit à 13,5°C alors qu'il y avait une augmentation graduelle de la production quand la température dépassait 26,5°C (21).

En général la production de venin diminue avec la baisse de température.

C. Les variations de toxicité du venin

On évalue la toxicité grâce à la LD50 : la dose qui entraîne la mort de 50% des modèles animaux :

La LD50 est définie en mg/kg, il faut préciser la voie d'injection et le modèle animal, car il existe une variation de sensibilité au venin; le pigeon est le plus sensible (classification : pigeon > lapin > souris > rat) (21).

La toxicité du venin, pour un même modèle animal, par la même voie d'injection, varie en fonction (21) :

C1) DE L'AGE DU CROTALE

Les venins provenant de crotales âgés de 5 à 370 jours sont plus toxiques que les venins provenant d'adultes. Cela contrebalance la faible production de venin par rapport aux adultes.

C2) DE L'ESPECE

Il existe des différences de composition du venin en fonction de l'espèce.

Les venins de *crotalus durissus terrificus* et de *crotalus scutulatus scutulatus* sont les seuls à contenir des neurotoxines et d'après le tableau 2, leur LD50 sont les plus faibles, d'où leur toxicité plus grande.

Le venin de *crotalus durissus terrificus* contient une myotoxine : la crotamine alors que le venin de *crotalus durissus durissus* n'en contient pas on pourrait multiplier les exemples qui illustrent la composition complexe du venin du crotale.

TABLEAU 2. – Toxicité des crotales en fonction de la LD50 chez la souris et de la production (21)

Specimens	Toxicité létale du venin		Production du venin en mg		Total LD50 doses	
	i.p.	LD50 (mg/kg)	Moyenne	Maximum	Moyenne	Maximum
<i>Crotalus horridus atricaudatus</i> ^c	0,4	(0,3-0,5)	140	300	17.500	37.500
<i>Crotalus scutulatus scutulatus</i> ^c	0,24	50,13-0,54	70	150	14.583	31.250
<i>Crotalus durissus durissus</i>	0,71	(0,67-0,80)	200	500	14.084	35.212
<i>Crotalus adamanteus</i>	2,1	(1,7-2,7)	400	1000	9.524	23.810
<i>Crotalus durissus terrificus</i>	0,22	(0,13-0,40)	36	100	8.182	22.728
<i>Crotalus mitchellii mitchellii</i>	0,33	(0,26-0,40)	33	90	5.000	13.636
<i>Crotalus durissus totonacus</i>	2,5	(?)	(250)	(600)	5.000	12.000
<i>Crotalus mitchellii pyrrhus</i>	2,3	(2,13-2,5)	200	350	4.348	7.609
<i>Crotalus atrox</i>	5,0	(3,7-8,4)	400	1150	4.000	11.500
<i>Crotalus ruber ruber</i>	4,6	(4,2-5,1)	350	670	3.804	7.283
<i>Crotalus ruber lucasensis</i>	4,0	(?)	230	710	2.875	8.875
<i>Crotalus viridis helleri</i>	2,0	(1,4-2,8)	112	390	2.800	9.750
<i>Crotalus viridis lutosus</i>	2,1	(1,9-2,2)	110	240	2.619	5.714
<i>Crotalus viridis concolor</i>	0,25	(0,13-0,45)	13	34	2.600	6.800
<i>Sistrurus catenatus catenatus</i>	0,5	(0,2-0,9)	20	(50)	2.000	5.000
<i>Crotalus horridus horridus</i>	4,8	(1,5-7,8)	140	300	1.458	3.125
<i>Crotalus viridis oreganus</i>	3,2	(?)	90	190	1.406	2.969
<i>Crotalus horridus atricaudatus</i> ^e	5,3	(4,0-6,6)	140	300	1.321	2.830
<i>Crotalus scutulatus scutulatus</i> ^e	3,0	(2,3-3,8)	70	150	1.167	2.500
<i>Crotalus viridis viridis</i>	2,1	(2,0-2,3)	44	165	1.048	3.929
<i>Crotalus cerastes</i> ssp.	2,4	(?)	30	80	625	1.667
<i>Sistrurus miliarius barbouri</i>	6,8	(?)	30	(50)	221	368

^c Variété la plus toxique.

^e Variété la moins toxique.

C3) DE LA GÉOGRAPHIE

Il existe des différences géographiques dans la composition et la toxicité du venin de crotale : notamment chez *crotalus scutulatus scutulatus*, pour qui certains spécimens de l'Arizona ne possèdent pas la toxine mojave.

C4) DE L'INDIVIDU

Il existe de grandes variations individuelles dans la toxicité du venin de crotale. Minton en 1953 a testé sept spécimens adultes de crotale des bois (*c. horridus*) provenant tous de l'Indiana, la LD50 par voie intra-péritonéale chez la souris variait de 1,48 à 7,80 mg/kg. Tous ces spécimens avaient été capturés au même endroit, le même jour.

X.

La composition du venin

A. Introduction

Le venin de serpent à sonnette est un mélange complexe d'eau (60 à 80 %), de sels minéraux, de peptides, de protéines (85 à 90 % du résidu sec). Il est très différent du venin des hydrophidae ou des elapidae (voir tableau n° 3) qui possèdent des neurotoxines postsynaptiques mortelles (30).

Chez les crotales, les neurotoxines sont absentes ou en trop faible quantité pour entraîner la mort, sauf chez *crotalus durissus terrificus* et chez *crotalus scutulatus*. Le venin de crotale est particulièrement riche en protéines possédant des propriétés hémorragiques, myotoxiques, protéolytiques qui peuvent être responsables d'une mort lente.

B. Les éléments minéraux (58)

Le sodium est le plus abondant, il représente 1,4 % du poids sec, il est suivi du potassium, du calcium, du magnésium, du zinc, il y a peu ou pas de fer, de manganèse, de cuivre (voir tableau n° 4).

La plupart seraient des cofacteurs enzymatiques, la Na^+ neutraliserait les charges négatives des protéines.

C. Les composés organiques de faible poids moléculaire

Le venin de crotales contient de faibles quantités d'acides aminés libres et d'oligopeptides, on peut trouver des hydrates de carbone sous forme de glycoprotéines.

En 1960 (Zarafonitis et Kalas) ont isolé, une amine biogène (20) : la sérotonine (5 hydroxytryptamine) chez *crotalus atrox* (0,1 pug/ml) et chez *crotalus adamanteus* (0,35 pug/ml). La sérotonine serait responsable de la douleur lors d'une morsure.

D. Les protéines

Ce sont les plus importants constituants du venin par leur proportion (90 % du venin sec). On les sépare en deux groupes : les enzymes et les toxines (tableau 3b).

TABLEAU 3a. – Comparaison de la composition des venins de crotalidae, d'hydrophiidae, d'elapidae (21)

Composants	Venin de crotales	Hydrophiidae	Elapidea
Neurotoxines postsynaptiques	Très petite quantité	Très commun	Très commun
présynaptiques	Chez <i>c. durissus terrificus</i> et <i>C. scutulatus</i>	Aucun	In <i>Bungarus</i> et Australie
Enzymes protéolytiques	Très commun	Aucun	Aucun ou très peu
Arginine estérase	Commun	Aucun	Aucun
Toxine hémorragique	Commun	Aucun	Aucun
Myotoxines	Commun	Phospholipase A2	Pas encore isolée
Enzyme libérant la bradykinie	Commun	Aucun	Aucun
Inhibiteur de l'enzyme de conversion	Commun	Aucun	Aucun
Acétylcholine estérase	Aucun	Présent, mais pas bien étudié	Commun

TABLEAU 4. – Composition minérale des venins de crotalidae

Venin (original)	Hr	Ca	Zn	Mg	Na	K	Cu	Mn	Fe	Autres métaux
<i>Crotalus atrox</i> (Etats-Unis)	0 48	0,196 3,780	1,394 1,093	701 344	57,300 24,600	410 320	0	0	0	0
<i>C. adamanteus</i> (Etats-Unis)	0 48	1,610 1,604	773 452	107 97	42,300 8,400	750 750	0	0	0	0
<i>C. basiliscus</i> (Mexique)	0 48	1,989 1,990	1,400 990	376 310	16,800 10,200	670 638	0	0	0	0
<i>C. durissus</i> (Amérique Centrale)	0 48	3,003 2,968	1,203 700	1470 775	36,700 12,800	13,500 3,970	0	0	0	0
<i>C. durissus terrificus</i> (Amérique du Sud)	0 48	2,390 2,280	1,856 1,380	342 204	45,700 1,780	1,660 1,440	0	0	0	0
<i>C. durissus totonacus</i> (Mexique)	0 48	1,633 1,590	840 680	117 100	28,800 1,500	590 550	0	0	0	0
<i>C. horridus horridus</i> (Etats-Unis)	0 48	4,930 3,629	980 800	973 406	53,000 21,900	420 400	0	0	0	0
<i>C. horridus atricaudatus</i> (Etats-Unis)	0 48	150 97	680 657	129 91	49,900 10,010	350 240	0	0	0	0
<i>C. viridis viridis</i> (Etats-Unis)	0 48	4,560 2,730	1,847 1,050	240 209	26,400 1,200	710 600	0	0	0	0
<i>Sistrurus milarius barbouri</i> (Etats-Unis)	0 48	4,000 2,750	2,010 1,525	446 297	39,500 1,550	2,540 2,159	200 90	0	0	0

D1) LES ENZYMES HYDROLYTIQUES

a) La phospholipase A2 (6)

C'est une hydrolase retrouvée dans tous les venins de serpents à des degrés divers elle a fait l'objet de très nombreuses études car elle a des rôles biologiques importants :

- dans l'arrêt de l'oxydation mitochondriale,
- dans l'hémolyse : on l'appelle facteur hémolytique indirect,
- dans l'activité des toxines présynaptiques.

La phospholipase A2 hydrolyse la lécithine en lysolécithine avec libération d'un acide gras (voir schéma S12). La lysolécithine ainsi formée est un puissant hémolysant.

La phospholipase A2 isolée des venins de crotale est un dimère, alors que chez les elapidae c'est un monomère.

b) La phospholipase B (18)

La phospholipase B ou la lysophospholipase catalyse l'hydrolyse de l'acide gras de la lysolécithine. L'activité de cette enzyme a été démontrée dans les venins de *crotalus adamanteus* et *c. atrox* mais pas chez *crotalus horridus* (par Fletcher et al. en 1979) (19) (schéma S13).

c) La phosphomonoestérase (22)

La phosphomonoestérase spécifique la plus connue est la 5' nucléotidase, on a retrouvé cette activité chez *crotalus atrox* (Gullard et Jackson en 1938) et chez *crotalus adamanteus* (Heppel et Helmie en 1951).

d) La phosphodiesterase (7)

C'est une enzyme très commune, que l'on trouve dans tous les venins, on pourrait l'appeler « exonucléase » car elle libère 1 nucléotide 5' à partir du bout 3' du polynucléotide (voir schéma S14).

Cette enzyme est isolée et commercialisée car elle permet de déterminer la séquence des bases des polynucléotides.

Mais l'action enzymatique de l'exonucléase du venin est plus compliquée car il y a aussi une endonucléase.

La phosphodiesterase de venin de serpent est extrêmement stéréosélective ceci a été démontré pour l'exonucléase du venin de *c. adamanteus* (Bryant et Benkour en 1979) et pour celle du venin de *c. durissus terrificus* (Burgess et al. 1979) (21).

Remarques : On a souvent mentionné une activité ATPase du venin de serpent, en fait cette activité est due à la phosphodiesterase, alors que l'ATPase hydrolyse l'ATP en ADP et en phosphate inorganique.

La phosphodiesterase hydrolyse l'ATP en ADP et en pyrophosphate, la phosphomonoestérase prend le relais alors et transforme l'AMP en adénosine et en phosphate inorganique.

D2) LES ENZYMES PROTÉOLYTIQUES

Les enzymes protéolytiques sont présentes dans certains venins de serpent.

Les venins de crotalidae, de viperidae, de colubridae montrent une activité protéolytique alors que ceux des elapidae et hydrophidae non (57).

TABLEAU 3b. – Protéines biologiquement actives trouvées dans les venins de crotales (21)

Enzymes hydrolytiques

Phospholipase A2
 Phosphodiesterase
 Phosphomonoesterase
 Phosphatase non spécifique
 Phosphatase spécifique : 5'-nucleotidase

Enzymes protéolytiques

Endopeptidase
 Exopeptidase-dipeptidase, tripeptidase
 Collagenase
 Elastase
 Arginine ester hydrolase
 Enzyme libérant la bradykinine
 Enzyme impliquée dans la coagulation sanguine
 Hyaluronidase
 NAD nucleosidase

Enzymes non hydrolytiques

L-amino acide oxidase

Autres

Neurotoxines, toxine mojave, crotoxine, protéines basiques
 Toxines hémorragiques
 Myotoxines
 Cytotoxines, nephrotoxines.

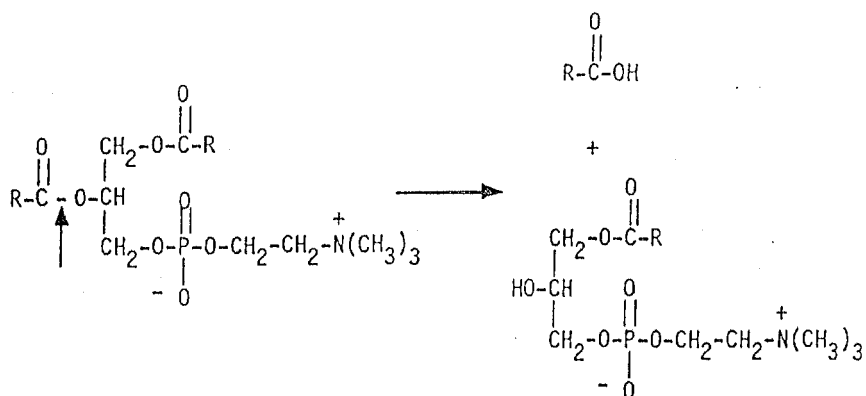


SCHÉMA S12. – Réaction d'hydrolyse de la phospholipase A2 et les produits formés (21).

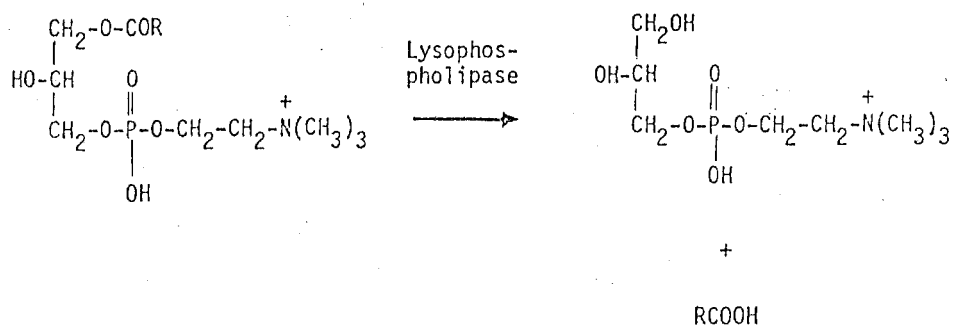
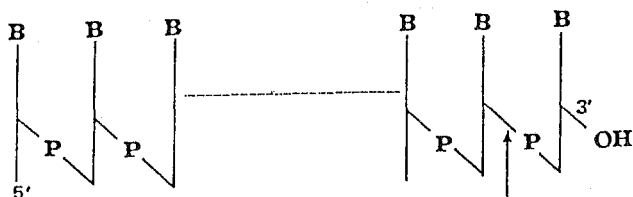


SCHÉMA S13. – Action de la phospholipase B (21).

A. POLYNUCLEOTIDE



B. ATP

PHOSPHODIESTERASE

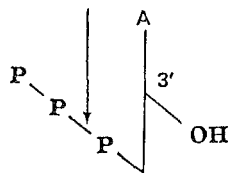


SCHÉMA S14. – Action de la phosphodiesterase (21).

On en connaît pas le rôle exact de ces enzymes, elles participeraient à la digestion de la proie avant que le serpent ne l'avale, et serviraient ainsi à l'exodigestion. Ces enzymes inhiberaient l'activité bactérienne et réduiraient ainsi le risque de putréfaction de la proie (56).

a) Les endopeptidases

Généralement il y a plus d'une endopeptidase par venin. En 1967 on avait isolé une α protéase du venin de *C. atrox*, en 1978 Bjarnason et Lu on isolé cinq enzymes protéolytiques présentant une activité hémorragique (4). Plusieurs de ces enzymes nécessitent des métaux comme co-facteurs (voir tableau N° 5).

TABLEAU 5. – Liste des enzymes protéolytiques trouvées chez *C. atrox* et *C. adamanteus*

Espèces	Nom	Poids net	Co-facteurs	References
<i>C. atrox</i>	α -protease	23,000	–	Zwilling et Pfleiderer (1967)
	Hémorragique toxine <i>a</i>	68,000 to about 83,000	Zn	Bjarnason and Tu (1978)
	Hémorragique toxine <i>b</i>	19,000 to about 29,300	Zn	Bjarnason and Tu (1978)
	Hémorragique toxine <i>c</i>	20,500 to about 27,900	Zn	Bjarnason and Tu (1978)
	Hémorragique toxine <i>d</i>	21,000 to about 27,900	Zn	Bjarnason and Tu (1978)
	Hémorragique toxine <i>e</i>	22,000 to about 25,700	Zn	Bjarnason and Tu (1978)
<i>C. adamanteus</i>	Proteinase I	24,600	Zn ou Ca	Kurecki et al. (1978)
	Proteinase II	23,700	Zn ou Ca	Kurecki et al. (1978)

Apparemment toutes les protéases de venin de crotalidae montrent une spécificité similaire qui est très différente des enzymes telles que le trypsine, la chymotrypsine et la pepsine. Les protéases des venins sont uniques et sont différentes des protéases d'autre origine.

b) Les exopeptidases

En utilisant un substrat synthétique le L leucyl- β naphthylamide on a trouvé une activité leucine aminopeptidase chez *Crotalus basiliscus*, *Crotalus durissus totonacus*, *Crotalus durissus atricaudatus* et *Sistrurus miliaris barbouri* (59).

L'activité « aminopeptidase » a été démontrée alors qu'aucun venin n'a encore présenté une activité « carboxypeptidase ».

c) La collagenase, l'élastase

Ces deux enzymes sont présentes chez les crotalidae et les viperidae alors qu'elles sont inexistantes chez les elapidae. D'après Simpson, il y aurait une corrélation entre les familles de serpents venimeux et ces deux enzymes (52, 53).

d) L'arginine ester hydrolase (arginine estérase)

L'activité arginine estérase est importante chez les crotalidae et les viperidae, alors qu'elle est très faible ou nulle chez les elapidae et les hydrophyidae. Cette enzyme est fréquemment trouvée chez les crotales, elle a été isolée du venin de *crotalus adamanteus* elle n'a pas d'activité caseinolytique, ni d'activité thrombine like, c'est une protéase spécifique (27).

e) La hyaluronidase (54)

On la trouve fréquemment dans les venins de viperidae, d'elapidae et de crotalidae. On appelle souvent cette enzyme « facteur de diffusion », car l'hydrolyse de l'acide hyaluronique (mucopolysaccharide élément du tissu conjonctif) facilite la diffusion du poison dans les tissus.

On a isolé cette enzyme du venin de

- *c. adamanteus* en 1939,
- *c. atrox* en 1941
- *c. durissus terrificus* en 1954.

f) Les enzymes impliquées dans la coagulation

f1) Thrombine-like enzymes

Elles ont été isolées des venins de :

- *crotalus durissus* : sous-espèce *durissus* et *terrificus*
- *crotalus horridus*
- *crotalus terrificus basilicus*
- *crotalus viridis helleri*

Mais la plus connue est la *crotalase* isolée du venin de *c. adamanteus* par les docteurs Markland et Darus en 1971 (28).

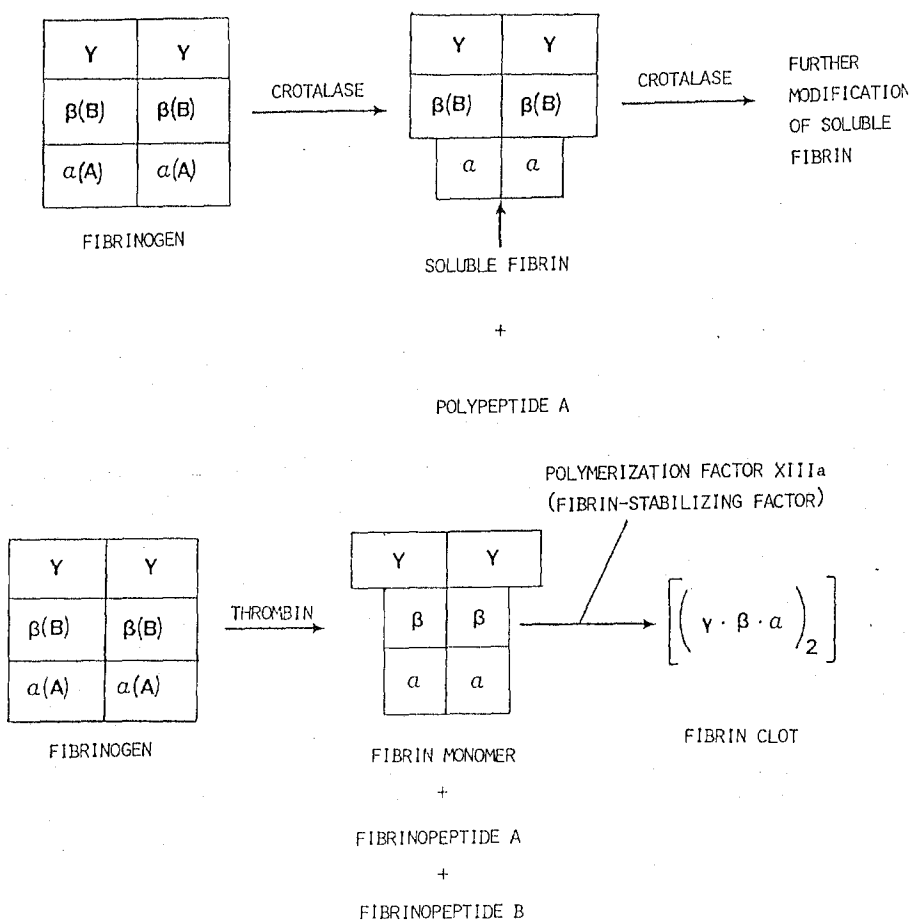
La crotalase est une glycoprotéine contenant de l'acide sialique, 36% de la séquence en acides aminés est identique à celle de la thrombine (39), mais la crotalase présente aussi des similitudes avec la séquence d'acides aminés du facteur IXa, Xa et de la kallicroïne (38) (voir schéma S15).

Comme la thrombine, la crotalase transforme le fibrinogène en fibrine, mais la fibrine ainsi formée n'est pas stable, et les micro caillots sont rapidement lysés d'où une action anticoagulante de la crotalase *in vivo*.

La thrombine transforme le fibrinogène en deux peptides A et B et en monomère de fibrine. Les monomères de fibrine subissent une polymérisation et forment le caillot. La crotalase libère seulement le peptide A, puis dégrade lentement le peptide B en petits fragments (voir schéma S16). De plus contrairement

Crotalase	Val	Ile	Gly	Gly	Asp	Glu
Factor IXa	Val	Val	Gly	Gly	Glu	Asp
Factor Xa	Ile	Val	Gly	Gly	Arg	Asp
Thrombin	Ile	Val	Glu	Gly	Ser	Asp

SCHÉMA S15. – Comparaison de la composition en acides aminés de la crotalase, du facteur IXa, Xa et de la thrombine.



SCHEMA S16. – Comparaison de l'action de la crotalase et de la thrombine sur le fibrinogène.

à la thrombine, la crotalase n'a pas d'effet sur l'aggrégation plaquettaire sur l'activation du facteur VIII et du facteur V.

f2) Enzymes fibrinolytiques

Les venins de *crotalus basiliscus*, *c. atrox*, *c. horridus*, *c. adamanteus*, *c. viridis helleri*, *c. durissus terrificus* sont fibrinolytiques. L'isolation de ces enzymes seraient un succès pour le traitement de l'infarctus du myocarde (3, 13).

f3) Enzyme activatrice du facteur X

Toute enzyme activant le facteur X induit la coagulation. On l'a retrouvée dans le venin de *crotalus viridis helleri*.

f4) L'aggrégation plaquettaire

Les venins de serpent à sonnette entraînent l'aggrégation des plaquettes, ceci est probablement dû à un mécanisme de défense de la victime, il y a tout d'abord une coagulation intra vasculaire disséminée avec thrombopénie puis il y a hémorragie.

Seul le crotale rouge ou *crotalus ruber ruber* possède une sérine protéase : la crotalocytine (50) entraînant l'aggrégation des plaquettes. Si l'on y ajoute sa grande capacité de production en venin et les valeurs de LD50 (voir tableau n° 6).

Le *crotalus ruber* se place parmi les plus dangereux juste après *crotalus adamanteus* et *crotalus atrox*.



Photo D. Heuclin

PHOTO 16. – *Crotalus ruber*TABLEAU 6. – Toxicité létale du venin de *crotalus ruber* (21)

Sous-espèces	Chez la souris LD50 (mg/kg)			Reference
	i.v.	i.p.	s.c.	
<i>C. ruber (ruber)</i>	–	11.0 ^a	–	Githens and Wolff (1939c)
	–	–	21.25	Minton (1956)
	3.97	–	–	Criley (1956)
	3.48	–	–	Gingrich et Hohendel (1956)
	3.51–	4.22–	–	Emery et Russell (1963)
	3.91	5.11	–	
<i>C. ruber lucasensis</i>	–	4.0 ^a	–	Githens et Wolff (1939c)

^a Minimum lethal dose.

f5) Action anti-complément

Le venin de *crotalus atrox* a une activité anti-complément, en fait il y a quatre facteurs anti-complément Q1, Q2, Q3, Q4. Q2 Q3 possèdent une activité estérase, ces quatre facteurs sont des enzymes protéolytiques. Ils agissent sur les facteurs C1i, C2, C4, C3, C5 et B (31).

g) La kalllicréine ou bradykininogénase

La kalllicréine est une sérine protéase, elle est présente dans les venins de crotales (genre *crotalus* et *sistrurus*) (45).

Elle transforme la bradykininogène présent dans (l'intestin, les muscles lisses, l'utérus) en bradykinine.

La bradykinine est un nonapeptide dont voici la séquence :

Arg-Pro-Pro-Gly-Phe-Ser-Pro-Phe-Arg

c'est une substance hypotensive, mais la chute de pression artérielle est transitoire, de plus la bradykinine est responsable de la douleur.

h) L'inhibiteur de l'enzyme de conversion

Cet inhibiteur est une enzyme que l'on trouve dans les venins de *c. viridis viridis*, *c. durissus terrificus*, *c. atrox*, *c. adananteus*, *c. viridis helleri* (17).

Elle empêche la formation de l'angiotensine II à partir de l'angiotensine I.

L'angiotensine II est un agent hypertenseur, dont l'inhibiteur de l'enzyme de conversion potentialise l'effet hypotenseur de la bradykinine.

i) Les facteurs libérant l'histamine

L'histamine est une substance hypotensive, elle est libérée des tissus de la victime, par différents facteurs : cette action a été mise en évidence pour les venins de *c. adamanteus*, *c. atrox*, *c. horridus* et *crotalus durissus terrificus* (43).

Un de ces facteurs est la phospholipase A2, elle entraîne la formation de la lysophosphatidylcholine qui libère l'histamine à partir des cellules de la victime.

La crotamine aussi libère de l'histamine. En fait la libération d'histamine est due à plusieurs mécanismes encore inconnus.

D3) ENZYME NON HYDROLYTIQUE

a) La L-amino acide oxydase

Cette enzyme est responsable de la couleur jaune des venins, ce n'est pas une enzyme hydrolytique, elle oxyde et désamine les acides aminés.

La L amino acide oxydase est elle-même très toxique; ceci est démontré par la valeur de la LD50 chez la souris (9→13 mg kg) qui est à peu près la moitié de celle du venin. Mais sa contribution à la toxicité du venin est faible vu sa faible proportion (Russel et al en 1963) (44).

Remarque : L'acétyl cholinestérase que l'on trouve dans les venins d'hydrophidae et d'elapidae est absente dans le venin de crotalidae.

D4) LES TOXINES

Fractions peptidiques de faible poids moléculaire, elles sont dépourvues de toute activité enzymatique, leur action combinée à celle des enzymes créent différents syndromes clinicobiologiques : on parlera ainsi de toxines hémorragiques, de myotoxines, de neurotoxines, bien que certaines toxines présentent plusieurs activités.

a) Les myotoxines

La morsure d'un crotale entraîne fréquemment une nécrose locale des muscles squelettiques qui peut entraîner la perte d'un membre, il existe différentes toxines présentant une activité myonécrotique, on les divise en trois groupes.

a1) les myotoxines « pures » ne présentant aucune autre activité :

- 1) la myotoxine a et
- 2) la crotamine.

a2) Les toxines « hémorragiques » et « myotoxiques » :

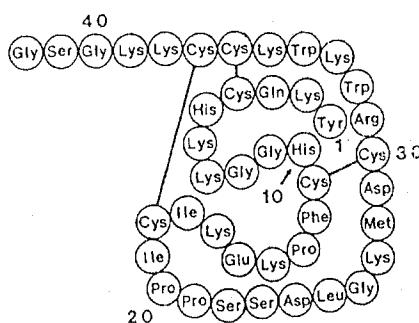
- 1) la toxine b et
- 2) la viriditoxine.

a3) Les neurotoxines présentant une activité myonécrotique :

- 1) la crotoxine,
- 2) la toxine mojave.

a1) 1) La myotoxine a (35)

Elle a été isolée du venin de *crotalus viridis viridis* en 1976 par Ownby, c'est un polypeptide basique composé de trente-neuf acides aminés (dont dix lysine et une arginine) (voir schéma S17).



SCHEMA S17. – Séquence animée de la myotoxine a.

Elle entraîne une dégénération des muscles squelettiques, elle présente une grande affinité pour le reticulum sarcoplasmique.

Elle agirait au niveau du transport de l'ion Na^+ , en inhibant la pompe à Na^+/K^+ au niveau du sarcolemme, l'augmentation de la concentration en Na^+ entraînerait un appel d'eau dans la cellule qui gonflerait et mourrait.

Remarque : La myotoxine a n'est pas le seul poison chez *crotalus viridis viridis*, son venin agit sur le processus de coagulation par la présence d'enzyme fibrinolytique, d'enzyme activatrice du facteur X, d'enzyme thrombine like, par la présence d'une toxine : la viridotoxine à activité hémorragique importante.

2) La crotamine

C'est aussi un polypeptide basique, elle présente la même mobilité électro-phorétique, la même conformation, les mêmes points isoélectriques que la myotoxine a (d'après Cameron et Lu en 1978) (10).

La structure primaire de la crotanine a été identifiée par Laure en 1975, elle présente quarante-deux acides aminés, elle diffère de la myotoxine par la leucine en position 19 → isoleucine, la phénylalanine en position 25 → leucine, l'arginine en position 33 → lysine.

La crotamine a été isolée du venin de *crotalus durissus terrificus* par Gonçalves et Deutsch en 1956 (22), mais tous les crotales de cette espèce ne contiennent pas cette toxine., ex. *crotalus durissus durissus*.

La crotamine et la myotoxine a sont chimiquement et immunologiquement très similaires(9), leur mécanisme d'action est très proche, elles agissent toutes les deux sur la conduction en ions Na⁺; la crotamine inhiberait une molécule qui diminue la perméabilité des canaux sodiques elle entraînerait donc une augmentation de la concentration en ion Na⁺ dans la cellule comme la myotoxine a.

Remarque : L'antivenin commercialisé ne neutralise pas l'effet myotoxique du venin de crotale. Ceci est dû probablement au faible taux d'anticorps antimyotoxines.

a2) 1) La toxine Hb

Elle a été isolée du venin de *crotalus atrox* elle a plutôt une activité hémorragique, on pense que son effet myotoxique est secondaire à l'ischémie due à l'hémorragie.

2) La viriditoxine

C'est une protéine acide isolée du venin de *crotalus viridis viridis* par Fabiano et Lu en 1980 possédant une faible activité myotoxique (16).

a3) 1) La crotoxine

C'est une neurotoxine présynaptique isolée du venin de *crotalus durissus terrificus*, présentant une activité myotoxique, son mécanisme d'action est peu connu, on pense qu'elle agirait en augmentant la concentration en ion calcium dans la cellule (21).

2) La toxine mojave

Neurotoxine isolée du venin de *crotalus scutulatus* elle agirait de la même façon que la crotoxine.

b) Les toxines hémorragiques

Le venin de *crotalus atrox* (ou diamantin de l'ouest) est caractérisé par sa grande activité hémorragique. Cinq toxines ont été isolées en 1978 par Bajarnason (4), trois d'entre elles les toxines Ha, Hb et He sont des métalloprotéines protéolytiques (voir tableau 8b).

On place *crotalus atrox* parmi les serpents les plus dangereux d'Amérique du Nord, son irritabilité, sa grande capacité de production (jusqu'à 1145 mg (Klauber en 1956) (26), son venin puissant hémorragique protéolytique mais aussi myotoxique possède de nombreuses enzymes telles que la phospholipase B, la phosphodiesterase, la hyaluronidase, l'inhibiteur de l'enzyme de conversion (tableau n° 2, n° 5).

La viriditoxine isolée du venin de *crotalus viridis viridis* possède une activité hémorragique.

TABLEAU 8a. – Comparaison des différentes toxines (à action locale) isolées de venin de serpents à sonnette (21)

	<i>Crotalus viridis viridis</i>		<i>Crotalus atrox</i> Toxines hémorragiques				<i>Crotalus durissus durissus</i> Crotamine
	viriditoxine	myotoxine a	a	b	c	e	
Hémorragie	+	-	+	+	+	+	-
Myonécrose	+	+	-	+	-	-	+
Protéolyse	+	-	+	+	+	+	-

TABLEAU 8b. – Liste des acides aminés composant les toxines hémorragiques du venin de *Crotalus atrox* (21)

Acides aminés	<i>Crotalus atrox</i> toxines hémorragiques				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Lysine	27	10	7	7	9
Histidine	18	8	8	8	9
Arginine	33	12	10	11	8
Acide aspartique	85	26	33	33	30
Threonine	36	7	11	10	10
Serine	35	14	16	16	14
Acide glutamique	55	16	24	25	26
Proline	27	6	6	6	8
Glycine	43	13	9	9	14
Alanine	36	8	10	9	7
Valine	35	11	11	11	12
Méthionine	11	6	5	5	8
Isoleucine	36	12	17	18	21
Leucine	49	19	25	25	14
Tyrosine	21	7	7	7	11
Phénylalanine	17	7	7	7	6
Half-cystine	66	4	2	2	8
Tryptophane	6	4	5	5	4

Remarque : Sur onze venins de crotales testés un seul ne provoque pas d'hémorragie c'est celui de *Crotalus scutulatus scutulatus*. Les autres venins étaient ceux de *C. atrox*, *C. adamanteus*, *C. basilicus*, *C. durissus*; *C. durissus terrificus*, *C. durissus totonacus*, *C. horridus horridus*, *C. horridus atricaudatus*, *C. viridis viridis*, *Sistrurus miliarius*.

c) Les neurotoxines

Les venins de crotales contiennent peu ou pas de neurotoxines, à l'exception du venin de *Crotalus durissus terrificus* qui possède la crotoxine et de celui de *Crotalus scutulatus scutulatus* avec la toxine mojave.

c1) La crotoxine

C'est en 1930 que commencèrent les travaux concernant la crotoxine, la toxicité importante du venin de *Crotalus durissus* (sous-espèce *durissus* et *terrificus*), la symptomatologie différente de l'envenimation par rapports aux autres crotales en sont la cause.

En 1938 le docteur Slotta et le docteur Fraenkel-Conrat isolèrent la crotoxine (21).

Après plus de quarante ans de recherche, on sait maintenant que la crotoxine est une molécule complexe constituée de deux sous-unités protéiques différentes, chacune d'elle est essentielle à l'expression de l'activité biologique, est reliée à l'autre par des interactions chimiques et non pas par des liaisons covalentes.

Une sous-unité la crotoxine A est une protéine acide constituée de trois chaînes peptidiques : A, B et C reliées par des ponts disulfures (voir tableau n° 9).

L'autre sous-unité : la crotoxine B est constituée d'une seule chaîne polypeptidique, présentant des ponts disulfures intramoléculaires; son point isoélectrique indique que c'est une protéine basique (voir tableau n° 10).

TABLEAU 9. – Liste des acides aminés composant la crotoxine A (21)

Acide aminés	Chaîne A	Chaîne B	Chaîne C
Lysine	1	1	0
Histidine	1	0	0
Arginine	1	1	0
Acide aspartique	5	6	1
Threonine	2	2	0
Serine	3	1	2
Acide glutamique	3	6	5
Proline	2	1	2
Glycine	6	3	1
Alanine	3	3	0
Valine	0	1	0
Methionine	0	2	0
Isoleucine	0	2	0
Leucine	1	0	0
Tyrosine	3	0	0
Phénylalanine	1	1	1
Half-cystine	1	5	2
Tryptophane	7	0	0
	40	34	14
	Breithaupt et al. (1974)	Breithaupt et al. (1974)	Breithaupt et al. (1974)

TABLEAU 10. – Acides aminés composant la crotoxine et les sous-unités de la crotoxine

Amino acide	Crotoxine	Crotoxine	Crotoxine	Crotoxine Sous-unité A	Crotoxine Sous-unité B
Lysine	12	11	13	2	9
Histidine	4	3	3	1	2
Arginine	14	10	14	2	8
Acide aspartique	26	19	23	10	9
Threonine	12	10	12	4	6
Serine	14	11	13	5	6
Acide glutamique	27	20	24	13	8
Proline	13	10	10	5	5
Glycine	25	19	23	9	10
Alanine	15	11	13	5	6
Valine	4	3	3	1	2
Methionine	4	2	3	1	2
Isoleucine	7	7	7	3	4
Leucine	8	7	8	1	6
Tyrosine	15	11	15	3	9
Phénylalanine	17	8	10	3	6
Half-cystine	30	21	30	10-11	10-11
Tryptophane	6	3	4	1	2
	253	186	228	79-80	109-110
	(Fischer) 1954	Hendon 1971	Breithaupt 1974	Hendon 1971	Hendon 1971

La crotoxine est une puissante neurotoxine, mais elle possède aussi une activité hémolytique indirecte, bien que cette propriété ne semble pas avoir un rôle significatif dans l'activité léthale de la toxine.

En 1971, le docteur Herdon et le docteur Fraenkel-Conrat ont démontré que la séparation des deux sous-unités entraînait la perte de la neurotoxicité, tandis que la crotoxine B possédait toute l'activité hémolytique du complexe initial, la crotoxine A semblait dénuée de toute activité biologique (24, 25).

– La crotoxine B possède une activité phospholipase like, mais les effets hémolytiques indirects sont plus importants que les activités phospholipolytiques, contrairement à la phospholipase A2 du venin de *c. adamanteus*, de plus, la crotoxine B bloque la transmission synaptique, par une action présynaptique : la déplétion des vésicules d'acétylcholine, et par une action postsynaptique.

– La crotoxine A ne possède aucune activité biologique mais elle est indispensable à la crotoxine B pour exprimer sa neurotoxicité.

Elle jouerait le rôle de « chaperon », en se liant à la crotoxine B, elle empêcherait celle-ci de se fixer ailleurs que sur son site d'action. En fait elle améliore la spécificité de récepteur de la sous-unité B.

Elle libère la crotoxine B au niveau du site d'action, aussi la liaison de ces deux molécules est réversible (voir tableau n° 11 et n° 12).

c2) La toxine mojave

Une autre neurotoxine : la toxine mojave a été découverte chez *crotalus scutulatus* (11). Ce crotale se place ainsi parmi les plus dangereux, d'après le tableau n° 2, il possède la LD50 la plus faible. Mais ce qui caractérise cette espèce, c'est la variation de toxicité en fonction de l'emplacement géographique. En 1978 : Glenn et Straight démontrèrent que les spécimens du sud-ouest de l'Arizona et du sud-est de la Californie étaient plus dangereux que ceux du nord-ouest ou du centre de l'Arizona (voir tableau n° 2 et n° 14).

TABLEAU 11. – Comparaison de la toxicité de la crotoxine et des sous-unités de la crotoxine (21)

	LD50 (µg/g)	Voie d'injection
<i>Venin de Crotalus durissus terrificus</i>		
Schröttler (1951)	0.60	i.v.
Brazil (1972)	0.169	i.v.
Freiderich and Tu (1971)	0.30	i.p.
(a)	0.30	i.p.
Hendon et Fraenkel-Conrat (1971)	0.12	i.p.
<i>Crotoxine</i>		
Schöttler (date non publiée)	0.27	i.v.
Rübsamen et al. (1971)	0.108	i.v.
Brazil (1972)	0.082	i.v.
Rübsamen et al. (1971)	0.50	s.c.
Hendon and Fraenkel-Conrat (1971)	0.06	i.p.
<i>Crotoxine A</i>		
Rübsamen et al. (1971)	>50	i.v.
Hendon et Fraenkel-Conrat (1971)	>50	i.p.
<i>Crotoxine B, phospholipase A</i>		
Rübsamen et al. (1971)	0.54	i.v.
Hendon et Fraenkel-Conrat (1971)	0.25	i.p.

TABLEAU 12. – Activités biologiques de la crotoxine et des sous-unités de la crotoxine (21)

	Toxicité	Activité hémolytique (directe)	Activité hémolytique (indirecte)	Phospholipase A2	Blocage de la transmission presynaptique	Blocage de la transmission postsynaptique
Crotoxine	+++++	(-)	+++++	++++	+++++	+++++
Crotoxine A	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Crotoxine B	(++)	(-)	+++++	++++	+++++	+++++
PLA ₂ (<i>c. adamanteus</i>)	(-)	(-)	++	+++++	(-)	(-)
	Hendon et Fraenkel-Conrat (1971); Rüksamen et al. (1971); Breithaupt et al. (1974)	Hendon et Fraenkel-Conrat (1971)	Hendon et Fraenkel-Conrat (1971); Jeng et al. (1978)	Hendon et Fraenkel-Conrat (1971); Breithaupt (1976a,b)	Brazil et Excell (1971); Brazil et al. (1973); Hawgood et Smith (1976) Chang et al. (1977a,b); Hanley (1978); Bon et al. (1979); Gopalakrishnakone et Hawgood (1979); Hawgood et Santana de Sa (1979)	Hanley (1978); Hawgood (1979); Bon et al. (1979)

La toxine mojave est formée de deux sous-unités comme la crotoxine, une unité acide dépourvue de toute activité biologique et une unité basique possédant une activité phospholipase like et une activité neurotoxique.

Remarque : La sous-unité acide supprime l'activité phospholipase like et augmente l'activité neurotoxique du complexe (voir tableau n° 13).

d) Les autres toxines

d1) Les toxines mortelles

Une protéine basique et une protéine E sont présentes chez l'espèce *horridus*.

a) La protéine basique semblerait agir sur le muscle squelettique et le muscle cardiaque. Elle est très toxique sa LD50 est égale à 5,2 µg/g. C'est Bonilla qui l'isola en 1971 chez *crotalus horridus atricaudatus* et chez *crotalus adamanteus* (5).

b) La protéine E dont le site d'action est encore inconnu à l'heure actuelle entraîne une paralysie musculaire et une détresse respiratoire responsable de la mort, elle est présente chez *crotalus horridus horridus* (55).

Remarque : Ces deux sous-espèces présentent de grandes variations de toxicité : variations géographiques et individuelles (voir tableau n° 2) de plus leur venin intervient dans la coagulation (voir chapitre sur les enzymes impliqués dans la coagulation).

d2) La MDP (*myocardial depressor protein*)

Elle a été isolée du venin de *c. atrox*, l'injection de ce peptide chez les chiens entraîne une chute sévère du débit cardiaque et de la pression artérielle.

TABLEAU 13. – Acides aminés composant la toxine mojave (21)

Acides aminés	Toxine native	Unité basique	Sous-unité acide	Toxine recombinée
Lys	13	10	2	13
His	3	2	1	3
Arg	11	9	2	11
Asx	23	10	13	23
Thr	12	8	5	12
Ser	11	7	4	10
Glx	22	9	13	22
Pro	14	7	6	13
Gly	24	12	12	24
Ala	13	7	6	13
Half-cys	22	12	12	24
Val	4	2	2	4
Met	3	2	2	4
Ile	8	5	3	8
Leu	8	6	1	8
Tyr	16	12	4	16
Phe	8	6	2	8
Trp	3	2	1	3

TABLEAU 14. – Illustration de la différence géographique dans la toxicité du venin de *crotalus scutulatus scutulatus*

Sous-espèces	Souris LD50 (mg/kg)				Référence
	i.v.	i.p.	i.m.	s.c.	
<i>C. scutulatus (scutulatus)</i>	–	10.0	–	–	Macht (1937)
	–	0.6	–	–	Githens and Wolff (1939c)
	–	0.7	–	–	
	0.14	0.14-	–	–	Emery et Russell (1963)
	–	0.38	–	–	
	0.21	0.23	–	0.31	Minton and Minton (1969)
	0.18	0.18	–	–	Kocholaty et al. (1971)
<i>C. scutulatus scutulatus</i>	0.18	–	–	–	Bieber et al. (1975)
	–	0.26	–	–	Hendon (1975)
	–	0.45	–	–	Hendon (1975)
	0.21	0.23	–	–	Russell (1967)
	0.14	–	–	–	Pattabhiraman et Russell (1975)
	0.12-	0.13-	0.6-	–	Glenn et Straight (1977, 1978)
	0.18 ^c	0.54 ^c	0.9 ^c	–	
	–	0.09-	–	–	Glenn et Straight (1978)
	–	0.12 ^c	–	–	
	–	2.3-	–	–	Glenn et Straight (1978)
0.14	3.8 ^c	–	–	Pattabhiraman et al. (1978)	

c Venins provenant de spécimens de Californie et d'Arizona.

d Venins provenant de spécimens du sud-ouest de l'Utah.

e Venins provenant de spécimens du nord de l'Arizona.

On note souvent lors de l'envenimation due à un crotale, une atteinte rénale grave avec choc pouvant entraîner la mort. On attribuerait cette action à une *nephrotoxine* qui n'a pas encore été isolée.

La *convulxine* isolée du venin de *crotalus durissus terrificus* entraîne des convulsions chez les animaux empoisonnés et entraîne aussi l'aggrégation des plaquettes (41).

Conclusion

Tous les crotales sont potentiellement dangereux pour l'homme. Leur venin très complexe présente plusieurs activités résumées au tableau n° 15. Il est très difficile de les classer, certains auront un venin plus toxique, d'autres une productivité plus importante (réf tableau n° 2).

Toutefois, *crotalus scutulatus*, *crotalus durissus*, *c. horridus atricaudatus* semblent être les plus dangereux (LD50 < 1mg/kg) alors que *c. atrox*, *c. adamanteus*, *c. ruber* sont surtout à craindre par leur grande productivité > 100 mg.

TABLEAU 15

Activités Espèces	Hypotensive	Myotoxique	Interaction sur la coagulation	Neurotoxique	Diverses (présence de toxines mortelles)
<i>C. scutulatus</i>	+K			++ toxine mojave	
<i>C. durissus durissus</i>	+K, H, E		+ { TL EF X+	++ crotoxine	convulxine
<i>C. durissus terrificus</i>	+K, H, E	crotamine ++	+ { TL EF X+	++ crotoxine	convulxine
<i>C. horridus atricaudatus</i>	+K		+ { TL EF X+		protéine basique
<i>C. adamanteus</i>	+K, H, E		+ { TL EF X+		protéine basique
<i>C. viridis</i>	+K, E	myotoxine a ++	viriditoxine + TL, EF, X+		
<i>C. ruber</i>	+K		TL, EF, X+ + crotalocytine		
<i>C. horridus horridus</i>	+K, H		TL, EF, X+ +		protéine E
<i>C. atrox</i>	+K, H, E	+ toxine hémorragique b	TL, EF, X+ + 5 toxines hémorragiques		MDP

K : kallieréine
H : libère l'histanine

E : - enzyme de conversion
MDP : myocarde dépressive protéine

TL : activité thrombine like
EF : enzymes fibrinolytiques
X+ : activateur du facteur X



Cliché D. Heuclin

PHOTO 17. – *Crotalus horridus*.

XI.

Symptomatologie de l'envenimation

La symptomatologie est *polymorphe*, fonction

- de la quantité de venin inoculé reliée au degré d'excitation du serpent, à son espèce, de son âge (8).
- de la victime (âge, sexe, poids, mais aussi émotivité, susceptibilité à l'allergie).
- de la localisation de la morsure, de la profondeur, du nombre de morsures.
- de la précocité du traitement.

Cependant on peut isoler les **symptômes locaux** et les **symptômes généraux**.

A. Les symptômes locaux

Ce sont les premiers à apparaître, ils ont une valeur diagnostique considérable.

La zone mordue est le siège d'une douleur d'intensité variable, elle va être envahie et déformée par un œdème bientôt remanié par des phénomènes névrotiques et hémorragiques (26).

A1) LA DOULEUR

Instantanée, variable dans son intensité, parfois absente et quelquefois syncopale, elle disparaît rapidement pour réapparaître plus intense lors de la formation de l'œdème.

La douleur est le symptôme le plus caractéristique et celui qui apparaît le plus rapidement dans la morsure du serpent à sonnette, elle serait due à la libération de bradykinine, d'histamine et de sérotonine par les tissus de la victime sous l'action du venin de crotales.

A2) LA TRACE DES CROCHETS

Bien visible au début, réalisant deux petites effractions cutanées punctiformes. Elles sont entourées d'une petite auréole rouge et laissent souvent sourdre une sérosité sanglante. L'œdème local bouleverse rapidement la zone de morsure, écartant la trace des crochets qui devient difficile à identifier.

A3) L'ŒDEME LOCAL

Il apparaît rapidement cinq à trente minutes après la morsure et s'étend de proche en proche. Son extension peut se poursuivre jusqu'à la 48e heure et peut atteindre l'abdomen et le thorax. La peau de la zone touchée est décolorée, livide ou bien au contraire rouge, bleue ou noire avec le temps.

Il est possible que l'œdème fasse partie de la réaction inflammatoire induite par la libération d'histamine de sérotonine, de bradykinine.

A4) L'INFLAMMATION

Elle apparaît rapidement, réaction de défense des tissus au venin, elle participe à la douleur.

A5) L'HÉMORRAGIE LOCALE

La morsure est souvent accompagnée d'ecchymoses, de petechies, de purpura. Le syndrome d'hémorragie locale est dû à une modification de la perméabilité capillaire avec lyse des cellules endothéliales. D'ailleurs de nombreuses toxines hémorragiques ont été isolées (voir chapitre X composition du venin).

A6) LA MYONÉCROSE

Le fort pouvoir protéolytique des venins de crotale va faire évoluer les lésions tissulaires en nécrose, avec perte de substance tendineuse et musculaire, se compliquant souvent de surinfection, nécessitant des amputations parfois.

De nombreuses toxines ont été isolées dont la myotoxine a, la crotamine (voir chapitre X).

Remarque : L'inefficacité de l'antivenin polyvalent de crotalidae à prévenir les effets hémorragiques et myonécrotiques explique les destructions locales de tissus et même les amputations dues aux morsures de crotales.

B. Les symptômes généraux

B1) LES TROUBLES DIGESTIFS

Ils sont occasionnels, apparaissant précocément et disparaissant au bout de quelques heures (8).

Il s'agit le plus souvent de nausées, de vomissements, plus rarement de diarrhée.

B2) LES TROUBLES CIRCULATOIRES

1) Les modifications tensionnelles

Les hypertensions sont très fréquentes, parfois il y a même collapsus (8).

- Les hypotensions immédiates sont liées au dérèglement neurovégétatif dû à l'émotion et à la douleur.

- Les hypotensions apparaissant dans les deux ou trois premières heures sont en rapport avec la libération de substances vasodilatatrices histamine, bradykinine à partir des tissus envenimés.

Les hypotensions et le collapsus (ou choc) tardifs, relèvent de la déshydratation extra cellulaire qu'entraîne l'œdème lorsqu'il est important, auquel s'ajoutent l'hypovolémie due aux hémorragies externes ou internes, et les pertes hydroélectriques dues aux vomissements, à la diarrhée.

2) Les manifestations cardiaques

- Une tachycardie accompagne l'hypotension,
- des troubles du rythme sont parfois notés (8).

Ces manifestations semblent en rapport avec une insuffisance coronaire secondaire à l'hypovolémie ou à la survenue de microthromboses coronaires en rapport avec les troubles de la circulation.

B3) LES TROUBLES RESPIRATOIRES

La mort par arrêt respiratoire est commune aux morsures de crotales. Mais s'agit-il d'une réaction directe aux composés du venin ou à l'action indirecte du venin sur le système cardiovasculaire ou nerveux.

Les venins de *crotalus durissus terrificus* et *crotalus scutulatus* contiennent des neurotoxines. La *crototoxine* et la *toxine mojave*, elles préviennent la stimulation du muscle du diaphragme et entraîne l'arrêt respiratoire (28).

D'après les travaux du docteur Beaner en 1960, les autres venins de crotales entraînent une hémorragie, un œdème, une nécrose alvéolaire (28). Est-ce du à l'action des toxines hémorragiques et cytolytiques ou est-ce du à des toxines pulmonaires ? On ne le sait pas encore.

B4) LES TROUBLES HÉMATOLOGIQUES (50)

Le syndrome hémorragique est très fréquent lors d'une envenimation due à un serpent à sonnette. Il s'agit le plus souvent :

- d'hématurie (environ 84% des cas),
- de gingivorragie (60% des cas),
- d'écchymose de purpura (50%),
- d'hématomes (50%),
- de saignement du site de morsure (50%)
- d'épistaxis,
- d'hémoptysies,
- de méléna,
- d'hématémèse

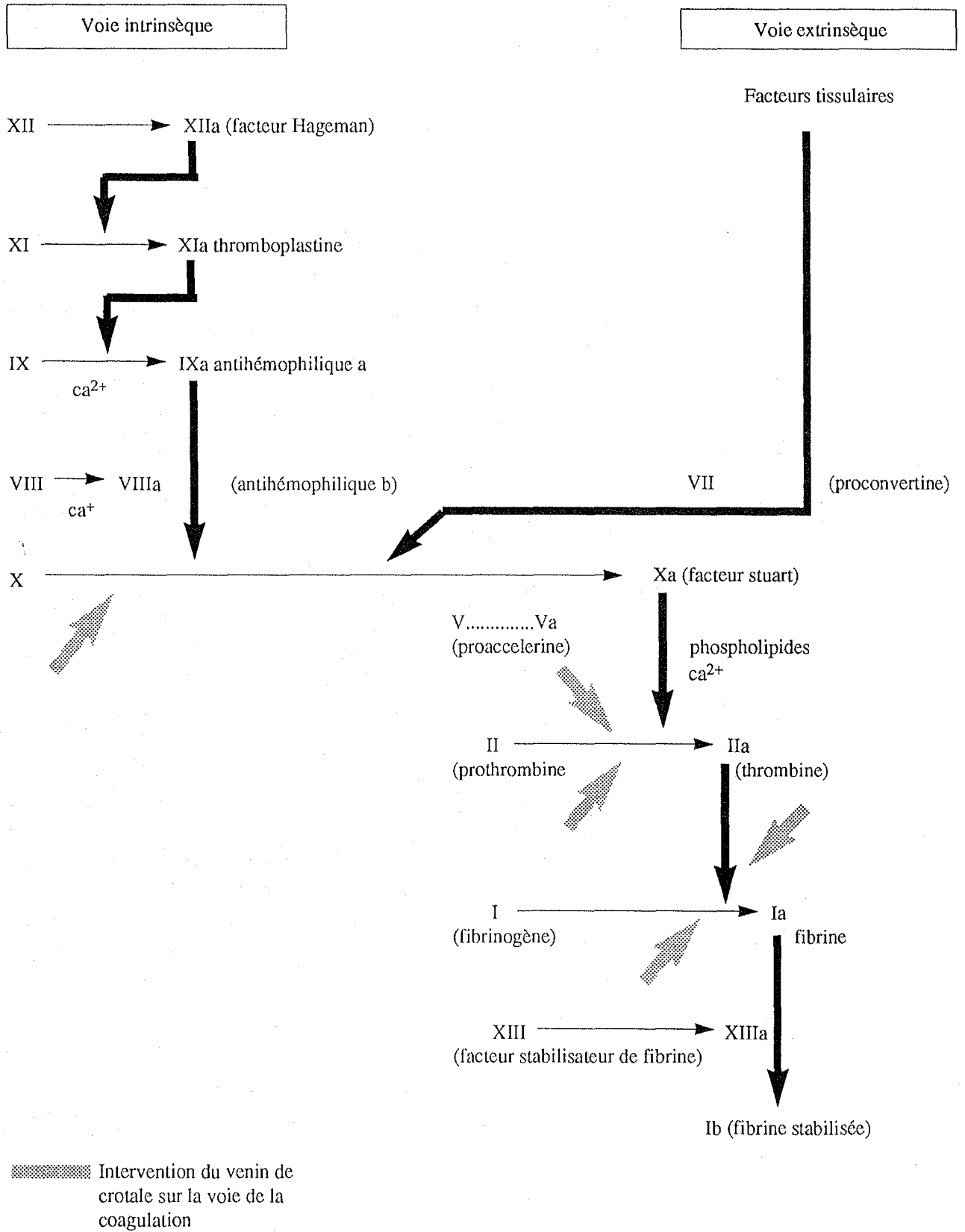
plus rarement d'hémorragie subarachnoïde (4%), subconjonctivale (40%), rétinale (20%).

Mais l'hémorragie peut se propager dans les poumons, le cœur, le petit intestin, le sein, etc..., une hémorragie prolongée entraîne un déséquilibre de l'état hémodynamique de la victime. L'hypovolémie qui en résulte peut être responsable de la mort (qui survient deux à trois jours après la morsure).

Le mécanisme de ce syndrome hémorragique est complexe; le venin de crotale possède des propriétés *coagulantes* et *anticoagulantes* (5).

Il présente quatre types d'activité coagulante :

- 1) activation du facteur X;
- 2) conversion de la prothrombine en thrombine via le facteur V;
- 3) conversion de la prothrombine en thrombine sans intervention du facteur V;
- 4) activité thrombine like (conversion du fibrinogène en fibrine) (voir schéma S18).



SCHEMA S18. - Schéma de la coagulation.

Les activités anticoagulantes sont dues soit à une inhibition directe des protéines de la coagulation, soit à une action fibrinolytique ou fibrinogénolytique, mais le plus souvent une coagulation intra vasculaire disséminée est incriminée.

En fait le syndrome hémorragique résulte le plus souvent d'une coagulation intra vasculaire disséminée (CIVD).

Les enzymes du venin convertissant directement le fibrinogène en fibrine sans activer le facteur XIII entraîne la formation d'un caillot qui va être rapidement lysé. Il y aura hypofibrinogénémie mais le saignement sera faible car les plaquettes interviennent pour prévenir l'hémorragie.

Tandis que lorsque les facteurs thrombine like du venin agissent, il y a formations de thrombine, les tissus envenimés libèrent des facteurs thromboplastiques qui initient le caillot et le lysent (8) : on constate du point de vue biologique :

- une chute de fibrinogène
- une augmentation des produits de dégradation de la fibrine : PDF
- une perturbation du TP et du temps de Quick
- une baisse des facteurs prothrombiniques (II, V, VIII, XIII)

c'est le syndrome de CIVD (coagulation intra vasculaire disséminée) qui entraîne un saignement abondant allant jusqu'au choc et au décès si le malade n'est pas pris en charge.

B5) LES TROUBLES NEUROLOGIQUES

Ils sont rares chez la plupart des crotales sauf pour *crotalus mojave* et *crotalus durissus terrificus*.

Leur morsure se caractérise par une absence de signes locaux tels qu'œdème, douleur au site de morsure et par une prédominance des signes généraux. Leurs toxines présynaptiques entraînent paresthésie, mydriase, engourdissement, paralysie des muscles respiratoires entraînant la mort.

B6) LES TROUBLES RÉNAUX

Le crotale entraînent un *syndrome d'insuffisance rénale aigue* (59).

Plusieurs mécanismes sont impliqués :

1) La coagulation intra vasculaire disséminée, l'état de choc du à l'hypovolémie entraînent une néphrite tubulaire chez les crotales nord mexicains.

2) Une néphrotoxine encore indéterminée agirait sur l'anse de Henlé et sur le tube contourné distal, chez *crotalus durissus terrificus*.

Conclusion

L'envenimation par les serpents à sonnette entraîne des modifications à la fois locales et systémiques.

Les modifications locales, incluent hémorragie, myonécrose et œdème, ces modifications peuvent être minimes lors d'un faible empoisonnement, il y a alors peu ou pas d'altération des tissus. Mais en cas de grave empoisonnement, le résultat peut être une complète destruction des tissus avec une perte de fonction et/ou une amputation du membre atteint.

Les modifications systémiques touchent le système respiratoire, urinaire, nerveux, cardiovasculaire (avec hypotension et choc) ainsi que l'hémostase. L'envenimation peut être fatale, soit par arrêt respiratoire sous l'action des neurotoxines, soit par choc hypovolémique sous l'action des toxines hémorragiques, soit par la combinaison des différentes toxines sur l'organisme.

XII.

Le traitement

A. Introduction et historique (26)

Les traitements apparaissent et disparaissent, ils proviennent de sources diverses, de médecins indiens, précolombiens, des importations européennes qui remontent à la Grèce antique et à Rome, des alchimistes du moyen-âge et des biologistes et médecins de l'époque coloniale et de l'époque actuelle, et bien qu'ils aient été écartés par des médecins réputés, ou que des expériences aient prouvé leur inefficacité, ils persistent encore en tant que remèdes populaires dans les régions les plus reculées (26).

Voici les remèdes les plus populaires :

Le garrot ou la ligature

L'utilisation d'un garrot pour empêcher la diffusion du venin est un vieux procédé et fut recommandé par *Celcus* au temps de la Rome antique. Les tribus indiennes utilisaient déjà la ligature lors de l'arrivée des colons. C'était souvent un supplément à la succion.

L'incision et la succion

Cette méthode est très ancienne et fait partie des rites des médecins et des sorciers, elle a été inventée à des époques différentes et en des lieux différents.

– Les incisions étaient relativement profondes, selon des croyances populaires, il fallait élargir la morsure avec des crochets de lézard parce qu'ils contenaient un contre-poison.

– La succion, par les sangsues, les seringues, a existé et existe encore; la succion par la bouche a fait l'objet de nombreuses croyances : ex. les noirs du Mississippi pensaient qu'une personne qui avait les gencives rouges pouvait retirer le venin mais si un noir avec les gencives bleues essayait de le faire un malheur s'ensuivrait. Ceci est relié au risque de contamination de la morsure par les bactéries de la bouche.

Au Nébraska on prétend que si l'on suce une morsure de serpent à sonnette, les dents tombent.

La cautérisation

L'utilisation de la chaleur ou de produits chimiques pour cautériser une morsure de serpent est une méthode très ancienne qui a été utilisée pendant de longues années et qui persiste encore dans les régions les plus reculées.

En 1648 : les cow-boys utilisaient les fers à marquer, ou bien allumaient un peu de poudre placée juste au-dessus de la morsure.

Un homéopathe en 1853, préconisa l'utilisation de charbon chaud tenu loin de la peau.

Les produits chimiques comme le nitrate d'argent, l'acide nitrique ont aussi été utilisés.

La cautérisation est un remède draconien, douloureux et inefficace et pourtant il existe encore.

L'amputation

Remède colonial, il est de moins en moins utilisé.

- En 1866 : un homme coupa son gros orteil qui venait d'être mordu par un serpent à sonnette.
- En 1948 : un jeune homme du Mississippi fit la même chose pour l'index de la main droite.

Les soins dérivés du serpent

L'une des doctrines les plus tenaces de la médecine populaire est que la cause de la blessure peut aussi apporter les soins.

– Au Brésil en 1648 : on recommandait d'écraser la tête du serpent à sonnette et de l'appliquer sur la blessure.

– En Nouvelle-Angleterre en 1672 on conseillait d'avalier le cœur du serpent encore frais, et de piler le foie pour l'appliquer sur la blessure.

Voici quelques remèdes populaires qui existent encore aujourd'hui :

- Kentucki : liez le foie et les intestins du coupable à la morsure.
- Texas : laissez la victime arracher la tête du serpent.
- Nebraska : coupez le serpent en morceaux de huit centimètres les fondre et appliquez à la morsure.
- Nouveau-Mexique : tenez le serpent par la tête et la queue et mordez au centre, après quoi le poison dans la bouche de la personne tuera le serpent et soignera la morsure.

Le traitement au « poulet fendu »

Dans ce traitement, un poulet vivant est égorgé et la chair sanguinolente est immédiatement appliquée à la morsure pour servir de cataplasme. Selon la croyance populaire la chair du poulet devenait verte sous l'action du venin. Le patient était considéré guéri lorsque la chair du nième poulet perdait cette couleur.

L'opothérapie

Les dents de crocodiles étaient utilisées en 1772 en Californie et en 1784 au Paraguay.

Des écrevisses pulvérisées étaient utilisées près des chutes du Niagara à la fin du XVIIIe siècle.

La botanique

Les traitements à base de plantes diverses étaient les plus populaires, on les utilisaient soit par voie interne sous forme d'infusion ou de décoction, soit par voie externe sous forme de cataplasme.

Bien que la plupart de ces traitements étaient divulgués par les indiens, beaucoup sont d'origine européennes ou asiatiques. Nicander 150 ans avant Jésus-Christ avaient répertorié la plupart de ces plantes.

- L'oignon et l'ail

Ils ont été utilisés la première fois en 1753 en Louisiane. On appliquait un oignon frais sur la blessure et on pensait que lorsque l'oignon devenait vert, le venin était extrait.

- Tabac

La première utilisation du tabac pour le traitement des morsures de serpent remonte à 1615 on l'utilisait sous forme de cataplasme ou bien on faisait boire du jus de tabac à la victime.

- L'indigo

On l'utilisait sous forme de cataplasme avec du sel, de l'iode, du camphre, de l'oseille.

L'alcool

C'était le remède le plus utilisé, on le considérait comme antidote : « Il recherchait le venin dans le corps et le neutralisait ». Les doses utilisées étaient parfois impressionnantes : on raconte l'histoire selon laquelle un médecin aurait administré jusqu'à deux litres de whisky en douze heures chez son patient jusqu'ici celui-ci montra des signes d'ébriété !!!

Le whisky a été moins utilisé à partir de 1920 il est totalement déconseillé à l'heure actuelle, car il augmente la circulation sanguine et ainsi favorise l'absorption du venin. Pourtant c'est toujours le traitement le plus populaire aux Etats-Unis.

Les produits chimiques

L'iodure de potassium : on badigeonnait la victime avec l'iodure de potassium que l'on considérait comme antidote. Aujourd'hui on l'utilise pour ses propriétés antiseptiques.

- Le permanganate de potassium

De 1900 à 1930 il faisait partie des trousseaux d'urgence pour les morsures de serpents à sonnette. Il illustre parfaitement la différence entre la théorie et la pratique : *in vitro* le permanganate de potassium neutralise le venin, mais il est totalement inefficace *in vivo*.

- Le chlorure de sodium

Son utilisation pour les morsures de serpent remonte à la Rome antique. Il fut introduit aux Etats-Unis en 1765 : au Kentucky (avec du porc frais), au Tennessee (avec du savon), en Louisiane (avec de l'ail).

- L'ammoniaque

En 1738 on pensait que le venin était un acide qui pouvait donc être neutralisé par l'ammoniaque. Mais bien vite on démontra son inefficacité.

Conclusion : Ces remèdes ne sont que quelques exemples, ils ont été utilisés, puis abandonnés, ils font partie des croyances populaires, pourtant certains existent toujours dans les zones isolées.

B. Le traitement actuel

On dénombre 45 000 morsures de serpents par an aux Etats-Unis, 7 000 à 8 000 sont venimeuses, et bien qu'il n'y ait que 12 à 15 morts par an, le nombre d'amputations ou de perte fonctionnelle d'un membre est plus important (46).

De 1950 à 1960 le taux de mortalité était le plus élevé en Arizona, Géorgie, Floride, Alabama et Texas, plus de la moitié des envenimations se produisaient chez des jeunes de moins de 20 ans et 20% des morts étaient des enfants de moins de cinq ans (36, 48).

Avant l'utilisation de l'antivenin, le taux de morbidité (amputation, paralysie) était de 75% et le taux de mortalité était compris entre 10 et 35% (36).

Le traitement d'une morsure de crotale est un traitement d'urgence, il comprend d'une part :

- Les mesures de premiers secours sur le terrain et d'autre part
- les moyens proprement médicaux mis en œuvre dans une formation sanitaire bien équipée.

B1) LES MESURES DE PREMIER SECOURS (8)

Ces mesures, prises sur le terrain, le plus précocement possible après la morsure visent :

- à retarder l'absorption du venin,
- à extraire de la blessure la plus grande quantité de venin possible,
- à prévenir les complications secondaires telles les infections.

a) Rassurer le blessé

Tout sujet mordu par un serpent présente un état de stress; toute activité, tout mouvement brusque favorise la diffusion du venin : il faudra rassurer le blessé et son entourage, éviter tout mouvement, allonger le malade.

b) Nettoyage local de la plaie

- Examiner calmement l'endroit suspect.
- Vérifier s'il y a une ou plusieurs marques de crochet, ceci est important car très vite l'œdème ne permettra plus de distinguer le site de morsure.
- Nettoyer localement énergiquement avec une solution antiseptique.

c) Ralentir la circulation lymphatique par la « bande australienne » (62)

Il faut utiliser une bande de tissus relativement large, elle sera placée cinq à dix centimètres au-dessus de l'endroit de la morsure. On ne doit pas interrompre le courant artériel (il faut que les pouls distaux soient palpables).

La bande doit être relâchée quatre-vingt-dix secondes toutes les dix minutes, il ne faut pas la laisser plus de quatre heures.

Cette méthode dite « bande australienne » remplace le garrot traditionnel qui trop serré était dangereux car l'arrêt de la circulation sanguine pouvait entraîner une gangrène, de plus lors de son retrait, une grande quantité de venin se répandait en une seule fois et pouvait entraîner un choc anaphylactique.

La pose du garrot est de plus en plus controversée, on lui préfère cette nouvelle méthode. De plus il faut veiller à ôter bague, bracelet, montre qui pourraient devenir des garrots avec l'œdème.

d) L'incision et la succion (56)

Elles étaient toujours associées à la pose du garrot. L'incision doit se faire avec un matériel propre, et doit rester très superficielle, la succion peut être pratiquée quinze minutes après la morsure et ceci pendant trente à quarante cinq minutes, l'incision et la succion ne doivent être entreprises que s'il y a des signes d'envenimations systémiques, et s'il y a plus d'une heure de trajet jusqu'à l'hôpital, de plus elles nécessitent la présence d'une personne compétente.

e) Transporter le blessé à l'hôpital

En fait en l'absence de médecin, le plus simple est de transporter le blessé à l'hôpital, éviter tout mouvement, rassurer le blessé, éviter qu'il ne déglutisse ses vomissements en le plaçant en décubitus latéral (Si c'est possible lutter contre la douleur par des salicylés et non pas des morphiniques car ils entraînent une dépression respiratoire).

Remarque : Toutes mesures visant à refroidir le membre mordu sont interdites, en raison des amputations auxquelles elles conduisent souvent. En effet l'association refroidissement compression (par l'œdème) ne peut que favoriser l'ischémie et par là les nécroses (18a).

f) La capture du serpent

L'identification du serpent est utile pour le traitement, s'assurer que c'est un serpent à sonnette. Faire identifier l'espèce. Mais qui trouvera le courage pour le faire ? N'est-ce pas une perte de temps inutile ?

B2) LE TRAITEMENT HOSPITALIER

- A l'arrivée du blessé à l'hôpital il faut d'une part
- estimer la sévérité de la morsure et d'autre part
 - établir un plan de traitement.

a) Estimer la sévérité de la morsure

On utilise l'échelle de Parrish et Hayes, McCollough et Watt et Gennaro qui classent les morsures de crotales en cinq grades (13, 37, 61).

- Grade 0 : trace des crochets sans signes locaux ou systémiques.
- Grade 1 : Envenimation minime. Trace des crochets avec œdème léger, douleur modérée. Pas de signes systémiques.
- Grade 2 : Envenimation modérée. Œdème important, douleur sévère, petechies, ecchymoses. Manifestation systémiques minimales : nausées, vomissements, mais pas de signes cardiovasculaires.
- Grade 3 : Envenimation sévère. Signes locaux de grade 2 avec signes et symptômes systémiques immédiats.
- Grade 4 : Envenimation très sévère. Douleur soudaine et œdème très rapidement progressif pouvant inclure le tronc, ecchymoses, nécroses locales, symptômes généraux (choc, CIUD (coagulation intra vasculaire disséminée), saignement, atteinte rénale, etc...).

b) Etablir un plan de traitement

- Au grade 0 ou au grade 1 : peu ou pas de venin a été injecté. Une prophylaxie du tétanos, une antibiothérapie à large spectre et une observation de l'extension de l'œdème, de l'apparition de signes systémiques pendant 24 heures seront suffisants.
 - A partir du grade 2
- Différents examens cliniques et biologiques sont nécessaires (2).
- Prise de la pression artérielle, du pouls, de la température de façon périodique.
 - Evaluer l'extension de l'œdème.
 - Le membre touché est-il toujours bien irrigué.
 - Hemogramme, comptage des plaquettes toutes les heures jusqu'à ce que les manifestations de la morsure subsistent (l'anémie et la thrombocytopénie indiquent une réaction systémique).
 - Le taux de prothrombine et de fibrinogène sont utiles pour estimer la gravité de la coagulopathie, et l'efficacité du traitement.
 - L'atteinte rénale est estimée en fonction du volume urinaire (vérifier s'il y a oligurie ou même anurie), de la présence d'hémoglobine dans les urines.

Tous ces examens sont nécessaires pendant toute la durée du traitement. Ils servent à ajuster les doses à vérifier l'efficacité du traitement.

c) Le traitement symptomatique

c1) La douleur

Elle est supprimée par la morphine, sauf en cas de morsure de *crotalus mojave* et *crotalus durissus terrificus* car ils sont neurotoxiques, la morphine accélérerait la dépression respiratoire.

c2) L'hypovolemie

Elle est rapidement importante, une perfusion de *Ringer Lactate* par voie intraveineuse permet d'y remédier, on vérifiera la tension, le pouls, la perfusion du membre.

c3) Le saignement

Des transfusions de sang frais sont nécessaires et indispensables on ajustera en fonction de l'hémogramme et du taux de plaquette.

c4) L'atteinte rénale

Elle est due au syndrome de saignement.

L'hypovolemie, le choc, la coagulation intra vasculaire disséminée peuvent contribuer au développement de la nécrose tubulaire ou de la nécrose corticale. Une oligourie, une anurie qui ne répondent pas au furosémide par voie intraveineuse sont des preuves d'atteinte rénale (Si l'atteinte rénale est là, il faut monitorer les électrolytes). L'hyperkaliémie, l'urémie, l'acidose indiquent la nécessité d'une dialyse.

c5) L'atteinte respiratoire

Les venins neurotoxiques en sont responsables, elle nécessite une assistance ventilatoire avec trachéotomie ou intubation trachéale. L'efficacité de la ventilation sera déterminé par la PO_2 , la PCO_2 et le pH sanguin.

c6) La CIVD (coagulation intra vasculaire disséminée)

• L'héparine

Elle bloque la formation de thrombine donc prévient la formation de caillot et la future consommation des facteurs de coagulation, elle prévient ainsi les dépôts de fibrine dans les petits vaisseaux rénaux.

L'utilisation de l'héparine est efficace si elle a lieu avant que la coagulopathie soit fulminante. Elle sera administrée jusqu'à ce que le thrombocytopenie s'améliore.

• Le sang frais

Quand tous les facteurs de la coagulation ont été consommés, il y a hémorragie, le seul moyen de remédier à cela est la transfusion de sang frais.

d) Le traitement spécifique

d1) La sérothérapie

Tous les auteurs s'accordent actuellement pour dire que la sérothérapie antivenimeuse doit être réservée au cas d'envenimation avec signes systémiques avérés. La raison en est que les réactions allergiques sont très fréquentes et qu'il serait fâcheux d'entraîner la mort d'un sujet par choc anaphylactique alors qu'il ne présentait que des signes locaux d'envenimation.

Pour ces mêmes raisons, on voit que la sérothérapie est affaire de spécialiste et ne peut être menée sans connaissance préalable des suites allergiques possibles et sans la possession de moyens thérapeutiques adaptés.

Pour les crotales on n'envisage la sérothérapie qu'à partir du grade 2 de l'échelle établie pour Parrish et Hayes, McCollough et Gennaro).

a11) Les différents antivenins (voir tableau n° 16)

L'antivenin crotalidae polyvalent (north and south american anti snakebite serum) préparé par les laboratoires Wyeth en Pennsylvanie est le plus utilisé.

TABLEAU 16 (8)

Dénomination des sérums	Protection contre	Préparés par
Antivenin crotalidae polyvalent (North and south american anti snakebite serum)	crotalus and bothrops sp.	Wyeth laboratories, Inc. 1401 Walnut Street Philadelphia 2, Pemsylvania USA
Polyvalent serum	bitis arietans, B. gabonicas echis carinatus, Bothrops atrox, Bothrops javanica <i>crotalus terrificus, crotalus adamanteus. Vipera Russellii</i> Naja flava. Naja Haje. Naja nigricellis. Sepedon Haenachates	behrinjwerke serum vertrieb Narturg-Lahn (Allemagne)
Crotalus antivenin	<i>Crotalus durissus terrificus</i>	Instituto Pinheiros Ruateodoro Sampaio 1960 Sao Paulo (Brésil)
Ophidic antivenin	Polyvalent : <i>c. terrificus</i> et bothrops sp.	
Los sueros contra serpeientos crotalus y bothrops	<i>Crotalus cerastes</i> <i>crotalus terrificus</i> <i>bothrop atrox</i>	Laboratories "MYN" SA, Av. Coycacas 1707 Mexico 12, D.F. Mexique
Serum anti crotalico n° 1	<i>Crotalus durissus c. terrificus</i>	Instituto Butartas Caixa Postal 65 Sao Paulo Brésil
Polyvalent serum n° 3	<i>Crotalus durissus, c. terrificus</i> <i>bothrops atrox, B. alternova,</i> <i>B. javaraca, B. javaracussu</i> <i>B. neuwiedii, B othicera</i>	
Polyvalent serum n° 3A	<i>Crotalus durissus,</i> <i>c. terrificus, bothrops atrox</i>	

a12) Les précautions à prendre

a) *Interroger la victime* ou son entourage sur d'éventuels antécédents allergiques, dans la négative pratiquer un test cutané ou conjonctival de sensibilité.

b) *Le test cutané* : il se pratique par l'injection intradermique dans l'avant-bras de 0,02 cc de sérum antivenimeux dilué au 1/10. La même quantité de sérum physiologique (0,9 %) est injectée dans l'avant-bras opposé pour comparaison.

La réaction est positive s'il survient en 5 à 10 minutes une papule rouge entourée d'un large érythème. On a vu des tests cutanés déclencher des chocs anaphylactiques.

c) *Le test conjonctival* : il consiste à déposer sur une conjonctive une goutte de sérum de cheval diluée au 1/100 et une goutte de sérum physiologique sur l'autre conjonctive, la réaction est positive si le sujet ressent une démangeaison des yeux et des paupières, on constate occasionnellement un gonflement des paupières.

a13) L'administration du sérum antivenimeux (64)

a) Si les tests sont négatifs

On administrera la sérothérapie par voie intraveineuse (26).

Les laboratoires Wyeth conseillent de diluer une dose de 10 cc de l'antivenin dans 500 cc de sérum choisi. Cette solution au 1/50 est perfusée à petite vitesse. Si au bout de 5 minutes, il n'y a pas de manifestations allergiques systémiques, le reste de la dose est perfusé très rapidement.

Une seringue avec 1cc d'adrénaline à 1 pour 1000 et l'équipement de réanimation doivent être présents pendant la sérothérapie.

b) Si les tests sont positifs

Et que la victime présente un degré 2, 3 ou 4 d'envenimation, il faudra procéder de façon suivante :

- diluer l'antivenin au 1/100 avec du sérum physiologique,
- injecter 0,1 cc de cette solution par voie intra dermique, au bout de 20 minutes si aucune réaction ne se manifeste on passe 0,2 puis 0,5 puis 1cc (toujours à 20 minutes d'intervalle),
- puis on répétera ce procédé en diluant l'antivenin au 1/10 puis avec l'antivenin pure.

Si aucune réaction sévère ne survient pendant cette désensibilisation, on passera à l'administration lente de sérum dilué au 1/50.

Toute réaction anaphylactique imposera l'administration d'adrénaline et l'arrêt de la perfusion.

En dehors des réactions anaphylactiques, les sérums antivenimeux peuvent entraîner la *maladie sérique*, au maximum cinq jours après la sérothérapie. Il peut apparaître un rash cutané avec fièvre, douleurs articulaires et adénopathies. Les corticoïdes sont ici particulièrement efficaces.

a14) L'efficacité de la sérothérapie

Elle est réelle si l'antivenin est administré durant les quatre heures qui suivent la morsure, elle l'est moins après huit heures et douteuse après douze heures, de plus il faut savoir que le taux maximum d'antivenin dans le sang est obtenu seulement après huit heures si l'injection est intramusculaire.

En ce qui concerne la posologie, elle varie selon la quantité de venin injecté, donc selon l'espèce du serpent, les doses initiales varient selon le degré de l'envenimation :

- si elle est minime : la posologie est de 20 à 40 ml, soit 2 à 4 flacons,
- si elle est modérée : la posologie est de 50 à 90 ml, soit 5 à 9 flacons,
- si elle est grave : la posologie est de 100 à 150 ml, soit 10 à 15 flacons.

Mais on peut injecter à nouveau l'antivenin, si les signes cliniques (locaux ou systémiques) et les signes biologiques ne s'améliorent pas (de 10 à 50 ml peuvent être injectés alors).

La dose finale excède rarement 200 ml (20 flacons).

De plus l'envenimation due à de grands serpents chez les enfants demande des doses plus importantes d'antivenin. La quantité administrée chez l'enfant n'est pas basée sur le poids.

d2) *Le traitement chirurgical*

- En 1966, Thomas Glass commença à traiter les morsures de serpent chirurgicalement, il préconisa l'excision précoce des tissus endommagés et la fasciotomie, il a présenté une série de sujets guéris sans avoir recours à la sérothérapie (26).

- Russell en 1975 affirma que la fasciotomie était rarement indiquée (26).

- Merang en 1974 rapporta 54 morsures de crotales traitées par excision pour ôter le venin, bien qu'il n'y ait pas eu de morts, les complications locales étaient significatives (2).

– Si des débridements ou des greffes de peau sont nécessaires, ils seront effectués seulement lorsque les symptômes de l'envenimation auront disparus.

Conclusion : il y a plusieurs effets pathologiques du venin de serpents à sonnette, il y a une destruction des tissus, une altération de la coagulation, une atteinte de la transmission nerveuse, une atteinte du rein, du cerveau, parfois des peritonites, des ulcères perforés. Il est impossible de traiter chaque patient de la même façon il faut une surveillance étroite de l'état du patient, il faut détecter toutes complications.

XIII.

Fait clinique

– Nicole Viloteau est herpétologue, le 23 mai 1971 elle transporte des reptiles provenant des Etats-Unis pour ouvrir à Rouen un centre de reptiles et d'amphibiens (60).

Alors qu'elle croyait avoir à faire à un serpent inoffensif comme il était mentionné sur le sac. « *Une tête jaillit et la frappe au visage comme un coup de poing, rapide comme l'éclair un serpent à sonnette retombe sur ses genoux, elle l'identifiera c'est un crotalus viridis viridis.* »

Comme elle l'écrit dans son livre, elle pratique elle-même une excision avec un couteau de chasse « *Je hurle, ma lèvre me brûle, je vais mourir, nous n'avons pas de sérum, j'ouvre la boîte à gants, y prends un couteau de chasse, avec la pointe affûtée, je fends ma lèvre.* »

Transportée par ses camarades à l'hôpital de Dijon : voici les symptômes qu'elle décrit durant le trajet : « *Je vomis, ma lèvre gonfle, durcit rapidement, il y a du sang partout, mes yeux grands ouverts sont couverts d'un écran blanc, mon visage me brûle, mon corps est parcouru de frissons, je transpire, de ma bouche le sang coule abondamment.* »

Arrivée à l'hôpital une demi-heure après la morsure, l'œdème s'étendra jusqu'aux paupières, l'hémorragie bucco pharyngée et cutanée continuera malgré les transfusions de sang et de fibrinogène.

Le docteur Franc réussira à se procurer l'antivenin des laboratoires américains Wyeth. Deux heures quarante après la morsure, le sérum sera injecté par voie intra musculaire, l'œdème continue à se développer (son visage a triplé de volume en 10 heures. Il semble que le sérum ait été injecté trop tard. Il faut vite trachéotomiser, elle a du mal à respirer.

C'est alors que le docteur Franc entreprendra un traitement à l'heparinate de calcium récemment inventé par le docteur Raby.

L'héparinothérapie est mise en œuvre 22 heures après la morsure. Les résultats biologiques :

- La chute du fibrinogène (1,60 g) (42).
- La chute du complexe prothrombinique (24 %)
- La thrombopénie observée après 24 heures d'évolution permettent de poser le diagnostique de coagulation intra vasculaire disséminée.

Les hémorragies continuent, le docteur Raby ordonne d'augmenter les doses d'héparine, ce que fera le docteur Franc sceptiquement. Les hémorragies seront belles et bien enrayées, la remontée du chiffre des plaquettes, du taux de fibrinogène, la normalisation du complexe prothrombinique le confirmeront « *la médecine vient de gagner une nouvelle bataille* ».

Après deux mois d'hospitalisation, Nicole Viloteau pourra retourner à ses animaux favoris, tandis que le crotale sera resté enfermé 10 jours dans la voiture, puis tiré au fusil par les pompiers.

XIV.

Les conseils

A. Eviter les morsures (26)

Voici quelques suggestions concernant les personnes susceptibles d'aller aux Etats-Unis.

A1) Regardez ou vous mettez les mains et les pieds

1) Ne soulevez pas une pierre, planche, bûche ou tout autre objet sous lequel un serpent à sonnette pourrait être caché. Déplacez d'abord l'objet avec un bâton, ou avec votre pied s'il est bien protégé avec de grosses bottes.

2) Ne ramassez pas de feu de bois dans l'obscurité, ne marchez pas dans l'obscurité autour de votre camp, car les crotales sont nocturnes la plupart de l'année, si vous devez vous déplacer, utilisez une lampe torche et n'enlevez pas les bottes.

3) Soyez vigilant lorsque vous marchez dans l'herbe, les buissons, les rochers.

A2) Sachez que les crotales sont toujours cachés à l'ombre quand il fait chaud

– qu'ils sortent à température modérée

– qu'ils grimpent aux arbres

– qu'ils nagent

– qu'ils peuvent être vus à haute altitude jusqu'à 3 500 mètres dans le sud-ouest des Etats-Unis et jusqu'à 4 800 mètres au Mexique.

A3) N'étendez pas votre sac de couchage près de buissons ou de rochers, ne laissez pas vos vêtements et vos chaussures traîner, les serpents à sonnette peuvent s'y engouffrer. Secouez toujours votre sac de couchage avant de vous coucher et établissez votre camp dans une clairière.

A4) Ne manipulez pas un serpent à sonnette blessé ou mort, ne touchez pas la tête d'un crotale décapité. On sait que la tête peut mordre jusqu'à une demi-heure après qu'elle ait été séparée du corps du serpent.

A5) Les serpents à sonnette attaquent lorsqu'ils sont surpris, lorsqu'ils ont peur et qu'il ne peuvent plus se cacher. Lors de vos promenades faites du bruit afin de ne pas surprendre le crotale. Avec un bâton frayez-vous un chemin dans l'herbe ou dans les buissons. Les crotales ne mordent que les objets qui bougent « si vous en avez le courage restez immobile », ou bien assurez-vous qu'il n'y a rien derrière vous « un serpent peut en cacher un autre ».

B. Les mesures de premier secours

1. Repos et immbilisation

- a) réconforter le blessé
- b) immobiliser la zone mordue

2. Traitement en cas d'antécédents allergiques

Pour éviter tout choc anaphylactique il convient de s'assurer que le blessé n'ait pas d'antécédents allergiques (37), si c'est le cas, il devrait avoir sous la main adrénaline, cortisone et antihistaminique.

a) *l'adrénaline* devra être injectée par voie sous cutanée 0,25 à 0,5 ml d'une solution à 1/1000 ANAKIT^R par exemple.

b) *La cortisone* fait également partie du traitement. On injectera un corticoïde d'action rapide par voie IV (8 à 16 mg de soludecadion^R par exemple).

c) Un antihistaminique par voie intra musculaire.

d) S'il y a des antécédents d'œdème laryngé une bronchodilatateur tel que « Ventoline^R », « Dyspné inhal^R » sera nécessaire.

3. Conclusion (26)

Une morsure de serpent quelle qu'elle soit est toujours traumatisante et affolante. Les gestes de premier secours doivent être précis et efficaces. Eviter les garrots, préférer la méthode « bande australienne », ne pratiquer incision et succion que si vous en avez l'habitude, éviter toute perte de temps.

Ne rien donner à boire, en cas de vomissement placer le blessé en décubitus latéral. Vérifier ses antécédents allergiques et vérifier pouls, respiration jusqu'à l'arrivée à l'hôpital.

XV.

Contrôle et utilisation des crotales

Introduction

Les serpents à sonnette ont une valeur économique en raison de la destruction des petits mammifères tels que les lapins, les écureuils, les spermophiles qui provoqueraient de plus grands dégâts dans les champs agricoles et les régions de pâturages où ils répandraient des maladies. Cependant les crotales sont une menace à la fois pour l'homme et son bétail en raison du danger de leurs morsures. Et s'il était possible de remplacer chaque serpent à sonnette par un serpent également utile, mais inoffensif, l'équilibre de la nature serait préservé et en plus il n'y aurait plus de risques de morsure.

Bien sûr la question d'élimination des crotales près des villes et des cités ne se pose pas. Des méthodes diverses de lutte ou d'élimination des serpents sont été proposées, tels que les primes, les poisons, les pièges, la destruction des provisions de nourriture, des refuges, l'importation de prédateurs.

A. Les méthodes de lutte (26)

A1) LES CAMPAGNES DE DESTRUCTION DES TANIÈRES

C'est l'une des méthodes les plus efficaces, les serpents à sonnette peuvent être attrapés vivants, assommés ou tués en grand nombre, cette méthode n'est possible que dans les régions les plus froides des Etats-Unis, où les crotales sont grégaires.

Cette méthode de lutte saisonnière n'est en aucun cas récente. Elle est populaire et efficace depuis l'époque coloniale.

A2) LES PIÈGES

Méthode beaucoup moins efficace, les crotales se déplaçant peu et se nourrissant à intervalle irrégulier. La méthode la plus simple consiste à bloquer toutes les sorties des tanières exceptée une et d'acheminer celle-ci vers un récipient tel qu'un bidon.

A3) LES CLOTURES

Elles peuvent être utiles pour protéger la cour de jeux d'enfants par exemple, à condition d'être rigoureuses. Les mailles du grillage ne doivent pas permettre aux crotales de passer, la surface de la clôture doit être lisse, aucune prise ne doit permettre aux serpents à sonnette de grimper, etc... l'entretien des clôtures est indispensable.

A4) LES GAZ ET LES POISONS

L'introduction de gaz ou de poison dans les tanières n'est pas si efficace. Le métabolisme lent des crotales leur permet de résister pendant longtemps.

A5) L'UTILISATION DE PRÉDATEURS

L'incitation à l'utilisation ou à l'importation des ennemis des serpents à sonnette a été suggérée en tant que moyen de contrôle.

- Parmi les mammifères sauvages, les cerfs et les blaireaux seraient certainement très efficaces.
- Les animaux domestiques à sabots sont eux aussi considérés comme des tueurs occasionnels des serpents à sonnette : ex. on trouve rarement des crotales parmi les troupeaux de moutons ou de chèvres, ceci peut être dû à la destruction réelle qui est faite par ces animaux, ils tuent en particulier les jeunes crotales. Ou bien il s'agit pour les moutons de réduire la quantité de nourriture disponible aux rongeurs, ainsi ils affament en retour les serpents.
- Les cochons ont la réputation d'être des tueurs de serpents, les crotales en particulier, bien que cela soit exagéré, il est vrai qu'ils peuvent être comptés parmi ceux qui éliminent les serpents à sonnette à l'intérieur d'une zone limitée.
- Parmi les oiseaux : l'aigle et le faucon sembleraient être les plus efficaces.
- Enfin parmi les serpents : le serpent royal servirait en tant qu'ennemi et en tant que prédateur compétitif.

Conclusion : il est rare qu'un animal se nourrisse exclusivement de serpents à sonnette aussi le contrôle sera plus efficace en important des animaux qui se nourrissent des mêmes proies que les serpents à sonnette, plutôt que leurs prédateurs directs.

A6) ELIMINATION DE NOURRITURE ET D'ABRI

L'une des méthodes les plus efficaces pour éliminer les crotales dans des zones spécifiques telles qu'autour de chez soi est d'éliminer leurs provisions nutritives et leurs abris. L'élimination des rats, des souris, des écureuils, et d'autres rongeurs devrait décourager les serpents à sonnette. De la même manière l'élimination des buissons, rochers et d'autres cachettes a tendance à les éloigner.

A7) LES PRIMES

Quelques états utilisent ce système pour inciter les gens à chasser les serpents à sonnette mais de nombreux abus ont été observés tels que l'élevage des crotales, l'importation des crotales provenant d'autres états, la chasse aux serpents inoffensifs.

A8) LES MORTS CAUSÉES PAR LA CIRCULATION ROUTIERE

Le nombre de morts de serpents sur les axes routiers est d'environ 15.000 par an en Californie dont 1.200 serpents à sonnette. Un chiffre correspondant à l'ensemble des Etats-Unis serait bien au-dessus de 800.000 crotales par an.

B. Commercialisation des serpents à sonnette et de leurs dérivés

B1) LE MARCHÉ DU SERPENT VIVANT

Dans tout spectacle de serpents, les serpents à sonnette sont l'attraction principale. C'est ainsi que toutes les expositions scientifique ou non nécessitent la présence de crotales. Ils sont généralement fournis par des vendeurs dont la plupart sont au Texas, quelques uns en Floride, Arizona et en Californie.

Au début des années 30, les serpents à sonnette pouvaient être vendus à 25 cents la livre ou moins, même un gros serpent à sonnette de 1,50 mètre rapportait à peine un peu plus d'un dollar.

En 1955 les crotales de l'ouest étaient cotés entre 3 et 18 dollars.

On peut acheter un serpent à sonnette avec ou sans crochet, ce dernier vivant moins longtemps, la suppression des crochets rend le crotale inoffensif seulement pendant quelques semaines jusqu'à l'emplacement des nouveaux crochets.

B11) Les spectacles de serpents

La plupart des serpents à sonnette des cirques sont dépourvus de leurs crochets. Les crotales qui en ont encore sont référencés sous les termes « chauds », « verts » ou non « châtrés » l'homme qui se trouve dans le nid des serpents est un « geke », celui qui avale un serpent est un « glonner » (on dit que les glonniers sont des anciens souffleurs de verre, dont la gorge est si serrée qu'il est facile pour eux de retenir un petit serpent pendant le spectacle.

Remarque : les serpents à sonnette des circuits ambulants ont souvent une durée de vie courte.

Les publicités sur ces spectacles prennent la forme de panneaux sur les bords des routes avec des slogans tel « Arrêtez-vous chez Smith pour les serpents à sonnette ». Le long de la frontière sud du Texas à la Californie, ces panneaux font partie du paysage.

Pour attirer l'automobiliste errant il existe d'autres spectacles tels que

- les combats entre crotale et lézard
- les combats entre crotales (au cours desquels les serpents sont stimulés par des chocs électriques).

B12) Le venin

L'extraction du venin n'a pas d'autre but que la production du sérum antivenimeux, mais cela comporte de nombreuses difficultés; d'abord il est nécessaire de séparer les venins de plusieurs espèces ensuite bien que le retrait du venin des serpents est simple, sa purification est difficile et onéreuse.

Le venin n'est extrait que chez des crotales en liberté, car l'élevage est très difficile de plus la production de venin décline considérablement avec le nombre d'extractions.

B2) L'HUILE ET LES GRAISSES DU SERPENT À SONNETTE

L'utilisation de l'huile de crotales n'est ni nouvelle, ni limitée aux Amériques. Les indiens l'utilisait à l'époque précolombienne, et les colons qui utilisaient l'huile de vipères en Europe adoptèrent l'huile du serpent à sonnette comme le remède souverain pour divers maux.

Exemple : La claudication, les maux de tête, les entorses, les morsures de crotale, les blessures mais aussi l'eczéma, les orgelets, les douleurs dentaires, le goître, la surdité, l'arthrite, la goutte, le lumbago, etc...

Aujourd'hui, l'huile de serpent   sonnette est utilisée principalement pour soulager les rhumatismes et en tant que liniment pour les artistes de cirque et autres gens du spectacle.

B3) LA CHAIR DU SERPENT   SONNETTE EN TANT QUE NOURRITURE

Les indiens mangeaient du serpent   sonnette soit par nécessité lorsque la nourriture venait à manquer, soit en conformité avec une cérémonie tribale. De même, aujourd'hui les crotales peuvent sauver la vie de chasseurs ou trappeurs perdus dans la nature sans aucune nourriture. Mais ils ne représentent pas une source nutritive importante.

Certains ont comparé la viande aux cuisses de grenouilles, d'autres au thon, au poulet, tout dépend de la préparation.

George K. End a crée une entreprise de conserve à base de serpent   sonnette en 1931 en Floride. Le produit s'appelait « vrai serpent   sonnette à la sauce suprême ». En 1940, 15.000 conserves furent vendues à 1,25 dollar la boîte de 150 g, 25.000 serpents   sonnette furent mis en conserve. En 1946, on vendait toujours 15.000 boîtes par an.

B4) LES PRODUITS DE LA PEAU

Les peaux de serpents   sonnette comme celles de nombreux autres serpents, en raison de leurs belles couleurs et formes, ont depuis longtemps été utilisées pour des buts ornementaux divers. Seule leur relative fragilité et leur petite taille leur ont évité un usage plus répandu dans le domaine du cuir, car aucun serpent n'est aussi décoratif que le crotale du sud-ouest qui est tacheté (*crotalus molossus pyrrhus* ou *crotalus molossus molossus*).

Les produits en cuir obtenus à partir des peaux de crotales sont nombreux (ex. ceintures, portefeuilles, sacs à main, porte clés, porte cigarettes, mais aussi les étuis de révolver, les gants, les couvertures de livres, les étuis de cartes à jouer.

B5) LES SONNETTES

Les sonnettes de crotales toujours populaires en tant que trophée lorsqu'un serpent était tué, furent largement répandues pour les décorations personnelles, et l'ornementation des intérieurs à l'époque de la colonisation de l'ouest. Les rideaux de perles des plus belles maisons des années 1880 devinrent des rideaux faits avec les sonnettes, un décor bruyant dans la brise légère.

Conclusion

Par leur mâchoire très perfectionnée, leur venin très complexe et leur fossette loréale, les crotales sont très dangereux pour l'homme.

Pourtant, à partir des développements qui précèdent, nous pouvons retenir quelques renseignements utiles à la prévention.

- Très sensibles aux variations de température les crotales

- sont contraints à devenir nocturnes l'été, ne se rencontrent qu'au printemps et à l'automne
- ont peur des feux de camp.

- Possédant une faible acuité visuelle et auditive les crotales ne sont sensibles qu'aux vibrations du sol, avertissez-les de votre approche afin de ne pas les surprendre, de manière générale les crotales attaquent seulement pour se nourrir et se défendre.

- La composition des venins très complexe et très variée explique une symptomatologie compliquée, composée de manifestations locales comme douleur, œdème, nécrose pouvant aller jusqu'à l'amputation d'un membre et de manifestations systémiques touchant presque tous les organes aboutissant à la mort par arrêt respiratoire. La parfaite connaissance de la composition des venins et des méthodes d'extraction de leurs différents composants pourrait aboutir un jour à leur utilisation en thérapeutique.

En effet l'inhibiteur de l'enzyme de conversion appartient à la toute récente classe des antihypertenseurs.

- Les enzymes fibrinolytiques interviennent dans le traitement de l'infarctus du myocarde.

- Le traitement sera le plus souvent symptomatique, le sérum antivenimeux ne sera utilisé que lors de manifestations systémiques.

- Les conseils du pharmacien concernent la constitution de la trousse d'urgence, la prévention, les gestes à éviter en cas de morsure.

Bibliographie

1- ALLEN R. et MAIER E.

The extraction and processing of snake venom.

Copeia 4, 1941, 248-252.

2- ARNOLD R.E.

Treatment of rattlesnake bites

University of Louisville school of medicine press, 1979, 150-162.

3- BAJWA S.S. et MARKLAND F.S.

Fibrinolytic enzyme in western diamondback rattlesnake

Toxicon, 1980, 18, 285-290.

4- BJARNASON J.B. et TU A.T.

Isolation and characterization of five toxins and the role of zinc in hemorrhagic toxin e

Biochemistry, 1978, 17, 3395-3404.

5- BONILLA C.A., FIERO M.K. et FRANK L.P.

Isolation of a basic protein neurotoxin from crotalus adamanteus venom

In Toxins of animal and plant origin, edition Kochva, 1971, 403 p.

6- BREITHAUPT H.

Enzymatic characteristics of crotalus phospholipase A₂ and the crotoxin complex

Toxicon, 1976, 14, 221-233.

7- BURGERS P.M.J., ECKSTEIN F. et HUNNEMAN D.H.

Stereochemistry of hydrolysis by snake venom phosphodiesterase

J. biol. chem. 1979, 254, 7476-7478.

8- CALVEZ J.

Venin, serpent, intoxication

Thèse medecine, Paris Lariboisière, 1976, n° 706.

9- CAMERON D.L. et TU A.T.

Characterization of myotoxin a from the venom of crotalus viridis viridis

Biochemistry, 1977, 16, 2546-2553.

10- CAMERON D.L. et TU A.T.

Chemical and functional homology of myotoxin a and crotamine

Biochem. biophys., 1978, 532, 147-154.

11- CATE R.L.

Purification and characterization of mojave toxin and its subunits

Biochem. biophys., 1978, 189, 397-408.

12- COLLOUGH M.C. et GENNARO J.F.

Diagnosis, symptoms, treatment and sequelae of envenomation by crotalus adamanteus

Biochem. biophys., 1968, 53, 337-401.

13- CONANT R.

A field guide to reptiles and amphibians of eastern and central north America

Boston, Houghton, Mifflin, 1975, 45-46.

14- DIDISHEIM P. et LEWIS J.H.

Fibrinolytic and coagulant activities of certain snake venoms

Proc. soc. exp. biol. med., 1956, 93, 10-13.

15- DOUGLAS G.C. et BRODNING C.

Crotalidae envenomation

Southern medical journal, 1986, 79, 159-162.

16- FABIANO R.J. et TU A.T.

Purification and biochemical study of viriditoxin from crotalus viridis viridis venom

Biochemistry, 1981, 20, 21.

17- FERREIRA S.H.

Bradykinin - potentiating factor

In Hypotensive peptides, edition Sicateri, 1966, 380 p.

18- FITCH H.S.

Study of snake populations in central California

Amer. Midl. nature, 1947, 33, 103-123.

19- FLETCHER J.E. et ELLIOTT W.B.

Phospholipase A and B activities of Reptile and hymenoptera venoms

Toxicon, 1979, 17, 591.

19a- GARGIN S.R.

Rattlesnake bite

Clin. ortho, related, 1979, 140, 5057.

20- GILLINGHAM J.C.

Evidence for scavenging behavior in the western Diamondback rattlesnake

Zeitschrift für tierpsychologie, 1981, 55, 217-227.

21- GLENN J.L. et STRAIGHT R.C.

The rattlesnakes and their venom yield and lethal toxicity

In rattlesnake venoms; their actions and treatment ed Marcel Dekker, 1982, 368 p.

22- GONCALVES M.

Purification and properties of crotoamine

In Venoms, édition Porges, 1956, 304 p.

23- GULLAND J.M. et JACKSON E.M.

5' Nucleotidase

Biochemistry, 1938, 32, 597-601.

24- HENDON R.A. et FRAENKEL-CONRAT H.

Biological roles of the two components of crotoxin

Proc. natl. Acad. sci., 1971, 68, 1560-1563.

25- HENDON R.A. et TU A.T.

The role of crotoxin subunits in tropical rattlesnake neurotoxic action

Biochim, biophys. acta, 1979, 578, 243-252.

26- LAURENCE M.K.

Rattlesnakes, their habits, life histories and influence on mankind

University of California press, 1982, 136 p.

27- KRESS L.F., DAROZA D. et LASKOWSKI M.

Purification of an arginine ester hydrolase from crotalus adamanteus venom
Toxicon, 1978, 1, 141-146.

28- LOWNBY C.

Pathology of rattlesnake envenomation
Southern medical journal, 1986, 197-202.

29- MARKLAND F.S. et DAMUS P.S.

Purification and properties of a thrombinlike enzyme from the venom of crotalus adamanteus
J. biol. chem., 1971, 246, 6460-6473.

30- MEBS D.

A comparative study of enzyme activities in snake venoms
Int. J. biochem., 1970, 1, 335-342.

31- MENEZ A.

Les venins de serpents
La Recherche, 1987, 190, 888.

32- MINTA J.O.

Interaction of crotalus atrox venom with serum complement
Immunochemistry, 1977, 14, 513-519

33- MINTO S.

Venom diseases snakebite
In Text book of medecine Philadelphia, 1975, 88-92.

34- MOUNT R.

The reptiles and amphibians of Alabama
Edition Auburn, 1975, 120 p.

35- OWNBY C.L., CAMERON D. et TU A.T.

Isolation of myotoxin component from rattlesnake venom
Am. J. pathol., 1976, 85, 149-166.

36- PARRISH H.M.

Incidence of treated snakebite in the Unites States
Public Health report, 1966, 81, 269-276.

37- PARRISH H.M.

Hospital Management of pit viper envenomation

Clinical tox, 1970, 3, 501-504.

38- PEEL A.

Le choc anaphylactique

Le Moniteur, 1989, 185, 70-75.

39- PIRKLE H., MARKLAND F.S. et THEODOR I.

Thrombin-like enzyme amino acid sequence homology

Thrombos, Haemostas, 1979, 42, 441.

40- PIRKLE H., MARKLAND F.S. et THEODOR I.

The primary structure of crotalase, a thrombin-like enzyme, exhibits closer homology to kallikrein than to other serine proteases

Biochem., biophys., 1981, 99, 715-721.

41- PRADO-FRANCESCHI J. et BRAZIL O.V.

Convulxina, una nova neurotoxina da peconha de Crotalus durissus terrificus

Congr. latamer, Cienc. fisiolo, 1969, 9, 46-51.

42- RABY C., FRANC B. et MUGNERET P.

Coagulation de consommation aigue après morsure de crotalidae

La Nouvelle presse médicale, 1973, 24-49.

43- ROTHSCHILD A.M. et ROTHSCHILD Z.

Liberation of pharmacologically active substances by snake venoms

In Snake venoms edition Lee, 1979, 630 p.

44- RUSSELL F.E.

Zootoxicological properties of venom L-amino acid oxidase

Toxicon, 1963, 1, 229-234.

45- RUSSELL F.E.

Bradykininogen levels following crotalus envenomation

Toxicon, 1965, 2, 277-279.

56- SUTHERLAND S.K.

First aid for snakebite in Australia

Parkville Australian serum laboratories, 1982, 1, 53-58.

57- THOMAS R.G. et POUGH F.H.

The effect of rattlesnake venom on digestion of prey

Toxicon, 1979, 17, 221.

58- TU A.T., CHUA A. et JAMES G.P.

Proteolytic enzyme activities in a variety of snake venoms

Tox. Appl. pharmacol., 1966, 8, 218-223.

59- TU A.T. et TOON P.M.

The presence of L-leucyl- β naphthylamide hydrolyzing enzyme in snake venom

Experientia, 1967, 23, 439-443.

60- TU A.T.

Chemistry of rattlesnake venoms

Edition Marcel Dekker, 1982, 247 p.

61- VILOTEAU N.

La femme aux serpents

Edition Arthaud, 1985.

62- WATT P. et GENNARO J.F.

Pit viper bite in south Georgia

South medical journal, 1966, 77, 338.

63- WINNEBERG T.R. et ALLISON E.J.

Snake bite treatment in the 80s

Medical journal, 1985, 46, 572-573.

64- WINGERT W.A. et WAINCHEL J.

Diagnosis and management of envenomation by poisonous snakes

South medical journal, 1976, 68, 1015-1026.

AUTORISATION D'IMPRESSION

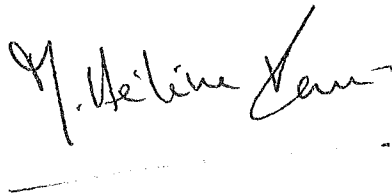
De la Thèse dont l'intitulé est : Les Crotales : prévention et Traitement

CANDIDAT : M^{elle} ROSCH JOSIAE

VU

GRENOBLE, le 29-10-91

Le Président du Jury



VU

GRENOBLE, le 22/11/91

Le Président de l'Université
Joseph FOURIER GRENOBLE I
Sciences. Technologie. Médecine



Nom Prénom : **MOSCA Josiane**

Titre de la Thèse : **Crotales : prévention et traitement**

Nature de la Thèse : **Diplôme d'état de docteur en pharmacie, Grenoble 1991**

RESUME

Par leur mâchoire très perfectionnée, leur venin très complexe et leur fossette loréale, les crotales sont très dangereux pour l'homme.

Pourtant, à partir des développements qui précèdent, nous pouvons retenir quelques renseignements utiles à la prévention.

- Très sensibles aux variations de température les crotales
 - sont contraints à devenir nocturnes l'été, ne se rencontrent qu'au printemps et à l'automne
 - ont peur des feux de camp.
- Possédant une faible acuité visuelle et auditive les crotales ne sont sensibles qu'aux vibrations du sol, avertissez-les de votre approche afin de ne pas les surprendre, de manière générale les crotales attaquent seulement pour se nourrir et se défendre.
- La composition des venins très complexe et très variée explique une symptomatologie compliquée, composée de manifestations locales comme douleur, œdème, nécrose pouvant aller jusqu'à l'amputation d'un membre et de manifestations systémiques touchant presque tous les organes aboutissant à la mort par arrêt respiratoire. La parfaite connaissance de la composition des venins et des méthodes d'extraction de leurs différents composants pourrait aboutir un jour à leur utilisation en thérapeutique.

En effet l'inhibiteur de l'enzyme de conversion appartient à la toute récente classe des antihypertenseurs.

- Les enzymes fibrinolytiques interviennent dans le traitement de l'infarctus du myocarde.

Le traitement sera le plus souvent symptomatique, le sérum antivenimeux ne sera utilisé que lors de manifestations systémiques.

- Les conseils du pharmacien concernent la constitution de la trousse d'urgence, la prévention, les gestes à éviter en cas de morsure.

Mots clés : Crotales, fossette loréale, envenimation, traitement, conseils

Jury :

Madame le professeur MM. PERA, *présidente*,
Monsieur A. BOUCHER, professeur honoraire,
Monsieur J.M. RICHARD, maître de conférences
Monsieur P. GALIPE, pharmacien

Date de soutenance : **Le 9 décembre 1991**