Module « Biologie et contrôle des vecteurs »
Mars 2008

TIQUES ET MALADIES TRANSMISES

Laurence Vial
UMR1309 INRA/CIRAD – Département BIOS
« Contrôle des maladies exotiques et émergentes »

Introduction

- Tiques connues depuis de nombreuses années.
- Importance en santé publique mise en exergue dans les années 1980: émergence de la maladie de Lyme.
- Changement de vision: pas seulement exotiques et pas seulement chez les animaux.
- 869 espèces de tiques identifiées actuellement. Spoliation sanguine; action toxique, irritante ou immunosuppressive de la salive; altération cutanée et abcès; transmission de pathogènes.

I. Place des tiques dans le règne animal

Règne	*Animal*	
Phylum	*Invertébrés*	*(exosquelette)*
Embranchement	*Arthropoda*	*(pattes articulées)*
Sous-enbranchement	*Chelicerata*	*(chélicères et non antennes)*
Classe	*Arachnida*	*(prosoma + opisthosoma)*
Sous-classe	*Acari*	*(globuleux: capitulum/idiosoma)* *(poumons absents)* *(6 p. appendices dont 4 p. pattes)*
Ordre	***Ixodida*** **= tiques**	(les plus grands des acariens) (rostre piqueur = hypostome) (organe de Haller)(cuticule extens.)

I. Systématique des tiques

* Tiques molles
* Tiques dures

Ordre — *Ixodida*

Sous-ordre — *Argasina* * ; *Nuttallielina* ; *Ixodina**

Famille — *Argasidae* ; *Nuttalliellidae* ; *Ixodidae* ; *Amblyommidae*

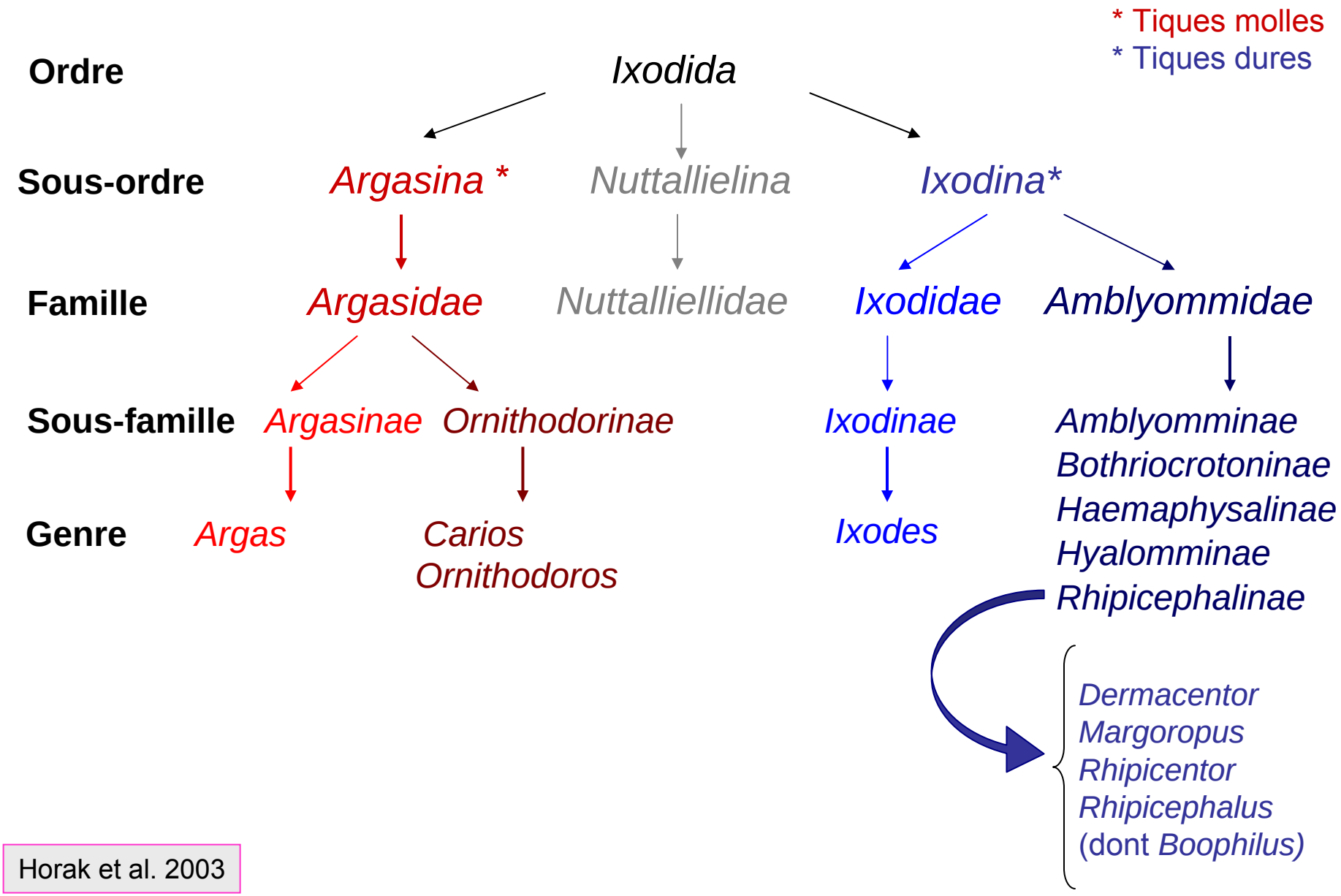
Sous-famille — *Argasinae* ; *Ornithodorinae* ; *Eschatocephalinae* ; *Ixodinae*

Genre

Argasinae	*Ornithodorinae*	*Eschatocephalinae*	*Ixodinae*	
Argas	*Alectorobius*	*Cératixodes*	*Ixodes*	*Amblyomma*
Persicargas	*Alveonasus*	*Eschatocephalus*		*Aponoma*
Carios	*Antricola*	*Lepidixodes*		*Boophilus*
Ogadenus	*Microargas*	*Pholéoixodes*		*Dermacentor*
	Nothoaspis	*Scaphixodes*		*Haemaphysalis*
	Ornithodoros			*Hyalomma*
	Otobius			*Rhipicentor*
	Parantricola			*Rhipicephalus*
				+ 5 autres

Camicas et al. 1998

I. Systématique des tiques



Horak et al. 2003

Nutalliella namaqua

Parotomys brantsi

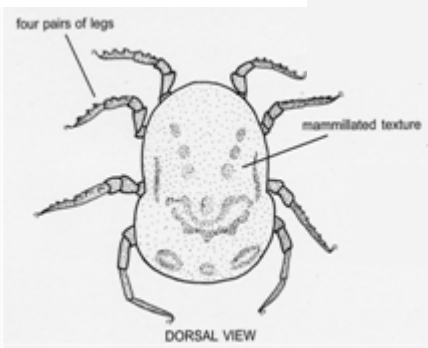
Suricate

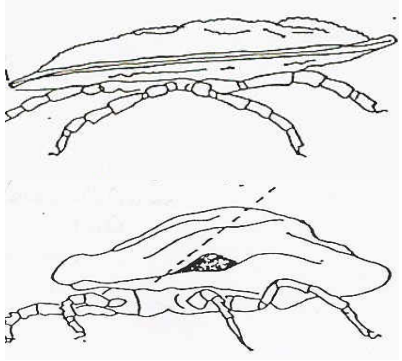
Thèse Morel

II. Systématique: Différences morphologiques

Argasina: tiques molles

Tégument souple non sclérifié





capitulum ventral chez les nymphes et les adultes; capitulum antérieur chez les larves.

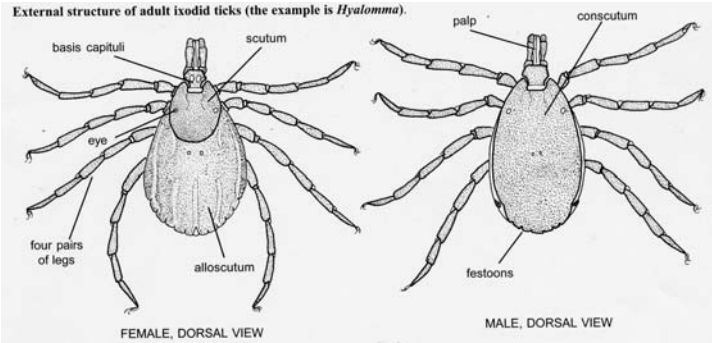
deux types morphologiques, celui de la larve, celui des nymphes et adultes

dimorphisme sexuel nul.

larves spécifiquement plus caractérisées que les adultes; nymphes moins caractéristiques

Ixodina: tiques dures

Tégument dur sclérifié ou en partie



capitulum terminal antérieur chez les larves, les nymphes et les adultes.

trois types morphologiques, celui de la larve, celui de la nymphe, celui de l'adulte.

dimorphisme sexuel total chez les Ixodidae, important mais partiel chez les Amblyommidae.

adultes spécifiquement plus caractérisés que les larves; nymphes moins caractéristiques

II. Systématique: Différences biologiques

Argasina	Ixodina
1 stade larvaire, 2-9 stades nymphaux, 1 stade adulte	1 stade larvaire, 1 stade nymphal, 1 stade adulte
1 repas larvaire, 1-2 repas par stade nymphal, 1-10 repas chez les adultes	1 seul repas par stade
pontes nombreuses, en fonction du nombre de repas de la femelle	1 seule ponte
nombre d'oeufs peu important à chaque ponte (20-300); total des oeufs plus ou moins élevé (50-1000)	ponte d'importance relative ou considérable (500-20.000)
métamorphose larvaire holométabole (pupaison)	métamorphose larvaire holométabole (pupaison)
métamorphoses nymphales hétérométaboles (mues)	métamorphose nymphale holométabole (pupaison)
cycle polyphasique	cycle tri-, di- ou monophasique
cycle monotrope	cycle monotrope, ditrope ou hémitrope

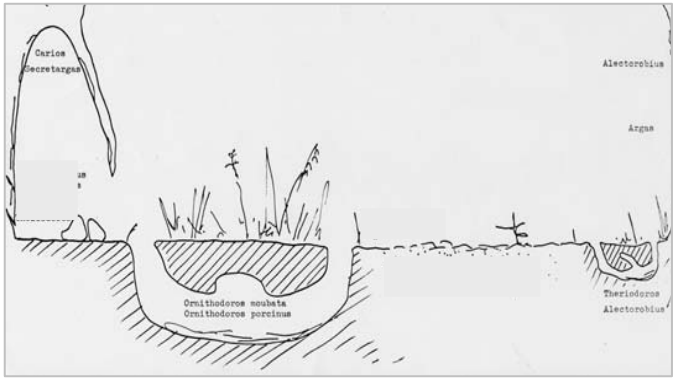
II. Systématique: Différences physiologiques

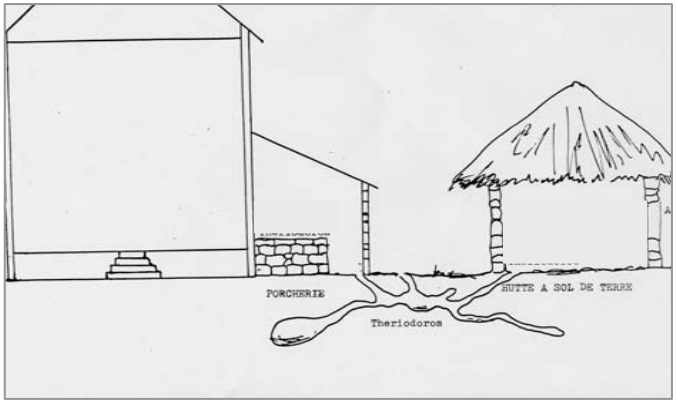
Argasina	Ixodina
réplétion considérable de la larve; gorgement normal des nymphes ou des adultes	réplétion considérable de la larve, de la nymphe et de la femelle; repas réduit chez les mâles (Amblyommidae) ou nul (Ixodidae)
repas de longue durée chez la larve (en jours), de courte durée chez les nymphes et les adultes (en minutes)	repas de longue durée chez les larves, les nymphes et les femelles (en jours).
croissance tégumentaire au cours du repas des larves; distension tégumentaire au cours du repas des nymphes et des adultes	croissance tégumentaire au cours du repas des larves, des nymphes et des femelles; distension tégumentaire au cours du repas des Amblyommidae mâles.
cire cuticulaire à température critique élevée, jusqu'à 75ºC	cire cuticulaire à température critique moins élevée, jusqu'à 45ºC
épicuticule recouverte d'une couche de cément	épicuticule dépourvue de cément.

II. Systématique: Différences écologiques

Argasina

quasi-totalité des espèces endophiles





Ixodina

espèces endophiles, endo-exophiles ou exophiles

Exophilie: principalement pour les gîtes d'affût ou de chasse.

Certaines espèces mixtes:
- Endophilie (larve + nymphes)
- Exophilie (adulte)

II. Systématique:

Critères de différentiation générique et spécifique

Ixodina

	Ixodidae	Amblyomma	Aponomma	Hyalomma	Dermacentor Anocentor	Boophilus Margaropus	Rhipicephalus	haemaphysatis
Plaques ventrales (males)	nombre impair	0	0	+	0	+	+	0
Yeux	0	+	0	+	+	+	+	0
Coxa 1	-	± bifide (bifide dans sbgen.Amblyomma, Néo, Néa)	-	bifide	bifide	-	bifide	-
Email	0	±	±	0	±	0	±	0
Sillon anal	préanal	distinct	distinct	distinct	distinct	± distinct (non si gorgée)	distinct	distinct
écaille triangulaire rétrograde dorsale sur Trochanter 1	0	0	0	0	±	0	±	+
Palpes	longs femelles courts males	longs	longs	longs	courts	courts	courts	courts parfois longs Ha. (Alloceraea)
basi capituli dorsalement	subtriangulaire subquadrangulaire	subtriangulaire	subtriangulaire	subtriangulaire subquadrangulaire hexagonale	rectangulaire	hexagonale	hexagonale	hexagonale pentagonale

+ pour l'espèce : forme du gonopore, sillons ventraux et dorsaux, nombre de dents sur l'hypostome, localisation et forme des épines ou des soies sur les appendices, forme et couleurs des pattes, présence et forme des festons…

II. Systématique:

Critères de différentiation générique et spécifique

Argasina

Pour le genre:

- Forme générale du corps et des marges latérales
- Densité et forme des ponctuations, disques et mamilles du tégument dorsal
- Présence d'yeux
- Présence de joues autour du capitulum
- Présence, forme et taille de sillons dorsaux et près de l'anus
- Présence et forme de protubérances sur les tarses

Pour l'espèce: presque exclusivement chez la larve

- Forme et taille de la plaque dorsale
- Formule sétale à la surface du corps, sur les tarses et sur les palpes
- Présence d'yeux
- Forme et taille de l'hypostome, nombre de denticules sur l'hypostome

II. Systématique:

Exemples de tiques dures Ixodina

Amblyomma

Boophilus

Dermacentor

Haemaphysalis

Hyalomma

Ixodes

Rhipicephalus

II. Systématique:

Exemples de tiques molles Argasina

Argas

Otobius

← *Ornithodoros* →

II. Systématique: alternatives à la morphologie

- Morphométrie: plus précise mais non utilisée chez les tiques
  Analyse multidimentionnelle de nombreuses mensurations/ rapports distances

- Biologie moléculaire:

→ Étude des relations phylétiques entre taxons et estimation de l'âge des taxons (approche cladistique basée sur des caractères dérivés et ancestraux pour éviter plasticité phénotypique et convergences)
→ Possibilité d'évaluer très finement la structure des populations

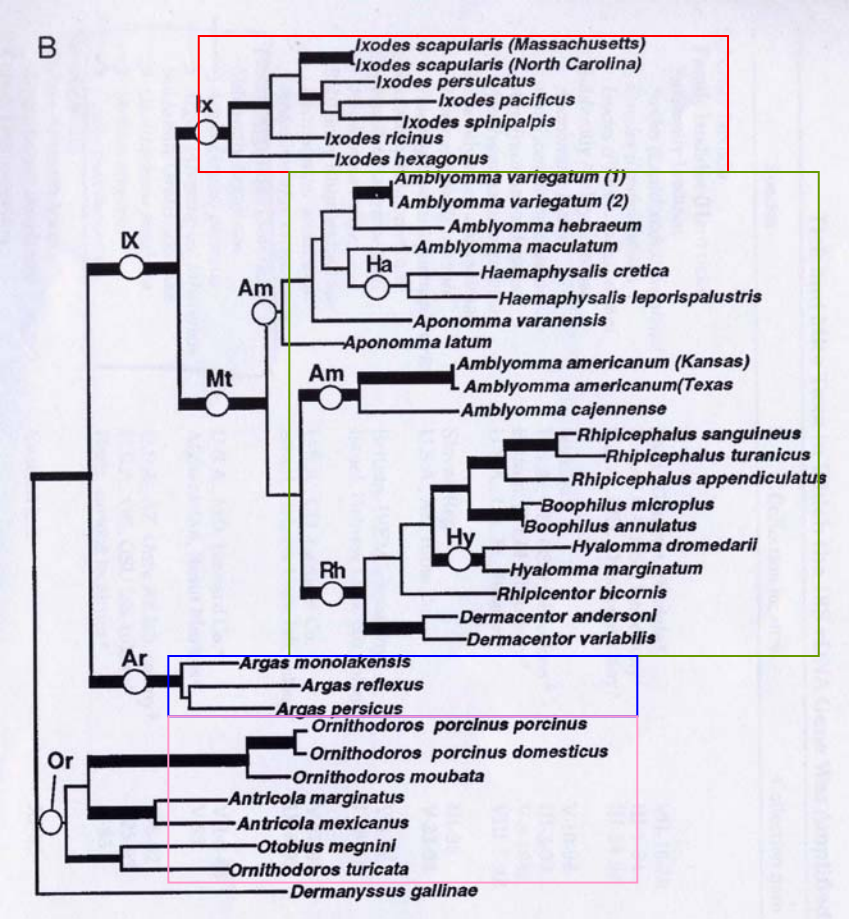
Cytologie: Étude du caryotype et caractérisation des bandes de chromatine sur le chromosome X. Différenciation d'espèces.

Polymorphisme des hydrocarbures cuticulaires et des iso-enzymes: étude de la variabilité allélique entre populations ou au sein de populations.

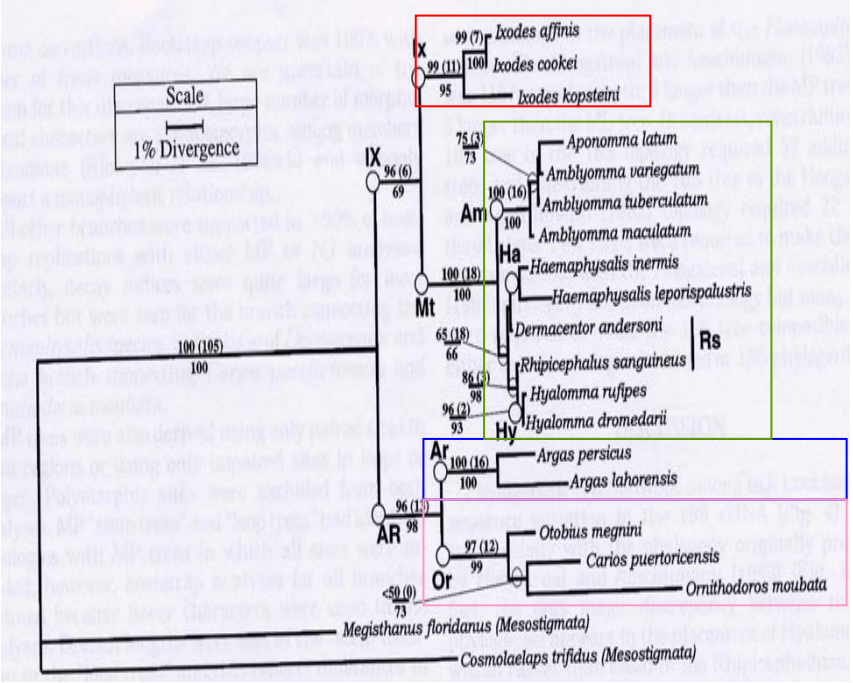
Polymorphisme génétique: étude de la variabilité génétique entre populations ou au sein de populations. Nombreux marqueurs génétiques.

II. Systématique: phylogénies moléculaires

Black et Piesman 1994: ADNr 16S



Black, Klompen, Keirans 1997: ADNr 18S



Pas d'hypothèses évolutives à priori sauf évolution neutre des gènes

II. Systématique: phylogénies moléculaires

Tiques dures:

• Nombreuses autres phylogénies moléculaires au niveau du genre et de l'espèce (ADNr, CO, CytB, ITS…)

• Quelques études de génétique des populations (microsatellites)

• Séquençage du génome complet d'*Ixodes scapularis* et *Amblyomma americanum*

Tiques molles: très très peu de choses…

• Quelques études de phylogénie moléculaire sur des espèces d'ornithodores vecteurs de borréliose et peste porcine africaine

• Une seule étude de définition de microsatellites sur *O. coriaceus*

PARTIE II:
Anatomie interne et externe

II. Anatomie: L'exosquelette

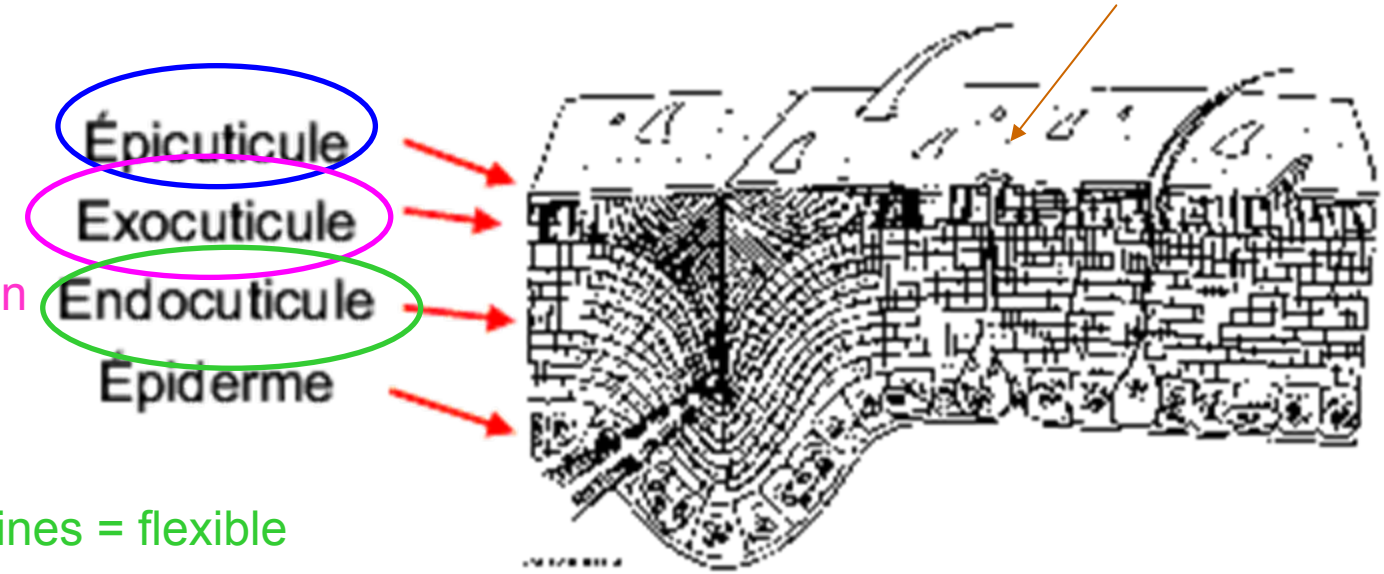
- **<u>Cuticule (= exosquelette):</u>**

→ Soutien et protection des organes/ distension durant le repas sanguin
→ Régulation de l'équilibre hydrique / protection contre la dessiccation

Sclérotine = imperméable à l'eau

Ponctuations = pores

Protéines
Chitine
Mélanine
= coloration brun



Protéines = flexible

Larve: uniquement épicuticule (transparence)

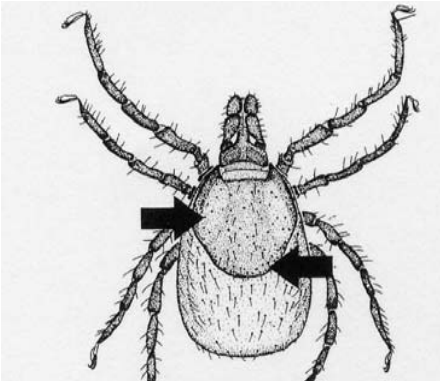
II. Anatomie : Exosquelette

Face dorsale

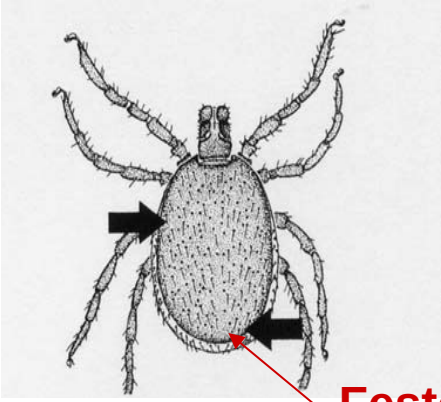
Face ventrale

• **Pattes articulées:**

Scutum

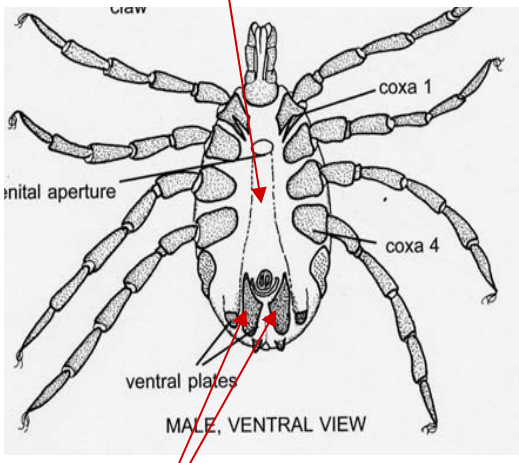


Conscutum

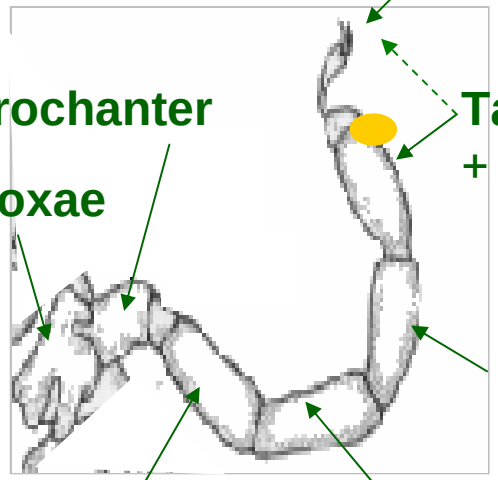


Festons

Peau



Plaques ventrales



2 griffes

Trochanter

Tarse
+ pulville

Coxae

Tibia

Fémur

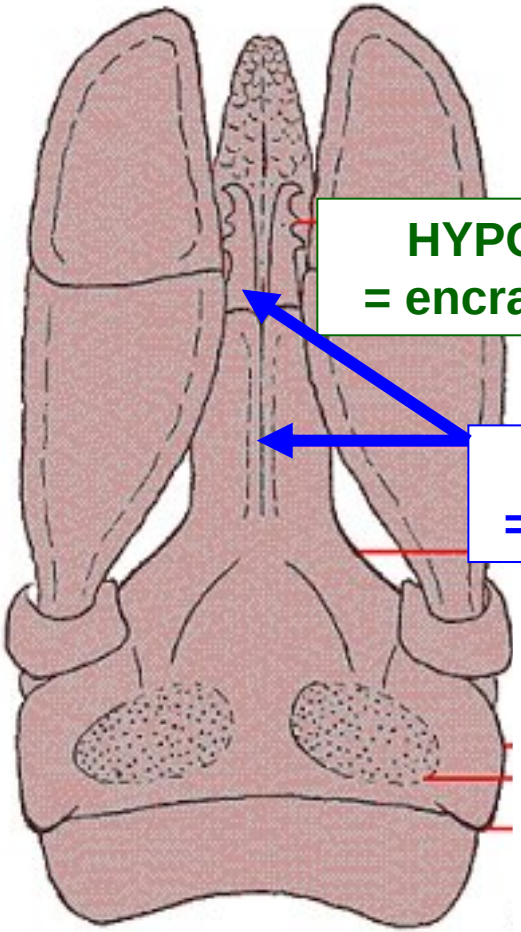
Patella

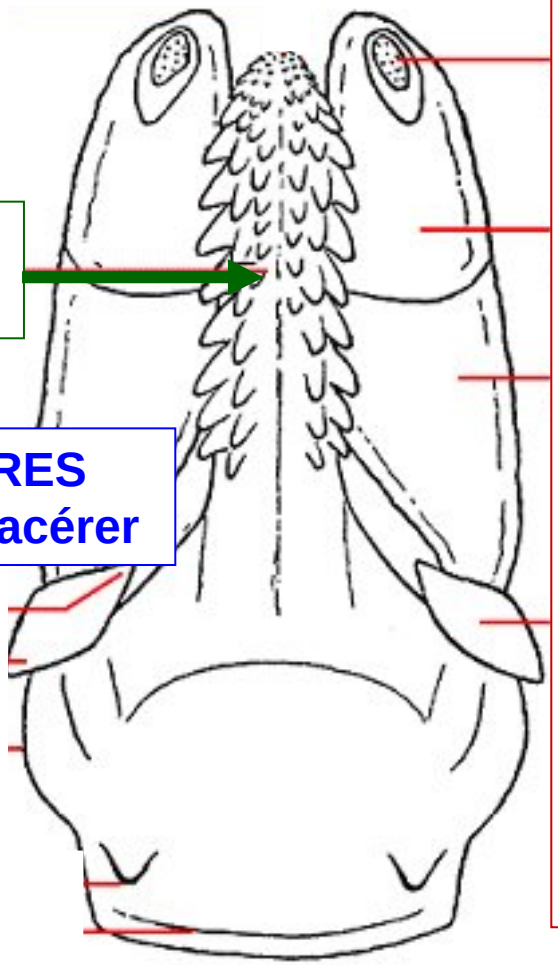
Organe de Haller

II. Anatomie : Capitulum

Face dorsale

Face ventrale





HYPOSTOME
= encrage cutané

CHELICERES
= percer, dilacérer

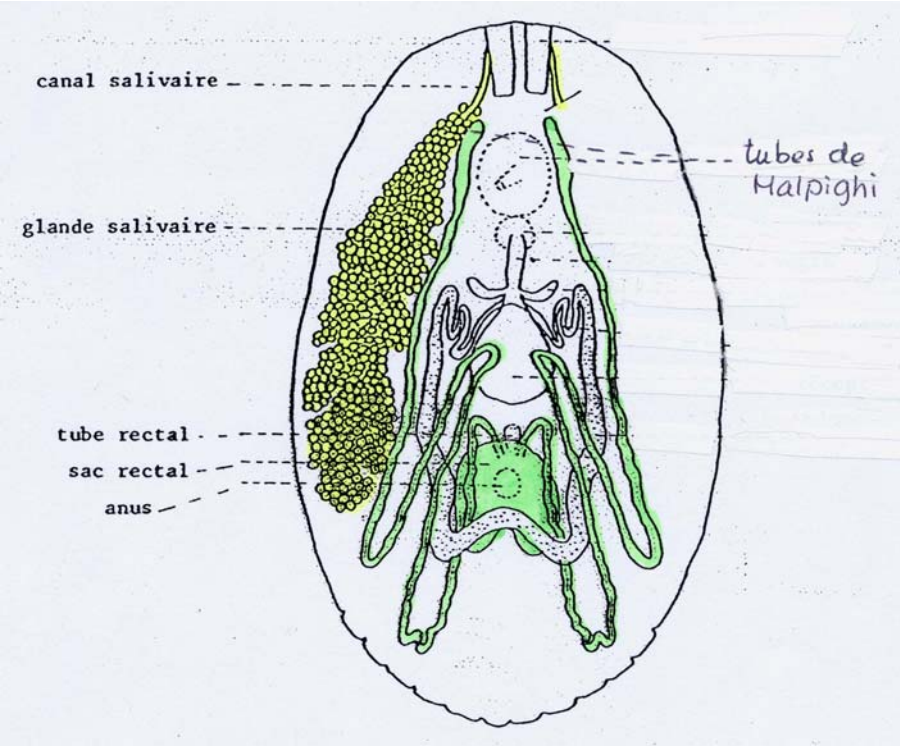
PEDIPALPES (4 ARTICLES)
= organes sensoriels
(soies et chémorécepteurs)

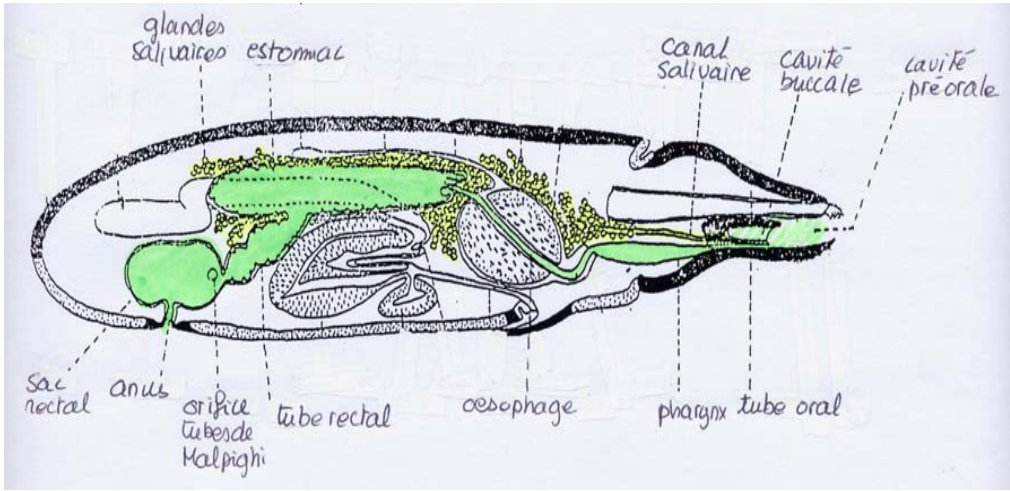
Hypostome + chélicères = pièces buccales

II. Anatomie : Appareil digestif

Pharynx aspirant + œsophage + estomac avec caecums + **intestin + sac rectal**

Excrétion par **tubes de Malpighi** (mélanine et guanine) + **glandes coxales** entre coxa 1 et 2 (eau + ions par le liquide coxal quelques heures après le repas sanguin)





II. Anatomie : Glandes salivaires

Glandes salivaires = acini (2/3 du corps):

- Osmorégulation/équilibre ionique (eau et ions restitués pendant le gorgement)

- Sécrétions hygroscopiques autour des pièces buccales pour l'absorption d'humidité ambiante
- Cément pour l'adhésion à l'hôte

- Récepteurs des hormones de mues (ecdystéroïdes)

- Transfert du spermatophore du mâle vers la femelle

- Sécrétion de salive (digestion + inhibiteurs de l'hémostase **+ inhibiteurs de l'immunité de l'hôte à la fixation et au gorgement de la tiques et transfert favorisé de pathogènes)**

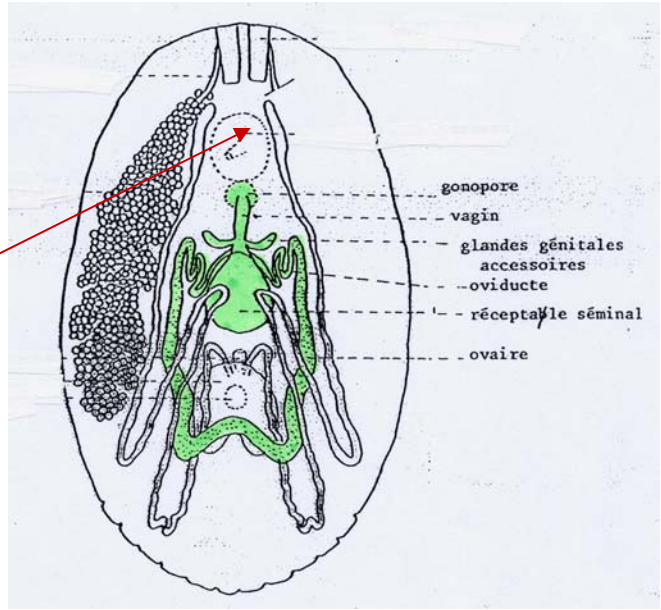
II. Anatomie : Appareil reproducteur

2 testicules latéraux

canaux déférents
vésicule séminale
canal éjaculateur

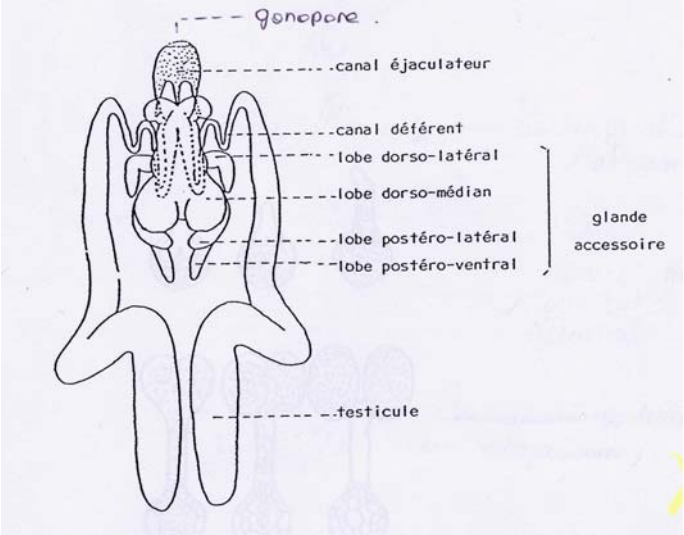
1 ovaire postérieur

oviducte
glandes accessoires
vagin



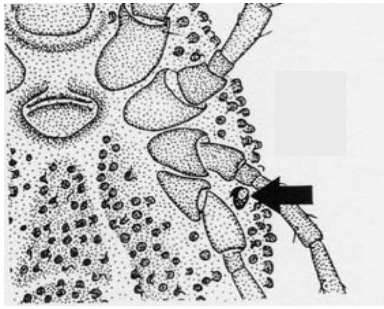
Gonopore ventral antérieur entre P1/P2
(position et forme variables) (que adultes)

- Rencontre libre ou sur l'hôte - Copulation ventre à ventre.
- Chaque accouplement et ponte nécessitent un gorgement
- Œufs recueillis par l'organe de Géné et recouverts de cire lipidique et de substances anti-oxydantes

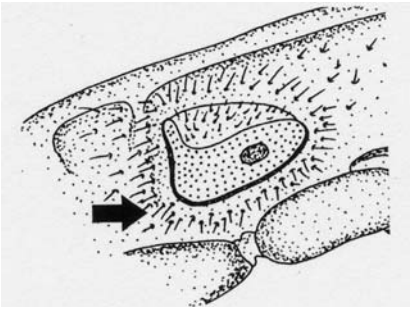


II. Anatomie : Appareil respiratoire et circulatoire

<u>L'appareil respiratoire:</u> trachées → 1 paire de stigmates = spiracles

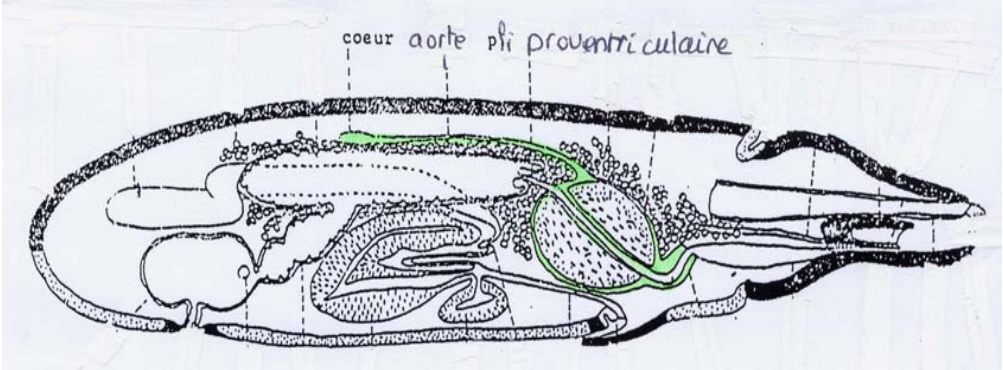


Plaque spiraculaire entre P3 et P4 ou postérieure en dessous de P4 (entourée ou non de soies)



<u>L'appareil circulatoire:</u> cœur pulsatile allongé dorsal permettant la circulation de l'hémolymphe dans l'hémocoele.

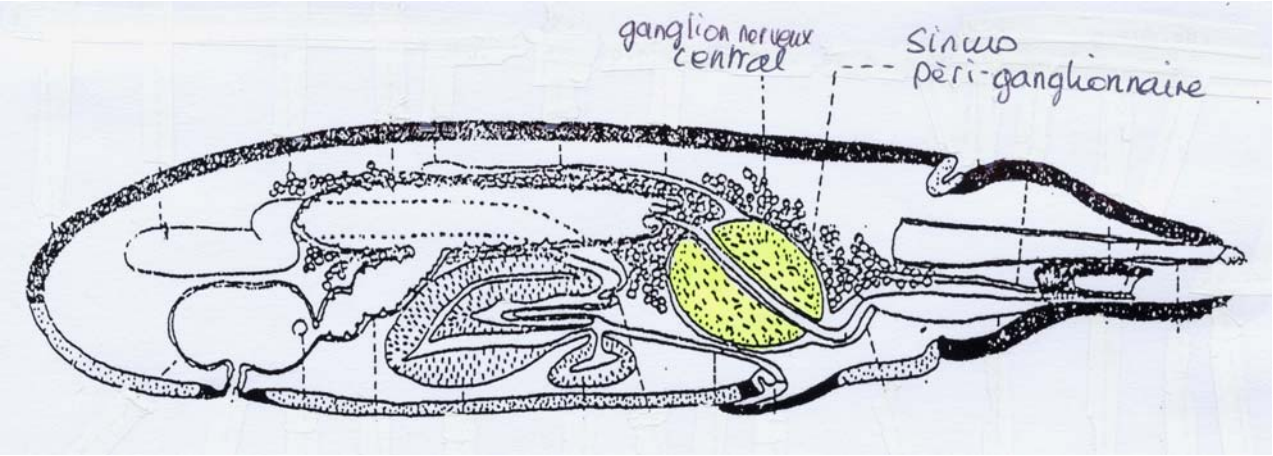
Hémolymphe: peu pour l'oxygénation mais soutien des tissus internes
+ maintien de la pression osmotique
+ transport d'hormones et métabolites
+ principale réserve hydrique.



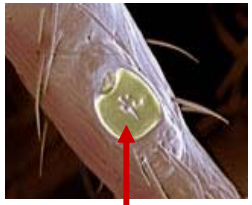
II. Anatomie: Système nerveux

Ganglion céphalique péri-oesophagien (synganglion)
→ Partie pré-oesophagienne: ganglions chélicères, palpes, glandes salivaires, yeux.
→ Partie post-oesophagienne: ganglions des 4 paires de pattes

Nerf oesophagien ou pharyngien unique
Nerf stomacal unique
Nerfs latéraux de l'organe de Haller
Nerfs périphériques postérieurs des muscles et des organes sensoriels



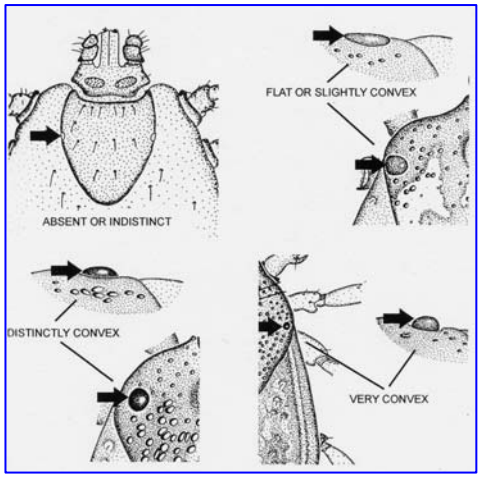
II. Anatomie: Organes sensoriels



• Chémorécepteurs: tarse 1 + palpes
- sensibilité aux allomones (réactions de défense)
- sensibilité aux kairomones (recherche de l'hôte)
- sensibilité aux phéromones (communication intraspécifique)
  (Phéromones sexuelles pour le rapprochement sexuel)
  (Phéromones de rassemblement pour la survie de l'espèce)
  (Phéromones d'attraction-agrégation-fixation sur l'hôte)

NB: CO2: **organe de Haller** sur tarse1 (recherche hôtes)

• Mécanorécepteurs: soies des palpes + pulvilles
Sensibilité contact/mouvement d'air (recherche hôtes)
Certaines soies sont chimioréceptives (olfaction/goût)

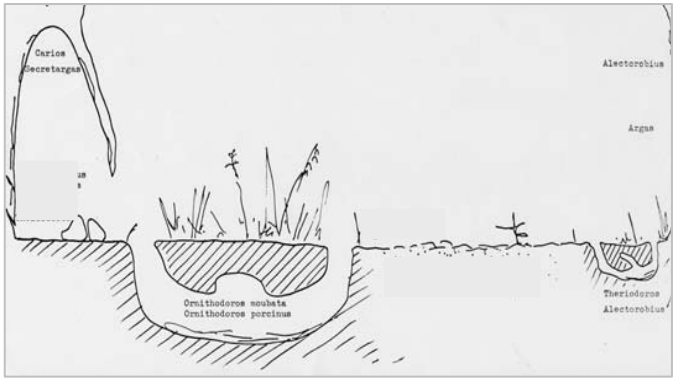


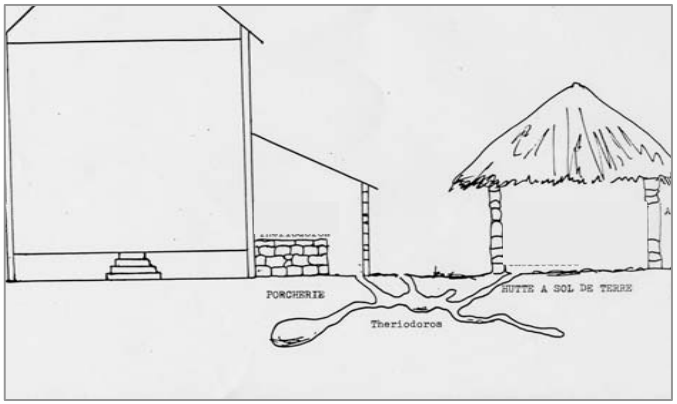
• **Yeux** ≈ ocelles sensibles aux variations lumineuses (recherche hôtes + évitement prédateurs)

PARTIE III:
Biologie et écologie des tiques
Conséquences parasitaires et épidémiologiques

III. Endophilie/exophilie

Tiques molles
Majoritairement endophiles





Tiques dures
Majoritairement exophiles

III. Endophilie/exophilie

Conséquences parasitaires et épidémiologiques de l'endophilie?

Protège la tique des contraintes environnementales extérieures (ex: climat)
Contraint la tique à un milieu confiné (micro-habitat favorable? viabilité des pop?)

Diminue la disponibilité en hôtes (diversité et abondance)
Augmente le contact tique-hôte (proximité avec les hôtes disponibles dans l'habitat)

Procède à une forme de sélection des hôtes (pas de réelle préférence trophique mais sélection des hôtes disponibles)

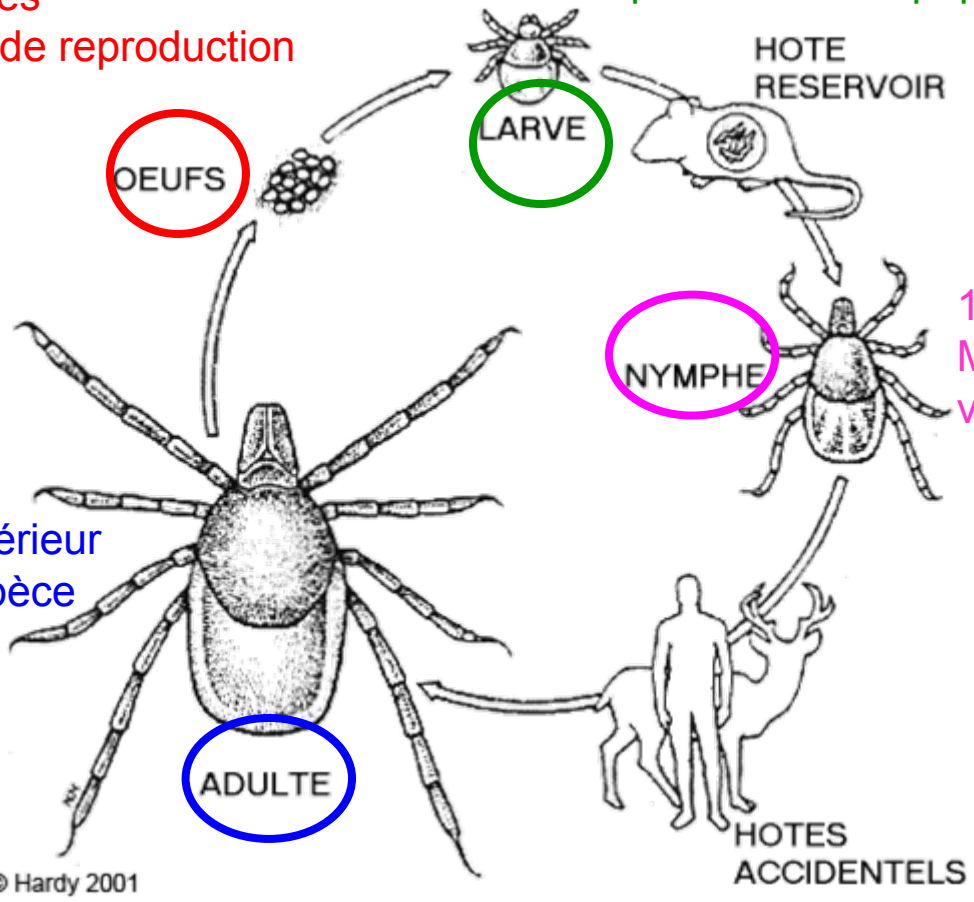
Augmente la probabilité de transmission de pathogènes aux hôtes habituels mais diminue celle aux hôtes occasionnels extérieurs (↓ transmission inter-spécifique si peu de types d'hôte disponibles dans l'habitat)

Dynamique de transmission corrélée à la dynamique de transmission des hôtes disponibles dans l'habitat (variations d'abondance et de diversité)

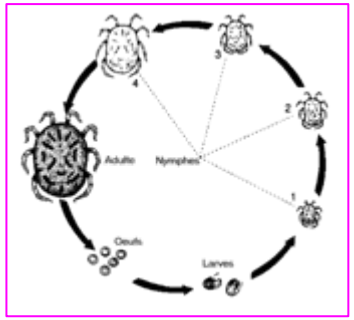
III. Cycles de développement

Taille/durée de la ponte dépend:
- qualité/volume repas sanguin
- conditions extérieures
- espèce et stratégie de reproduction
- Incubation: 20-60j

Larve molle → durcissement, évacuation déchets
Repas sanguin non systématique
Métamorphose vraie = pupaison



1 ou plusieurs stades
Mue(s) nymphale(s) ou
vraie métamorphose

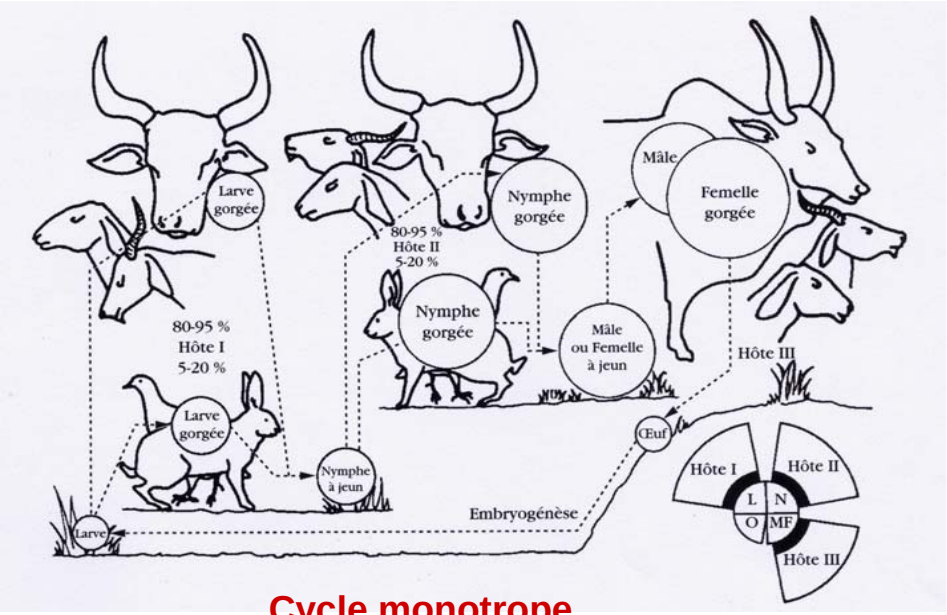


Accouplement
Préoviposition: 2-15j
Ponte dans milieu extérieur
Mort ou non selon espèce

III. Cycles de développement

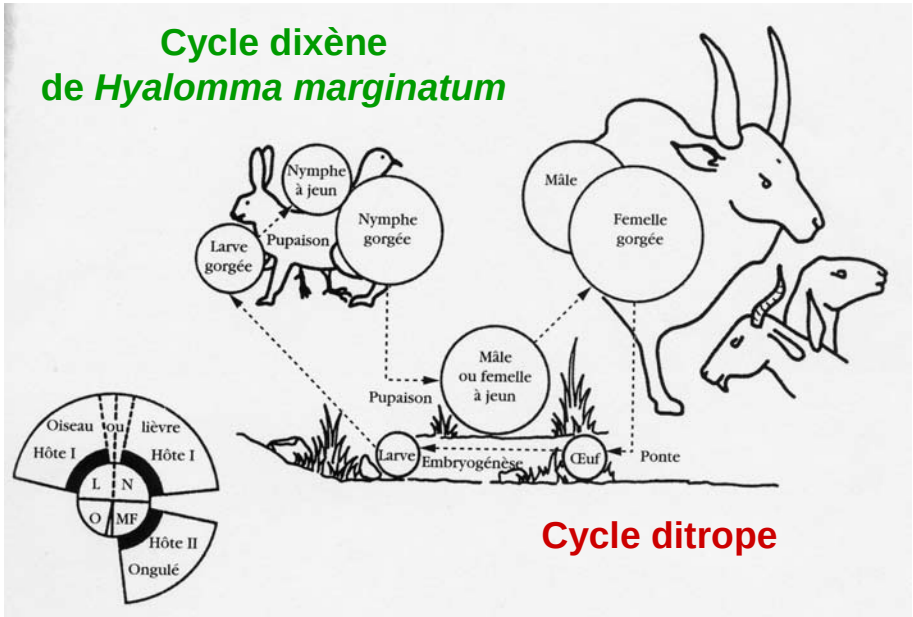
Nombre d'hôtes et de phases parasitaires:

Cycle trixène d'*Amblyomma variegatum* (cycle classique)



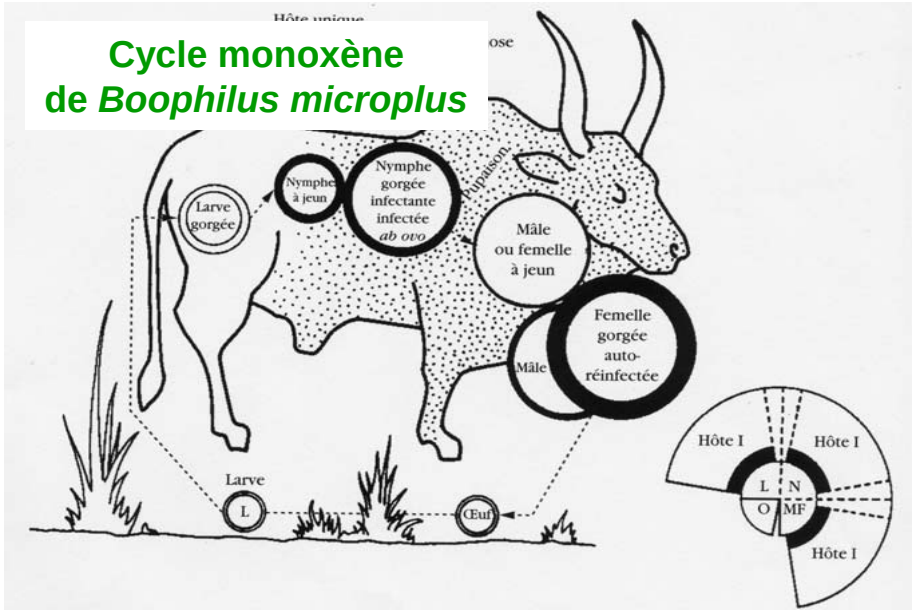
Cycle monotrope

Cycle dixène de *Hyalomma marginatum*



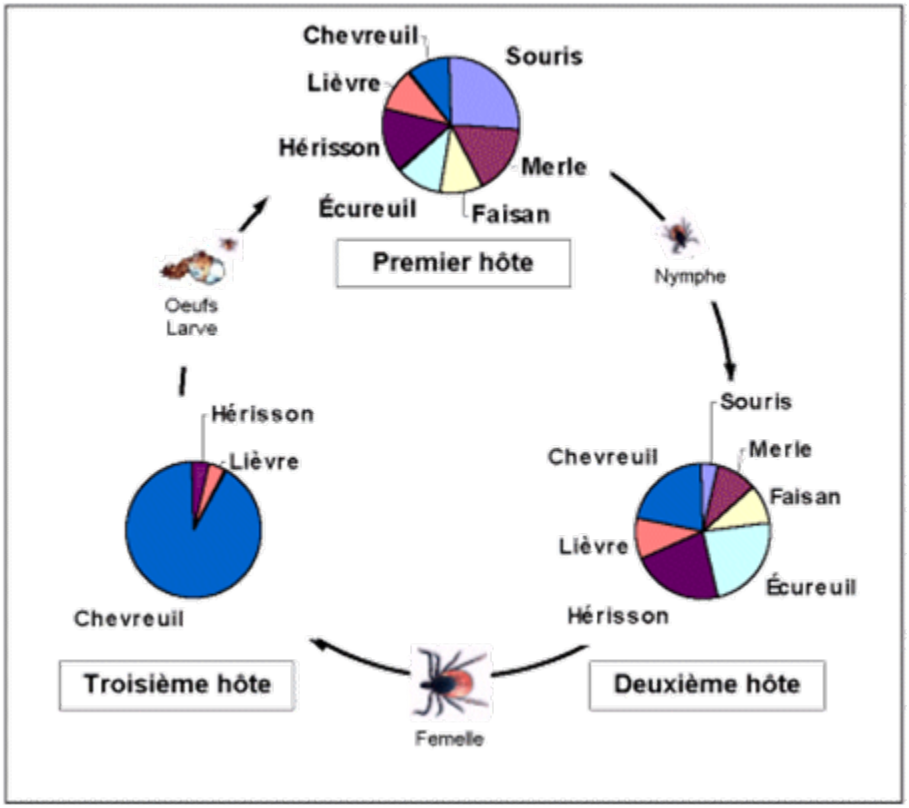
Cycle ditrope

Cycle monoxène de *Boophilus microplus*



Nature et diversité des hôtes:

III. Cycles de développement



Ixodes ricinus: cycle trixène ditrope

Dernière modalité: <u>cycle hémitropisme</u>:

stades immatures: ubiquistes
adultes: sélectifs

III. Cycles de développement

Conséquences parasitaires et épidémiologiques des variations de cycle?

Multiplication des hôtes et des phases parasitaires?

Augmente le nombre de phases libres dangereuses pour le développement
Allonge le cycle de développement par la recherche d'hôtes
Risque de ne pas trouver d'hôte (adaptation évolutive → ↓phases libres)

Augmente la probabilité de transmission de pathogènes
Influence les modes de transmission des pathogènes
(Cycle monoxène: T. horizontale impossible → T transovarienne favorisée)

Diversification des types d'hôte?

Augmente la probabilité de finir le cycle de développement si ubiquité
Diminue cette probabilité si réunion des différents hôtes impossible dans le même environnement

Augmente la transmission inter-spécifique de pathogènes
Augmente la sélection de souches pathogènes selon les filtres d'hôtes

III. Modes de gorgements

- <u>Étapes du gorgement:</u>

1) Rencontre avec l'hôte

2) Agrippement de la tique à son hôte

3) Recherche d'un site favorable au gorgement

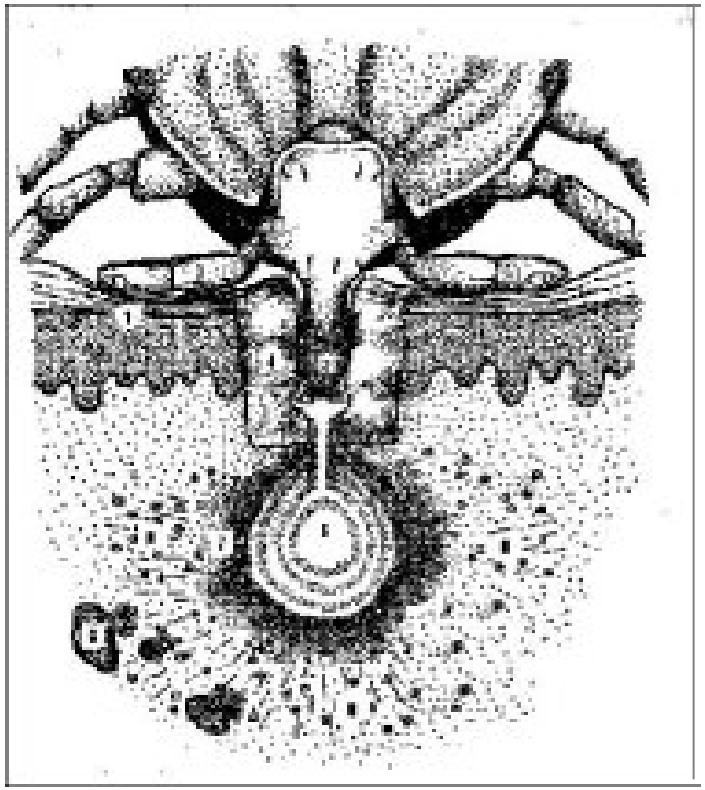
4) Dilacération de l'épiderme (chélicères)

5) Ouverture graduelle (hypostome)

6) Digestion des tissus par la salive

7) Remplissage de la cavité dermique de sang et d'exsudats tissulaires

8) Aspiration du contenu



III. Modes de gorgements

Durée de gorgement:

Tiques dures: De 3 à 15 jours
Tiques molles: De quelques minutes à 1 heure (max. 2 j pour les larves)

↓

Adaptation évolutive face aux contraintes écologiques d'endophilie

En contre partie, optimisation du gorgement:
↑ fréquence de gorgement + multiplication des stades parasitaires
↑ quantité de sang ingéré + osmorégulation
Stratégie de type K (forte longévité/pontes peu abondantes fréquentes)

III. Modes de gorgements

Localisation du gorgement:

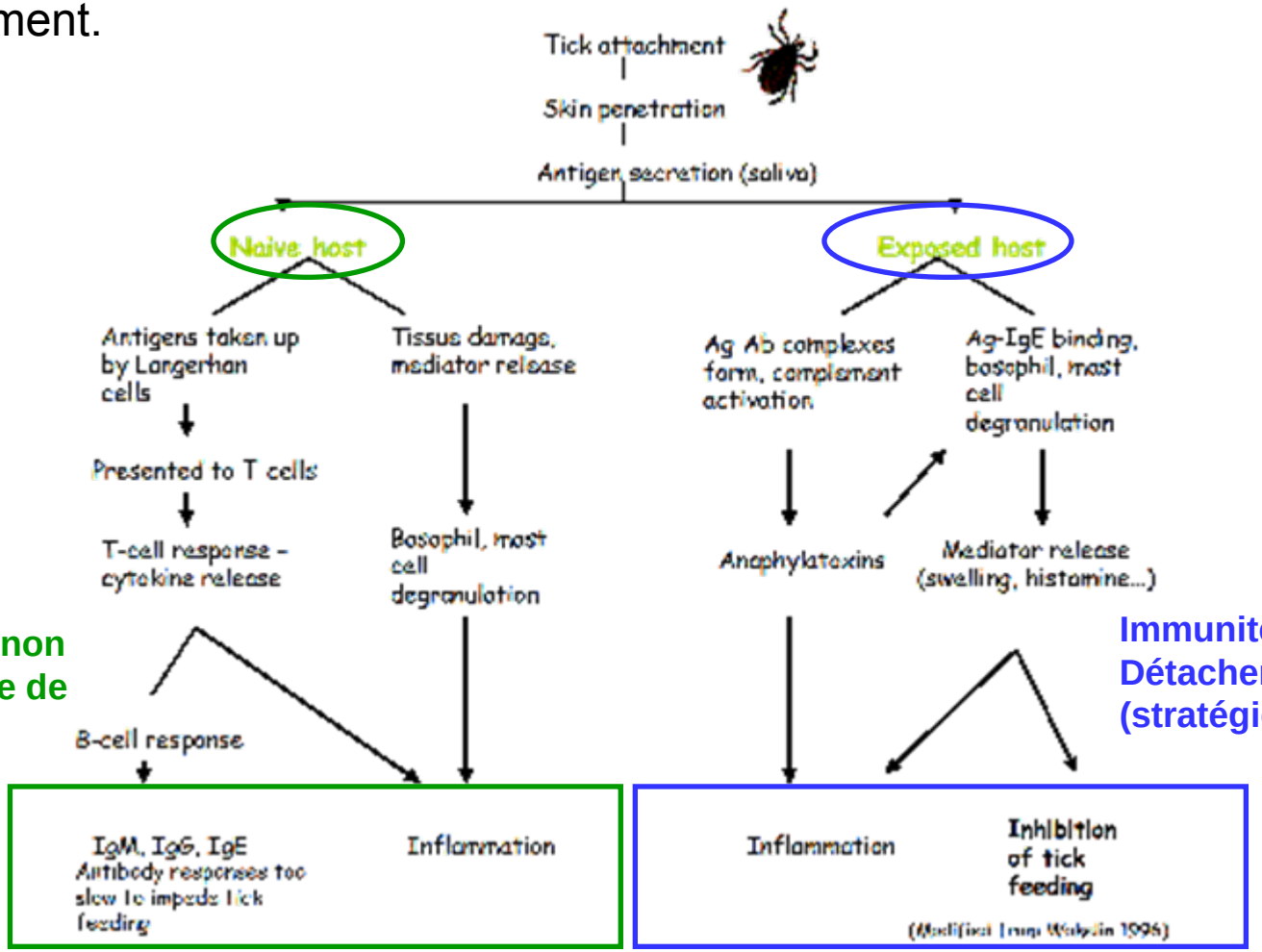
Sites préférentiels de gorgement dépendant:

- des possibilités de pénétration de l'hypostome (court ou long)
- des défenses physiques de l'hôte (queue, grattage…)
- de la compétition entre tiques (disponibilité à la ressource)
- de la présence de tiques de la même espèce (agrégation)

III. Modes de gorgements

Interactions tique-hôte pendant le gorgement:

Toute effraction de la barrière cutanée et la présence d'Ag de la salive provoquent vasoconstriction/coagulation + réponse inflammatoire et hypersensibilité + réaction d'évitement.



Réponse non spécifique de l'hôte

Immunité acquise de l'hôte
Détachement prématuré
(stratégie de vaccination)

III. Modes de gorgements

Salive de tique: Anticoagulants + prostaglandines vasodilatatrices (Ir de l'hémostase)
Antihistaminiques et inhibiteurs de l'adhésion et de l'inflammation
(Ir réponse immunitaire)

Modulation d'immunité par des tiques
(d'après Wakelin 1996)

Réponse immunitaire	Modulation de la tique	Rôle
Complément (C3)	C3 inhibiteur, antagoniste d'anaphylatoxine	⇓ réponse inflammatoire & lyse des microbes
Lymphocytes	Divers inhibiteurs dans SGE	⇓ activation des macrophages; ⇓ prolifération des t –cellules
Cytokines	Down-régulation des réponses cellulaires (Th1) & polarisation vers humorales (Th2)	⇓ stimulation des neutrophiles, basophiles & t-lymphocytes, déviation des réponses
Molécules d'adhésion (activation & migration des cellules)	Inhibiteurs des molécules d'adhésion	⇓ Réponse spécifiques et migration des leucocytes
Macrophages	Inhibiteurs de la production des molécules actives des macrophages	bloque réponse inflammatoire, ⇓ réponse anti-tique, ⇓ clearance des microbes, modulation de la présentation d'antigènes
Histamine, sérotonine	Specific binding proteins	⇓ démangeaison & inflammation
Anti-corps	Inhibiteurs (inconnus)	⇓ production d'anti-corps spécifiques

III. Modes de gorgements

Conséquences parasitaires et épidémiologiques des modes de gorgement?

Longue durée de gorgement?

Soumet la tique aux pressions environnementales → stratégie de la tique: parasiter des zones déclives protégées + dynamique d'infestation particulière
Augmente les interactions tique-hôte

Favorise la transmission de pathogènes

Agrégation sur l'hôte?

Augmente la probabilité de rencontre intra-spécifique
Augmente la transmission de pathogènes entre tiques (cofeeding) mais diminue la probabilité de transmission horizontale

Interactions tique-hôte?

Module la durée de la phase parasitaire

Favorise la transmission de pathogènes et leur survie dans l'hôte
NB: Manipulation de la capacité de modulation par la tique de la réponse immunitaire de l'hôte (↑ expression d'une protéine salivaire d'*I. scapularis* par *B. burgdorferi*)
NB: Modulation directe de la réponse immunitaire de l'hôte favorisant la susceptibilité aux tiques (*B. bigemina* et *B. microplus*)

PARTIE IV:
Impact des tiques
sur la santé humaine et animale
Méthodes de lutte anti-vectorielle

IV. Impact des tiques en santé animale

Pertes directes

✱ spoliation sanguine (2-4 mL prélevé/tique mais dépend du nombre de tiques et des espèces infestantes)

✱ diminution de la croissance (perte de poids), de la production laitière (perte des trayons)

✱ blessures (abcès, myiases) ➔ détérioration des cuirs

Pertes indirectes

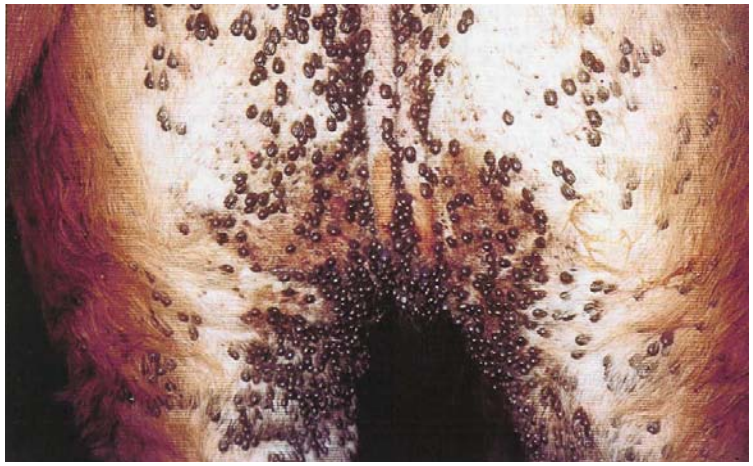
✱ maladies transmises (anaplasmose, babésioses, cowdriose, ehrlichioses, theilérioses, viroses,…) essentiellement races exotiques en zone d'enzootie

✱ maladies associées (dermatophilose)

✱ paralysie ascendante à tiques (toxines ovariennes de la salive) – seulement en régions chaudes

✱ mortalité ou atteinte chronique de l'état général

Spoliation sanguine



Atteinte des cuirs

Perte de trayons

Boiteries empêchant la traction

IV. Impact des tiques en santé humaine

- Essentiellement maladies transmises

- Impact difficilement estimable:

  - Mesures de productivité chez l'homme?

  - Mortalité – complications post-infections

  - Parasitisme de l'homme: accidentel (par pénétration de l'homme dans des biotopes favorables aux tiques et à leurs hôtes animaux préférentiels

IV. Liste des maladies animales

Espèces	Répartition	Maladies transmises par les tiques
***Amblyomma** hebraeum*	Afrique australe	Cowdriose, theilérioses bénignes
A. variegatum	Afrique (du sud du Sahara à l'Afrique australe) ; introduit à Madagascar, Mascareignes, Antilles	Idem + arboviroses ; associée à la dermatophilose clinique
A. gemma	Afrique orientale	Cowdriose
A. lepidum		
A. pomposum	Afrique centro-orientale	Idem
A. cajennense	Amérique tropicale – Antilles	Coxiellose, paralysie à tiques
A. maculatum	Amérique centrale	Idem
A. imitator		
A. americanum	Amérique du Nord et du Sud	Idem
Anocentor nitens	Amérique tropicale et subtropicale Antilles	Babésiose équine
Boophilus annulatus	Bassin méditerranéen ; a diffusé en Afrique occidentale et Soudan ; introduite au Mexique	Babésioses, coxiellose, anaplasmose, arboviroses
B. microplus	Asie méridionale ; introduite toutes zones tropicales	Idem
B. geigi	Afrique occidentale	Idem
B. decoloratus	Afrique subsaharienne à Afrique australe	Babésiose à *B. bigemina*, anaplamose
***Dermacentor** marginatus*	Montagnes d'Eurasie ; steppes d'Asie centrale et Moyen-Orient	Babésioses bovines (*B. bovis*) et équines, theilériose et anaplasmose ovines
***Haemaphysalis** longicornis*	Asie du Sud et de l'Est ; Australie ; Nouvelle-Zélande ; Région Pacifique	Théilériose bénigne, coxiellose, arboviroses
Hyalomma	Bassin méditérranéen ; Mer Rouge ; Moyen-Orient ; Asie centro-orientale	Theilériose à *T. annulata* ; babésioses équines, anaplasmose
H. a. anatolicum		
H. d. detritum	Bassin méditérranéen	Theilériose à *T. annulata*
H. truncatum	Égypte jusqu'à Afrique australe	Coxiellose, arboviroses, dishydrose tropicale
H. intermedia	Sri-Lanka ; Inde ; Népal	Arboviroses
***Ixodes** rubicundus*	Afrique australe	Paralysie à tiques
I. holocyclus	Australie	Paralysie à tiques
I. ricinus	Bassin méditerranéen ; Europe centrale ; Moyen-Orient	Babésiose bovine, ehrlichiose bovine, anaplasmose, coxiellose, borréliose de Lyme, arboviroses
***Rhipicephalus** appendiculatus*	Afrique orientale et australe	Theilériose à *T. parva*, ehrlichiose bovine, arboviroses
R. zambeziensis		
R. evertsi	Afrique au sud du Sahara	Babésioses ovine et équine, theilériose ovine, paralysie à tiques
R. bursa	Ouest bassin méditerranéen jusqu'à l'Iran	Babésioses, theilérioses, anaplasmose, paralysie à tiques

+ maladies transmises par les tiques molles:

- *Argas persicus*
  Exsanguination, paralysies à tiques
  Spirochétose du poulet due à *Borrelia anserina*
  Babésiose du poulet due à *Aegyptianella pullorum*

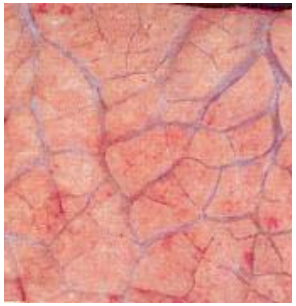
- *Otobius megnini*
  Atteinte auditive des bovins

- *Ornithodoros coriaceus*
  Epizootic Bovine Aborsion à *B. coriaceus*

- *Ornithodoros porcinus porcinus* et *O. erraticus*
  Peste porcine africaine

IV. Maladies animales: cowdriose

- Agent pathogène: rickettsie *Ehrlichia ruminantium*
  Cellules endothéliales de l'hôte et sang in-utéro
- Vecteur: 10 espèces d' *Amblyomma (A. variegatum* et *A. hebraeum* surtout – *A. americanum* suspectée)
  Transmission transtadiale
- Hôtes: tous ruminants domestiques et sauvages.
  Infection latente chez la tortue, la pintade et le lièvre



- Distribution : Afrique Sud Sahara, Antilles
- La plus importante maladie animale tropicale à tique (animaux importés ou croisés)
  Mortalité BV: 50%, petits RUM: 80% - évolution aigue à sub-clinique
  Fièvre, troubles nerveux, œdème pulmonaire, diarrhée, hydro-péricarde et –thorax
- Pas de diagnostic sûr pour les animaux vivants

- Résistance des races locales / résistance fugace chez les très jeunes animaux
- Immunité de plusieurs années (prémunition par le portage) – pas stabilité endémique
- Multiplicité des variants antigéniques et des virulences

IV. Maladies animales: peste porcine africaine

- Agent pathogène: *Asfaviridae*
  Cellules endothéliales et macrophages
- Vecteur: tiques ornithodores africaines
  Transmission transtadiale et transovarienne
- Hôtes: suidés domestiques et sauvages.
  Infection latente chez les phacochères, potamochères, hylochères

• Origine probable = Afrique de l'est et australe (foyers enzootiques)
• Introductions plus récentes = Afrique de l'ouest, Madagascar, Europe, Caraïbes et Amérique Latine, Caucase et Ile Maurice (2007) (foyers épizootiques)
• Maladie animale porcine la plus importante (maintien endémique + contagiosité)
Mortalité jusqu'à 100% chez les races exotiques ou croisées
Fièvre, anorexie, leucopénie, gonflement des articulations, diarrhées, pneumonies, avortements, **érythèmes et hémorragies diffuses,** splénomégalie.

• Pas de vaccin ni traitement
• Mesures sanitaires difficile car cycle complexe de transmission

IV. Liste des maladies humaines

Tick	Transmitted bacteria: Bacteria	Mode of acquisition by ticks: Transstadially	Mode of acquisition by ticks: Transovarially	Mode of transmission to humans
Ixodes species				
I. scapularis (Black legged tick)	*Borrelia burgdorferi* sensu stricto	+	+/−	Salivary secretions, regurgitations
	HGE agent	+	−	Salivary secretions
I. pacificus	*B. burgdorferi* sensu stricto	+	+/−	Salivary secretions, regurgitations
	HGE agent	+	−	Salivary secretions
I. dentatus	*B. burgdorferi* sensu stricto	+	?	Salivary secretions, regurgitations
	Francisella tularensis	+	+	Salivary secretions, feces
	Coxiella burnetii	+	+	Salivary secretions, feces
I. ricinus (European sheep tick)	*B. burgdorferi* sensu stricto	+	+/−	Salivary secretions, regurgitations
	Borrelia afzelii	+	+/−	Salivary secretions
	Borrelia garinii	+	+/−	Salivary secretions, feces
	HGE agent	+	+	Salivary secretions
	Francisella tularensis	+	+	Salivary secretions, feces
	Rickettsia helvetica	+	+	Salivary secretions
I. persulcatus	*B. afzelii*	+	?	Salivary secretions, regurgitations
	B. garinii	+	?	Salivary secretions, regurgitations
I. uriae	*B. garinii*	+	?	Salivary secretions, regurgitations
I. trianguliceps	*B. garinii*	+	?	Salivary secretions, regurgitations
	C. burnetii	+	+	Salivary secretions, feces
I. hexagonus	*B. garinii*	+	-	Salivary secretions, regurgitations
I. nipponensis	*B. afzelii*	+	?	Salivary secretions, regurgitations
I. ovatus	*Rickettsia japonica*	+	+*	Salivary secretions
I. holocyclus	*Rickettsia australis*	+	+*	Salivary secretions
Rhipicephalus species				
R. sanguineus (Brown dog tick)	*Rickettsia conorii*	+	+*	Salivary secretions
	R conorii Israel	+	+*	Salivary secretions
	C. burnetii	+	+	Salivary secretions, feces
R. pumilio	*R. conorii* Astrakhan	+	+*	Salivary secretions
Amblyomma species				
A. americanum (Lone Star tick)	*Ehrlichia chaffeensis*	+	−	Salivary secretions
	Ehrlichia ewingii	+	−	Salivary secretions
	F. tularensis	+	+	Salivary secretions, feces
	C. burnetii	+	+	Salivary secretions, feces
A. canjennense (Cayenne tick)	*Rickettsia rickettsii*	+	+	Salivary secretions
A. hebraeum	*Rickettsia africae*	+	+	Salivary secretions
A. variegatum	*Rickettsia africae*	+	+	Salivary secretions

IV. Maladies humaines à tiques

Dermacentor species				
D. variabilis (American dog tick)	*F. tularensis*	+	+	Salivary secretions, feces
	R. rickettsii	+	+	Salivary secretions
D. andersoni (Rocky Mountain wood tick)	*F. tularensis*	+	+	Salivary secretions, feces
	R. rickettsii	+	+	Salivary secretions
	C. burnetii	+	+	Salivary secretions, feces
D. marginatus (Ornate sheep tick)	*F. tularensis*	+	+	Salivary secretions, feces
	Rickettsia slovaca	+	+	Salivary secretions
D. reticulatus	*F. tularensis*	+	+	Salivary secretions, feces
	C. burnetii	+	+	Salivary secretions, feces
D. taiwanensis	*Rickettsia japonica*	+	+[a]	Salivary secretions
D. nuttalli	*Rickettsia sibirica*	+	+	Salivary secretions
Hyalomma species				
H. asiaticum	*"Rickettsia mongolotimonae"*[b]	+	+[a]	Salivary secretions
Haemaphysalis species				
H. flava	*R. japonica*	+	+[a]	Salivary secretions
H. longicornis	*R. japonica*	+	+[a]	Salivary secretions
Ornithodoros species				
O. moubata	*Borrelia duttonii*	+	+	Salivary secretions, coxal fluid
O. erraticus sonrai	*Borrelia crocidurae*	+	+	Salivary secretions, coxal fluid
O. graingeri	*Borrelia graingeri*	+	+	Salivary secretions, coxal fluid
O. erraticus erraticus	*Borrelia hispanica*	+	+	Salivary secretions, coxal fluid
O. verrucosus (O. aspersus)	*Borrelia caucasica*	+	+	Salivary secretions, coxal fluid
O. tartakovski	*Borrelia latyschewii*	+	+	Salivary secretions, coxal fluid
O. tholozani	*Borrelia persica*	+	+	Salivary secretions, coxal fluid
O. hermsi	*Borrelia hermsii*	+	+	Salivary secretions, coxal fluid
O. talaje	*Borrelia mazzottii*	+	?	Salivary secretions, coxal fluid
O. parkeri	*Borrelia parkeri*	+	?	Salivary secretions, coxal fluid
O. turicata	*Borrelia turicatae*	+	+	Salivary secretions
O. rudis	*Borrelia venezuelensis*	+	?	Salivary secretions, coxal fluid

+ babésioses, anaplasmoses, virus de l'encéphalite à tiques (Europe)

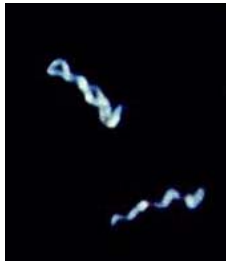
IV. Maladies humaines: Maladie de Lyme

- Agent pathogène: *Borrelia burgdorferi* sl (13 espèces)
  B. burgdorferi ss, B. garinii, B. afzelii
- Vecteur: *Ixodes* (9 espèces dont *I. ricinus* et *I. scapularis*)
  Transmission transovarienne, transtadiale et cofeeding
- Hôtes: petits mammifères, ongulés, oiseaux
  Secondairement l'homme

- Distribution : Europe, Amérique du Nord, Asie centrale
- Maladie bactérienne transmise par des tiques la plus commune au monde
  USA: 90% des cas d'affections vectorielles rapportées avec les fièvres récurrentes
  Europe: incidence 50 000 cas/an (grande variabilité régionale)
- Infections polymorphes (troubles neurologiques de type sensitif, arthrites inflammatoires, manifestations oculaires et dermatologiques (**<u>érythème migrant</u>**)

- Diagnostic clinique mais non spécificité des symptômes
  Confirmation par sérologie
- Traitement antibiotique (pénicillines)
- Essais vaccinaux (1 vaccin *B. burgdorferi ss* retiré en 2002)

IV. Maladies humaines : fièvres récurrentes



- Agent pathogène: TBRF *Borrelia (*au moins 14 espèces*)* dont *B. duttonii, B. persica, B. hermsii, B. turicatae*
- Vecteur: *Ornithodoros* (12±2 espèces) + qq tiques dures
  Transmission transovarienne, transtadiale, vénérienne
- Hôtes: petits mammifères, oiseaux, reptiles…
  Secondairement l'homme

• Distribution : Afrique, Moyen-Orient, Asie centrale, Amérique
• 2 modes épidémiologiques: 1) contamination occasionnelle durant des activités extérieures à risque et 2) contamination régulière par la présence de rongeurs et de tiques dans les habitations rurales
• **Fièvre**, arthralgie et myalgie, céphalée, nausée, spléno- et hépatomégalie
Récurrences – Complications méningées, articulaires, cardiaques, avortements

• Diagnostic clinique difficile (confusion avec le paludisme et autres affections fébriles)
Faible réaction immunitaire (réinfections/pas sérologie) – goutte épaisse
• Traitement antibiotique (tétracyclines)
• Nombreux variants antigéniques (pas de vaccin)

IV. Lutte anti-vectorielle

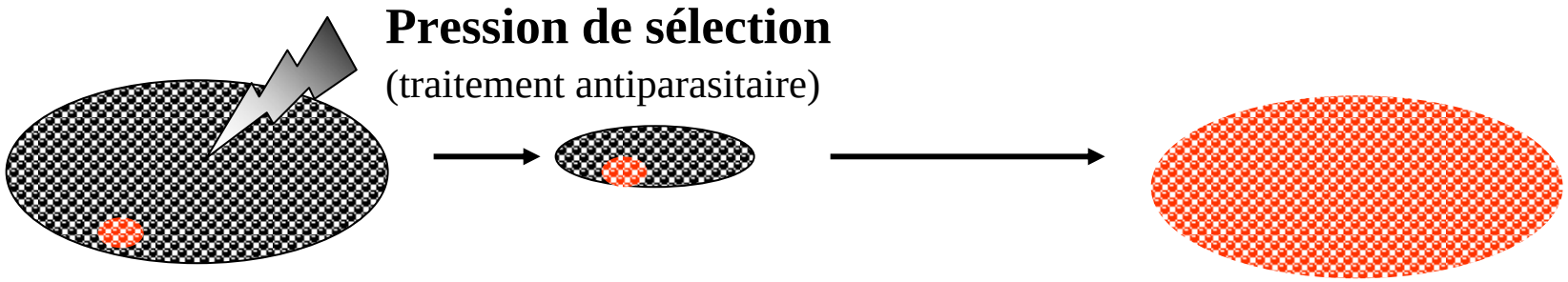
A l'origine, lutte contre les tiques du bétail (infestation humaine occasionnelle)

• Lutte chimique: acaricides

Nombreux produits:
1910-1945: Arsenic
1945-1955: Organochlorés (DDT, LINDANE, TOXAPHENE)
1955-1970: Organophosphorés + carbamates
1970-now: Amidines + Pyréthrinoïdes + Ivermectine

Progrès dans les modes d'administration et la toxicité résiduelle

Apparition régulière et s'accélérant de résistances d'où cette succession de produits
Résistance dépend de l'espèce de tique (cycle et capacité adaptative)+ de la fréquence et des modes d'utilisation.
Toutefois, mécanismes de résistance inconnus. Ex: *Boophilus microplus*



En outre, perte de la stabilité enzootique par traitements acaricides

BAIN DÉTIQUEUR

Tout le corps traité
Rapide avec les animaux habitués

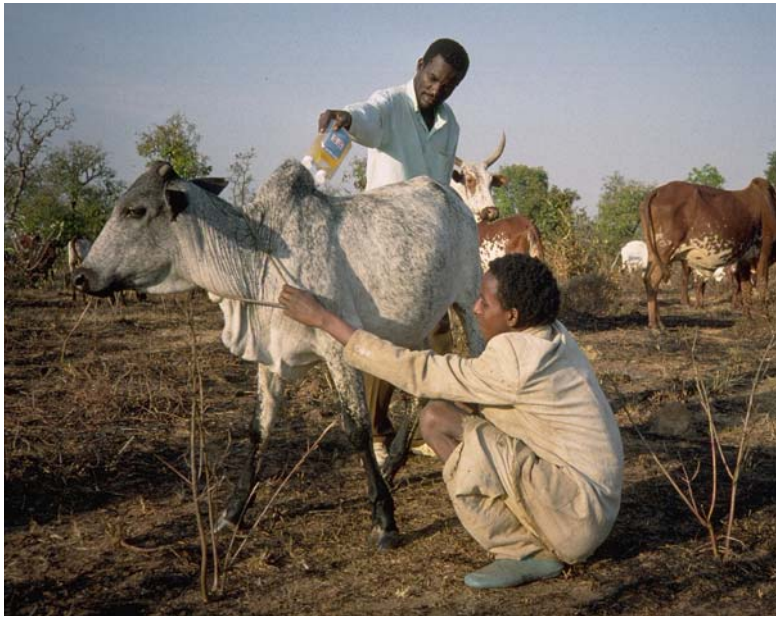
Cher de fonctionnement et investissement
Installations fixes

PULVÉRISATEUR

Efficace si appliqué correctement
Peu coûteux

Traitement long si pas de couloir
Produits irritants pour le berger

"POUR ON"



Rapidité d'emploi
Pas d'investissement

Très cher
Efficacité parfois insuffisante
(si diffusion non optimale du produit)

AÉROSOL

Rapide et ciblé pour petits effectifs
Pas très cher et traitement à la demande

Difficile pour grands effectifs
Nécessite une contention
Pas pour les tiques sans sites de fixation préférés

Nouvelles méthodes:

Systèmes à diffusion lente (boucles auriculaires)
Produits systémiques (ivermectine)
Phéromones + acaricides pour ↑ mortalité des tiques

IV. Lutte anti-vectorielle

• Lutte traditionnelle: détiquage manuel (désuet)

Effectué lors de la traite (mais pas tous les animaux)
Coûteux en temps et douloureux notamment sur l'anus et les mamelles

• Lutte écologique: Modification du biotope de la tique pour rendre difficile voire impossible l'accomplissement de son cycle de développement

- Rotation des pâturages → ↓ infestation des zones fréquentées et ↓ les stades infestants pendants l'utilisation des pâturages

- Absence de pâturage pendant la période d'activité de la tique

- Evitement des zones très infestées par les tiques (mais les tiques sont là où sont les vaches qui sont là où est l'herbe…)

- Plantes toxiques ou répulsives pour les tiques (mais zones de pâturage peuvent correspondre à des zones de culture)

- Feu de brousse (mais effet paradoxal d'infestation massive après le feu)

IV. Lutte anti-vectorielle

• Lutte biologique: détruire les tiques (phase parasitaire et phase libre) par des prédateurs ou des parasitoïdes

Pouvoir utiliser un phénomène naturel observé pour éliminer les tiques à grande échelle ; possibilité de submerger la population de tiques par la population du parasite ou du prédateur (élevage)

- Champignons et bactéries

Nombreuses bactéries isolées des tiques mais peu s'avèrent pathogènes!

Metarhizium anisopliae/Bauveria bassiana: effet létal confirmé mais lent, sous conditions environnementales particulières et spores à appliquer sur les tiques pour ↓ la viabilité des œufs

- Parasitoïdes (*Ixodiphagus hookeri* le seul testé)

150 000 insectes parasitoïdes lâchés sur 4 ha pour ↓ infestation par *A. variegatum* sur 10 vaches!

- Fourmis, pique-boeufs , poulets

1 espèce de fourmi Solenopsis rendue responsable de l'absence de B. microplus dans son aire

1 pique-bœuf peut consommer 15g tiques/j (100 femelles Boophilus ou 7000 larves A. variegatum)

1 poulet peut consommer 80 tiques/h

IV. Lutte anti-vectorielle

• Résistance des animaux de rente aux tiques: Réaction innée des hôtes aux tiques

Observé dès 1912 en Australie pour *B. microplus*
Rejet des tiques, ↓ taux de gorgement, ↓ poids des tiques, ↓ taux d'éclosion
Résistance dépend:

- race: zébus (80% ind avec >98% de rejet) - taurins exotiques (1%)
- fréquence de contacts avec la tique

Mêmes observations avec les espèces africaines
Mais… avec *A. variegatum*…

- Infestation répétée par des tiques adultes n'entraîne pas d'immunité
- Mauvaise transmission du caractère « faiblement infesté »
- Infestation des bovins dépend principalement du comportement de l'animal et des autres animaux du troupeau (dynamique d'infestation)

Programmes de sélection dans certaines races parfois créées mais succès mitigés

IV. Lutte anti-vectorielle

• Vaccination anti-tique: Réaction acquise de l'hôte aux tiques

Premiers travaux à la fin des années 1970
Observation: Injection d'extraits de femelles semi-gorgées *B. microplus* entraîne la diminution du taux de gorgement des tiques.

Ag non masqués: substances entrant habituellement en contact avec l'hôte (PR de la salive, cément du tégument) → même effet que l'infestation répétée

Ag masqués: substances habituellement non présentées par la tique à son hôte (cellules intestinales ou d'autres organes) → réaction immunitaire supplémentaire à l'infestation naturelle répétée

Ex: perforation du TD des tiques avec des Ag de cellules intestinales dont a été isolée la glycoPR Bm86

Nouvelle voie de recherche: Blocage de la prise complète de repas sanguin par la femelle à l'aide de l'antagoniste de la substance transmise au moment de l'accouplement par le mâle à la femelle (= substance levant la pause préprandiale de la femelle)

Commercialisation de 2 vaccins (australiens et cubains)

PARTIE V:
Recherches sur les tiques
Prédiction du risque et optimisation de la lutte

V. Distribution des tiques et de leur pathogènes

- Contexte: globalisation des échanges / changements climatiques
- Demande mondiale: prédiction du risque des maladies animales et humaines

Prédiction du risque:

Habitat favorable + hôtes disponibles + contact hôte-tique favorable

« Niche naturelle d'une maladie vectorielle » ***(Pavlovsky, 1966)***

Chaque maladie se maintient et se transmet préférentiellement au sein d'une aire géographique définie dont les conditions environnementales sont favorables aux populations de vecteurs et/ou d'hôtes intervenant dans le système épidémiologique.

→ Maladie à transmission vectorielle stricte: bon indicateur = tique vectrice

V. Distribution des tiques et de leur pathogènes

Quelles sont les phases critiques pour la tique?

- Survie des stases libres immatures ou adultes
- Vitesse et saisonnalité du développement (pupaison, ponte)
- Rythme de gorgement et détachement des stases parasitaires
- Activité de recherche d'un hôte ou d'un partenaire sexuel

Quelles sont les facteurs environnementaux associés?

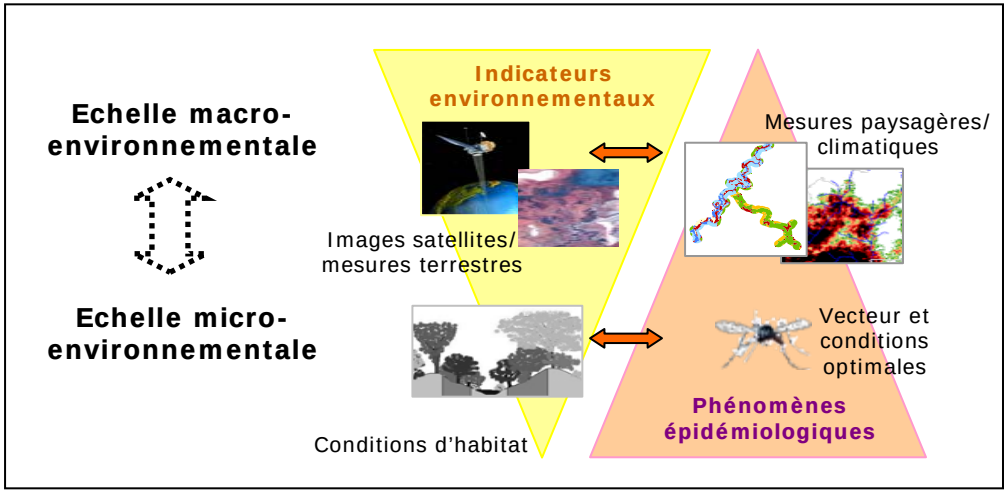
- Température de l'habitat (optimal entre
- Humidité relative de l'habitat (optimal entre
- Photopériode (obscurité nécessaire)

+ *Altitude, géologie/pédologie, paysage…*

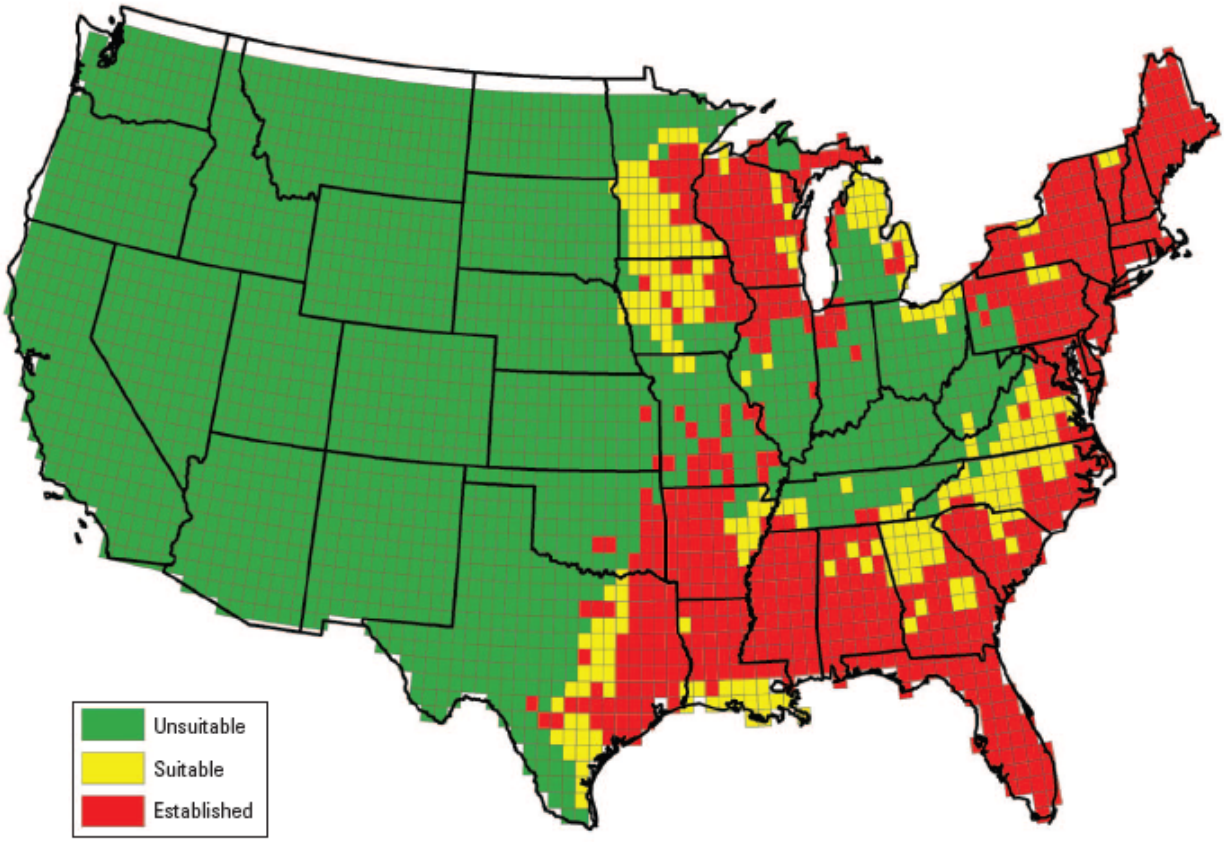
- Présence d'hôtes

Ces facteurs peuvent-ils être mesurés par les données extérieures disponibles?

Changements d'échelle

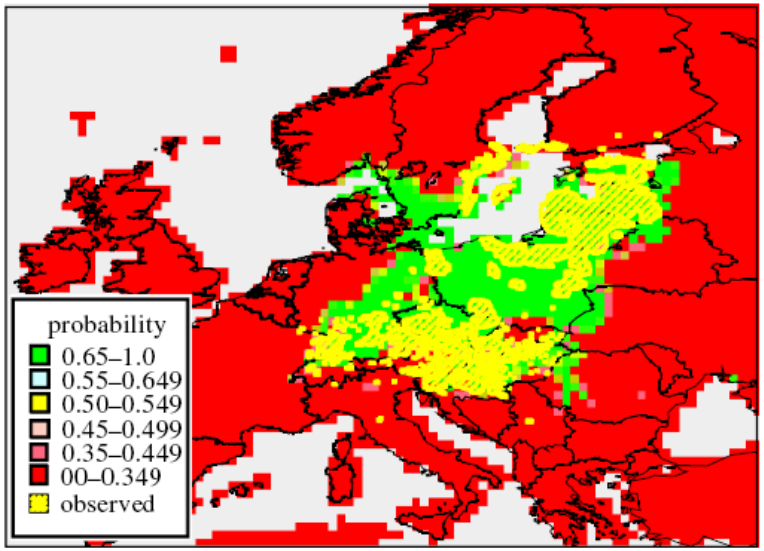


Brownstein JS, Holford TR, Fish D. A climate-based model predicts the spatial distribution of the Lyme disease vector ***Ixodes scapularis*** in the United States. Env Health Perspectives 111(9): 1152-1157.



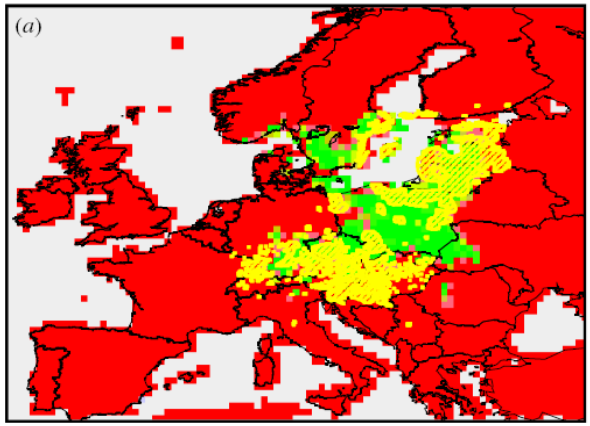
Modèle logistique spatial de distribution
Basé sur la notion d'habitat favorable en fonction de la température et l'humidité

Randolph SE, Rogers DJ. Fragile transmission cycles of **tick-borne encephalitis** virus may be disrupted by predicted climate change. Proc Bio Sci 267(1454):1741-4.

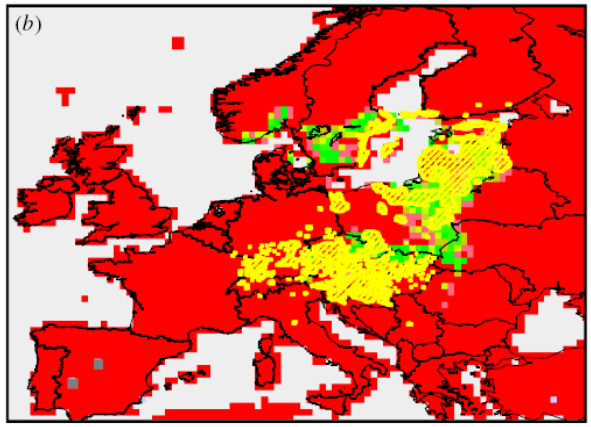


Actuellement

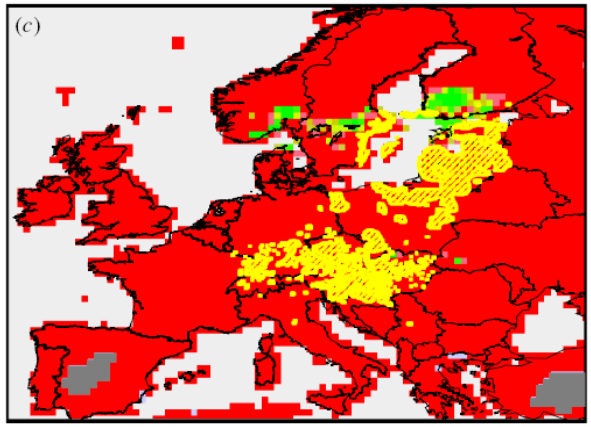
2020



2050



2080



Modèle logistique spatial de distribution
Corrélé à la température, pluviométrie et l'humidité
Résultats inclus dans un modèle prédictif climatique

Aucune étude sur la distribution des tiques molles?

1 article sur la distribution locale et la dynamique saisonnière d'*Argas persicus* au Sénégal ***(Gueye 2004)***
1 étude sur la distribution d' *O. sonrai* en Afrique de l'ouest ***(Trape et al. 1996, Vial 2005)***

<u>Difficulté supplémentaire par l'endophilie des tiques molles:</u>

Habitat souterrain tamponne les variations climatiques extérieures
→ Comment agit le climat extérieur sur le micro-climat de l'habitat?
Habitat souterrain fait intervenir d'autres paramètres importants
→ Nature du sol, structure du paysage…

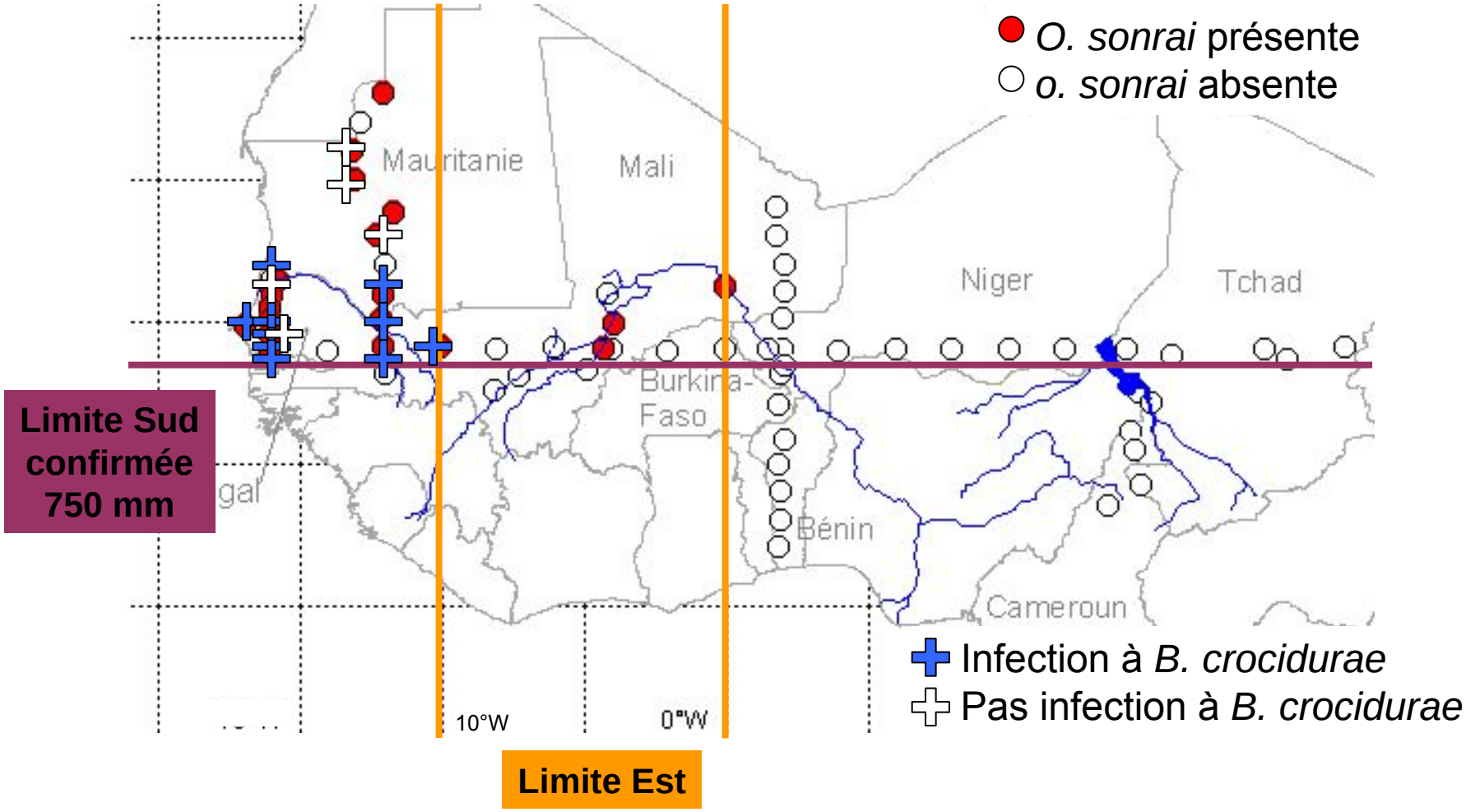
Vial L 2005. Eco-épidémiologie de la borréliose à tiques à Borrelia crocidurae en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat. Université Montpellier II Sciences et Technologies du Languedoc, France. 236pp.

Modèle logistique de distribution

Collectes historiques en Afrique de l'ouest 1950-1960 ***(Morel 1969)***
Collectes actualisées en Afrique de l'ouest par degré carré en transects 2003-2005)
Données environnementales terrestres (Pluies d'hiver et d'été, Températures, Ensoleillement, Altitude)

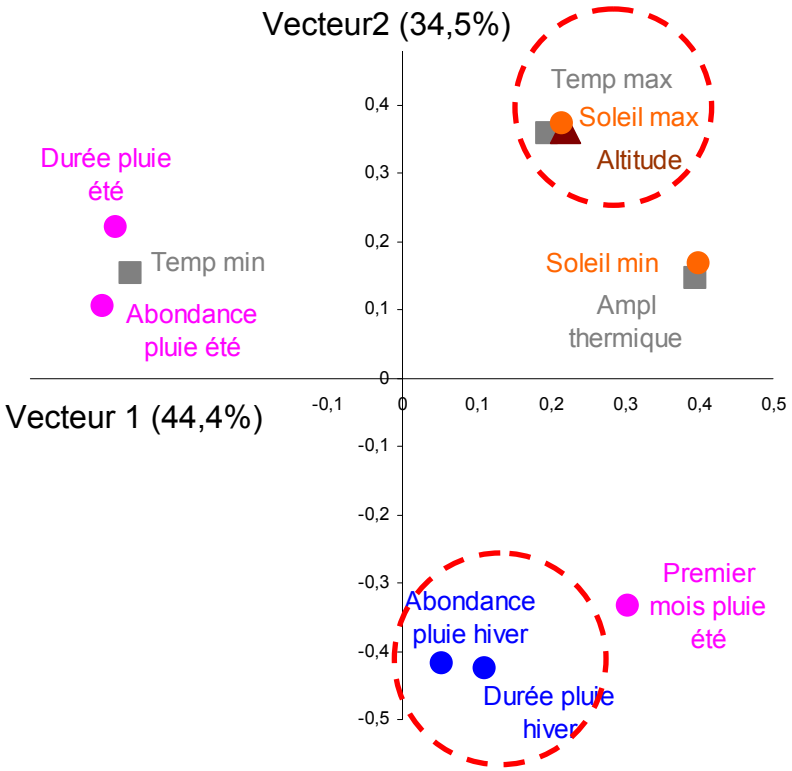
Résultats des collectes:

Présence d'*O. sonrai* : 21 sites + (32%) 177 terriers + (6%) >3000 tiques



Résultats de la corrélation avec les paramètres environnementaux en E-O:

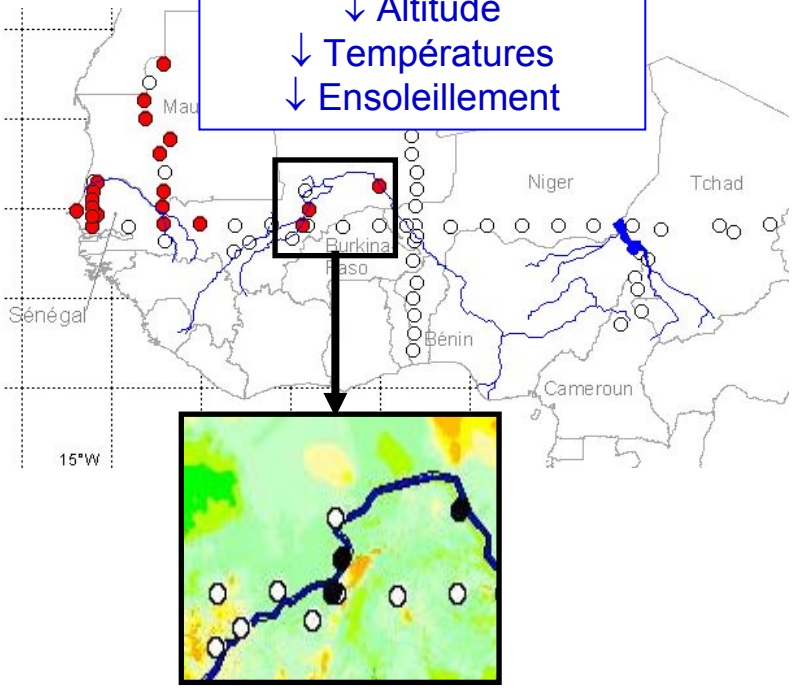
ACP



Ouest ← **Est**

Climats différents

↑ Faibles pluies hiver
↓ Altitude
↓ Températures
↓ Ensoleillement



Régression logistique: Présence = f(Environnement)

Vecteur 1	NS
Vecteur 2	**S**

Topologie des paysages

Proximité du fleuve
↑ Humidité des sols
↓ Températures

Résultats de l'étude rétrospective des collectes et du climat:

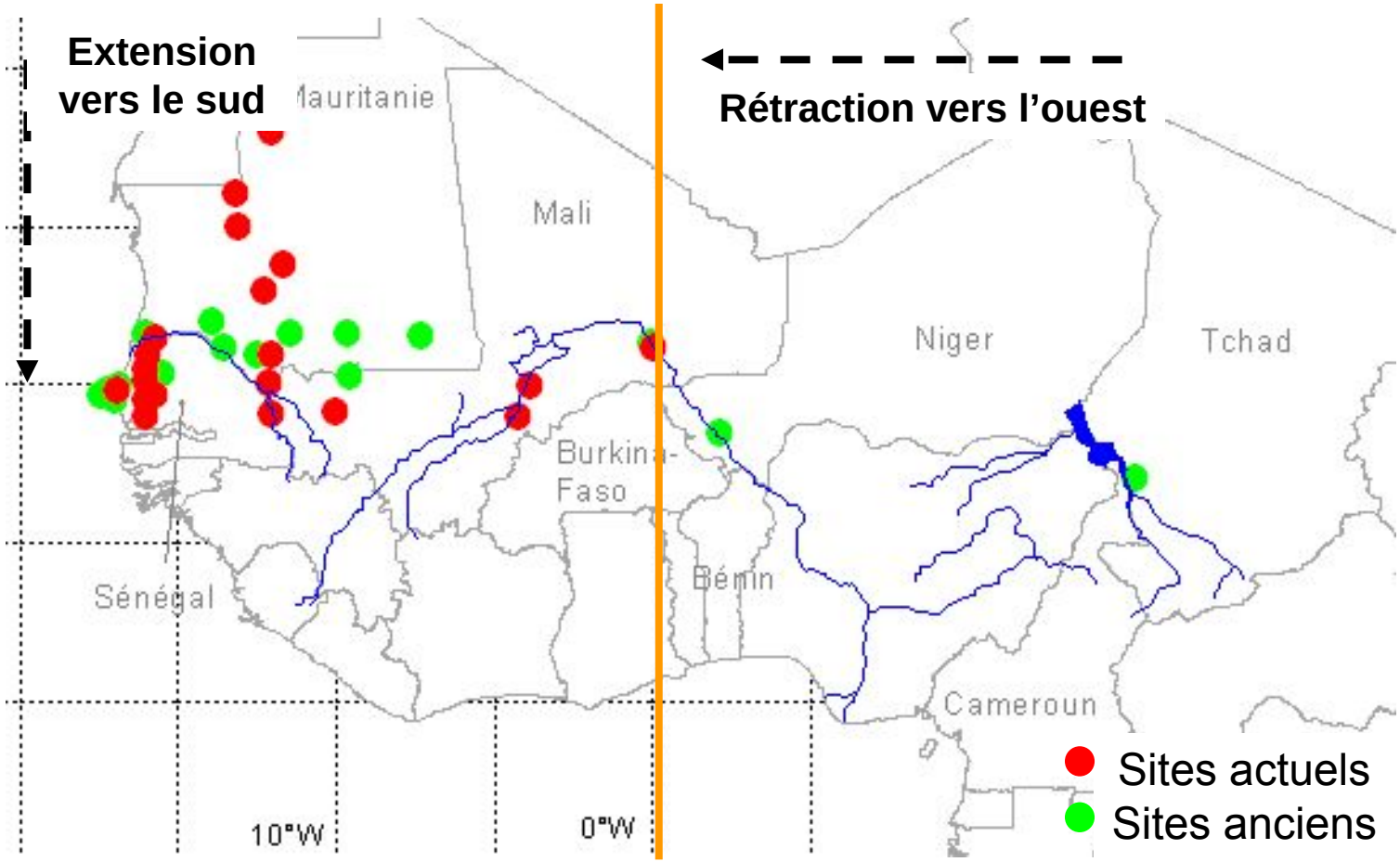
1950-1960

↓

Actuellement

↓ Abondance et durée pluies hiver

Descente des isohyètes



Limite Est actuelle

V. Dynamique des tiques et de leurs hôtes

Prédiction du risque:

Habitat favorable + hôtes disponibles + contact hôte-tique favorable

Quels indices permettent de mesurer la disponibilité des hôtes?

Abondance des hôtes
Diversité des hôtes
Composition des communautés d'hôtes

Quelles facteurs peuvent influencer les contacts?

Préférences trophiques de la tique (ubiquité → spécificité d'hôte)
Superposition des habitats et micro-habitats
Dynamiques des tiques et des hôtes

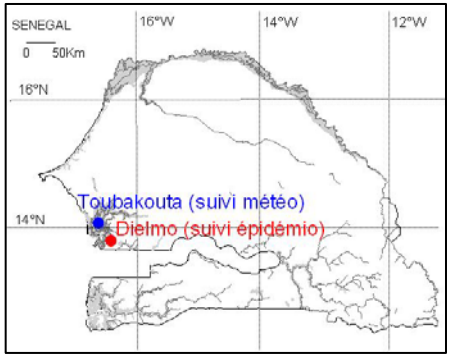
Exemple de la TBRF à *O. sonrai-B. crocidurae* au Sénégal:

Suivi longitudinal systématique de la TBRF en 1990-2003 à Dielmo, Sénégal

Clusters spatiaux de cas humains durables dans le temps

Epidémie de TBRF en 1996-2002 (incidence 5 fois supérieure)

Saisonnalité de TBRF (maximum en mars et minimum en octobre)



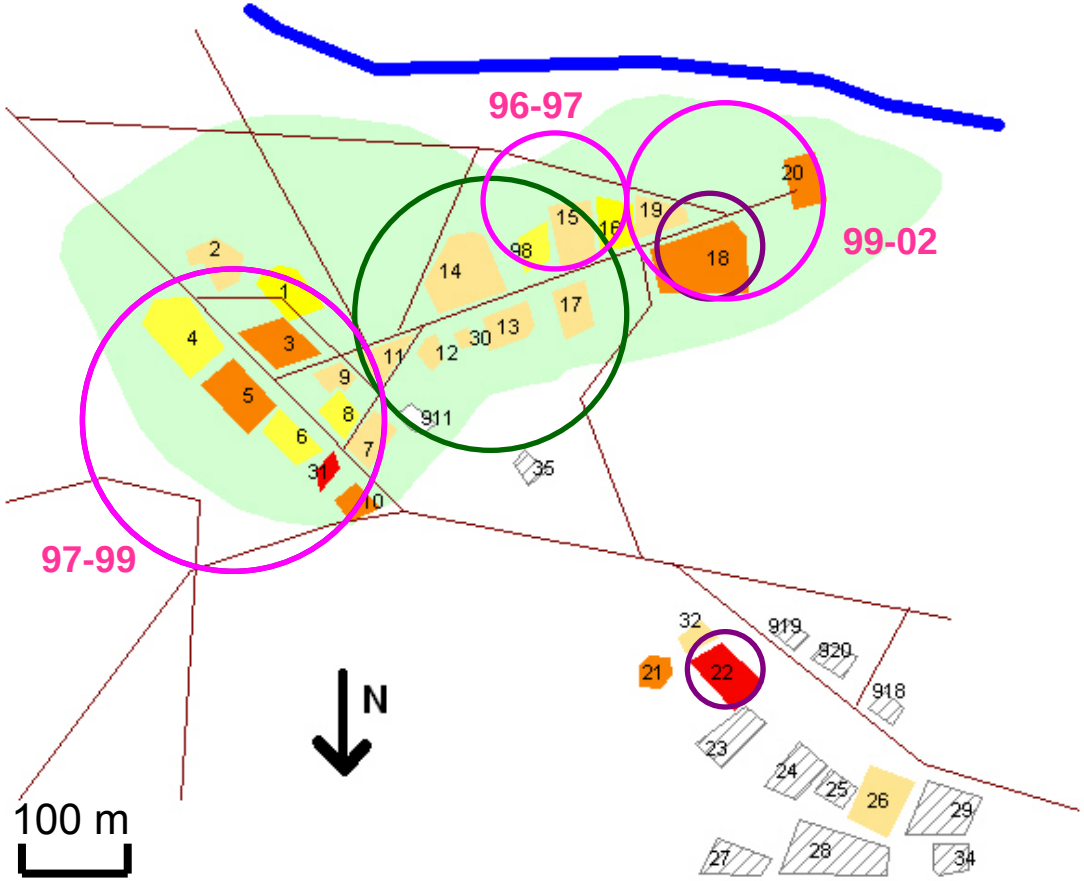
Quelle est l'influence de la dynamiques des hôtes d'*O. sonrai* et réservoirs de *B. crocidurae* sur cette dynamique temporelle?

- Collecte systématique de tiques en 1991 et 2002
- Captures de rongeurs et insectivores en 1991 et 2002 et analyse bibliographique sur les variations saisonnières d'abondance dans la zone
- Détection de *B. crocidurae* chez les tiques et rongeurs par PCR
- Collecte de la pluviométrie mensuelle entre 1990 et 2003

Variations spatiales:

2 clusters spatiaux + : nombreux cas tout le temps

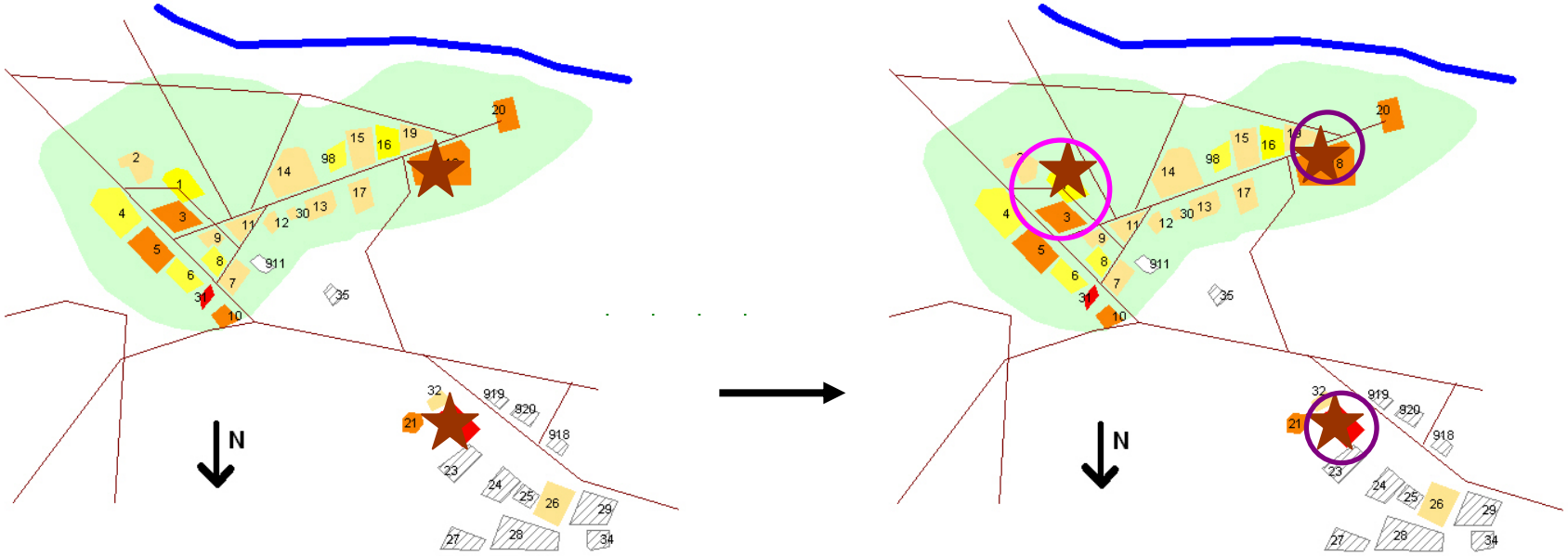
1 cluster spatial - : peu ou pas de cas tout le temps



1 cluster spatio-temporel + : épidémie de 1996

Vial. 2005

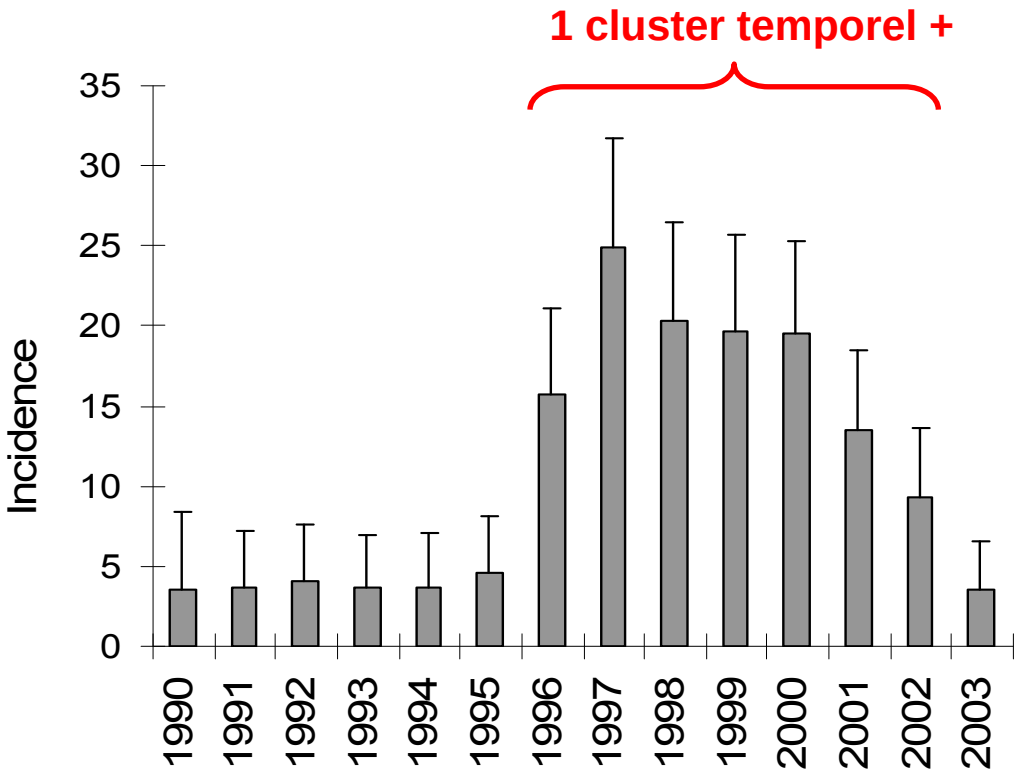
1991 **2002**



Sédentarité d'*O. sonrai* ⇒ micro-foyers stables de borréliose

Vial. 2005

Variations annuelles: composition des communautés d'hôtes



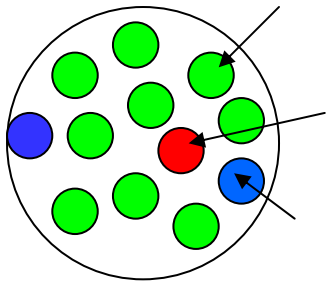
Épidémie entre 1996 et 2002

Vial et al. 2006

« Effet dilution » *(Ostfeld & Keesing 2000)* : hypothèse d'ubiquité du vecteur pour l'hôte

1991

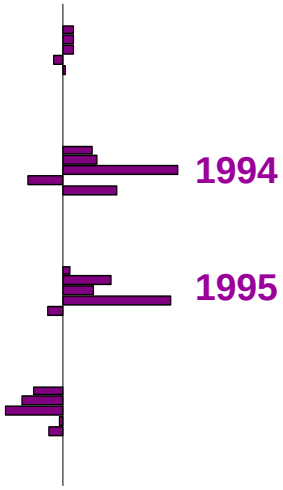
Nombreux réservoirs médiocres
⇒ Faible infection du vecteur
⇒ Faible transmission à l'homme



M. erythroleucus : 90% - 6% infecté

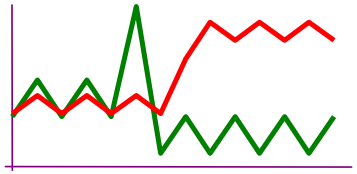
C. olivieri : 0,4% - ?

4 autres espèces



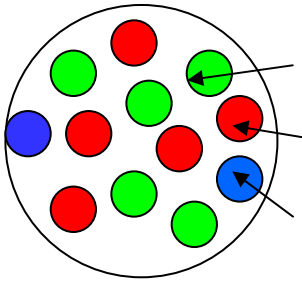
Changement de composition des réservoirs
⇒ Épidémie de 1996 à 2002

Quel facteur déclenchant ?



2002

↑ Excellents réservoirs
⇒ ↑ Infection du vecteur
⇒ ↑ Transmission à l'homme



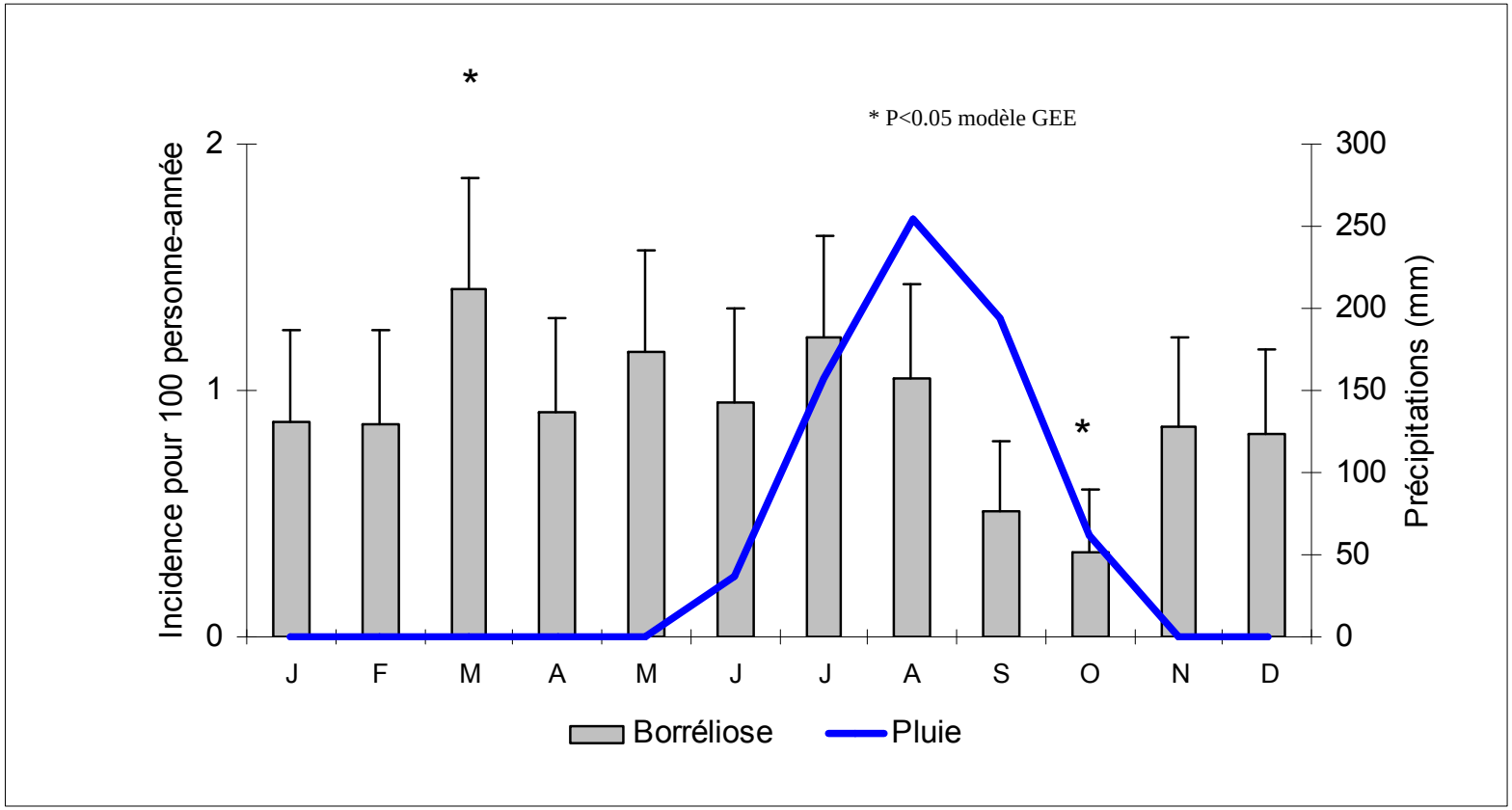
M. erythroleucus : 49% - 23% infecté

C. olivieri : 20% - 73% infecté

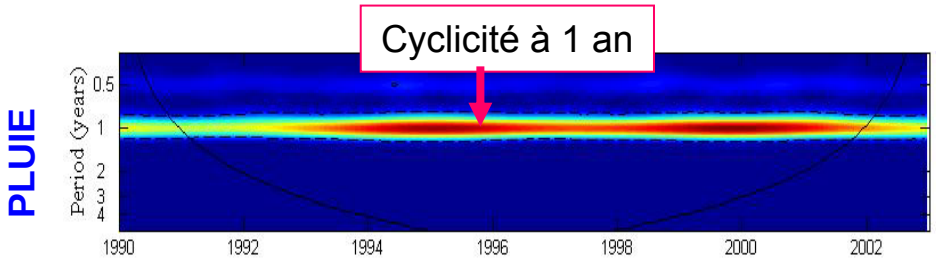
5 autres espèces

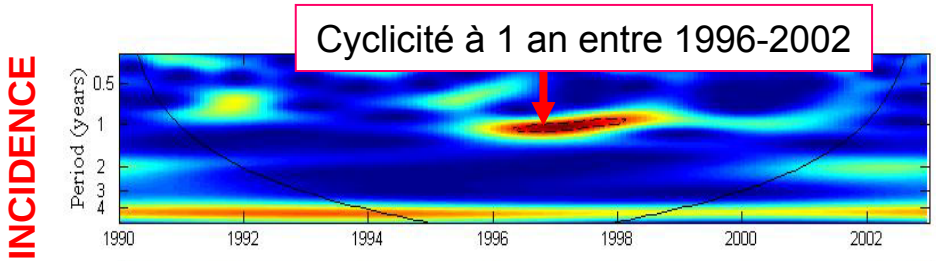
Vial. 2005

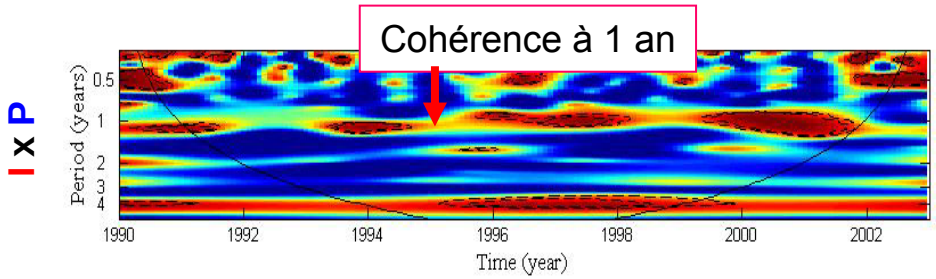
Variations saisonnières: abondances des communautés d'hôtes

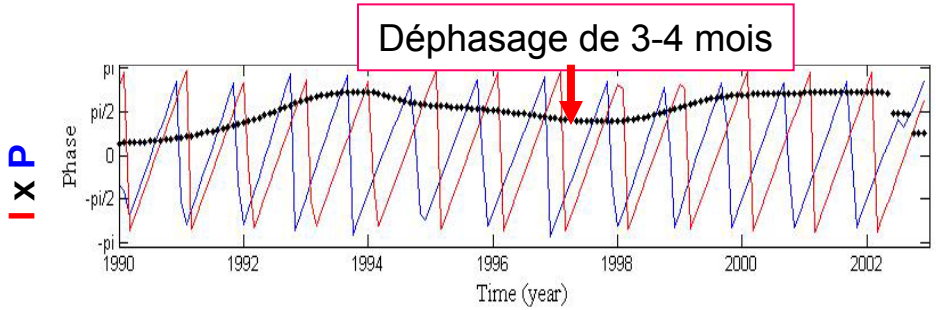


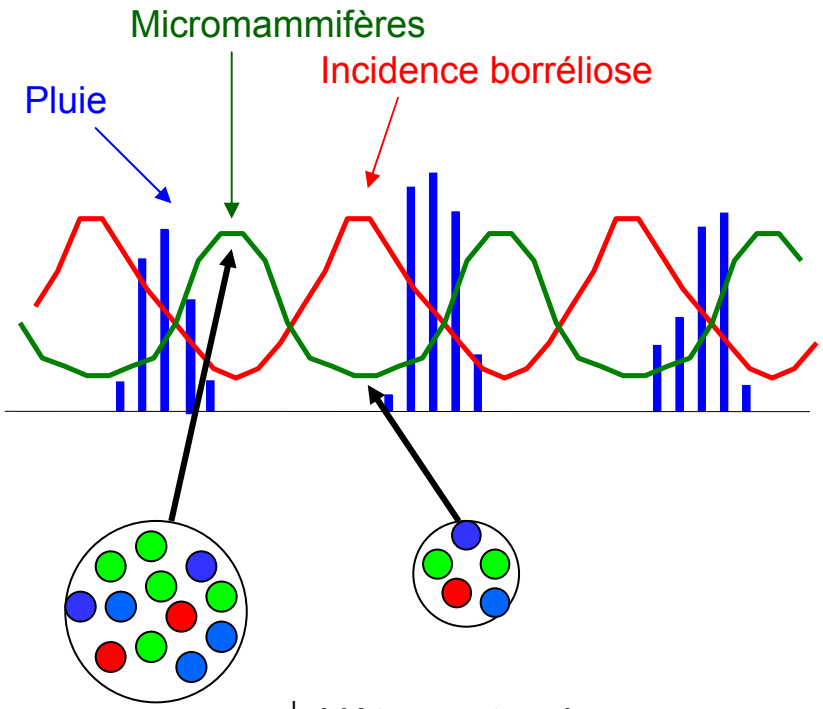
Vial. 2005











↓ Hôtes naturels
↑ Hôtes de substitution
↑ Transmission à l'homme

Ubiquité pour les hôtes ⇒
changement occasionnel d'hôte

Vial. 2005

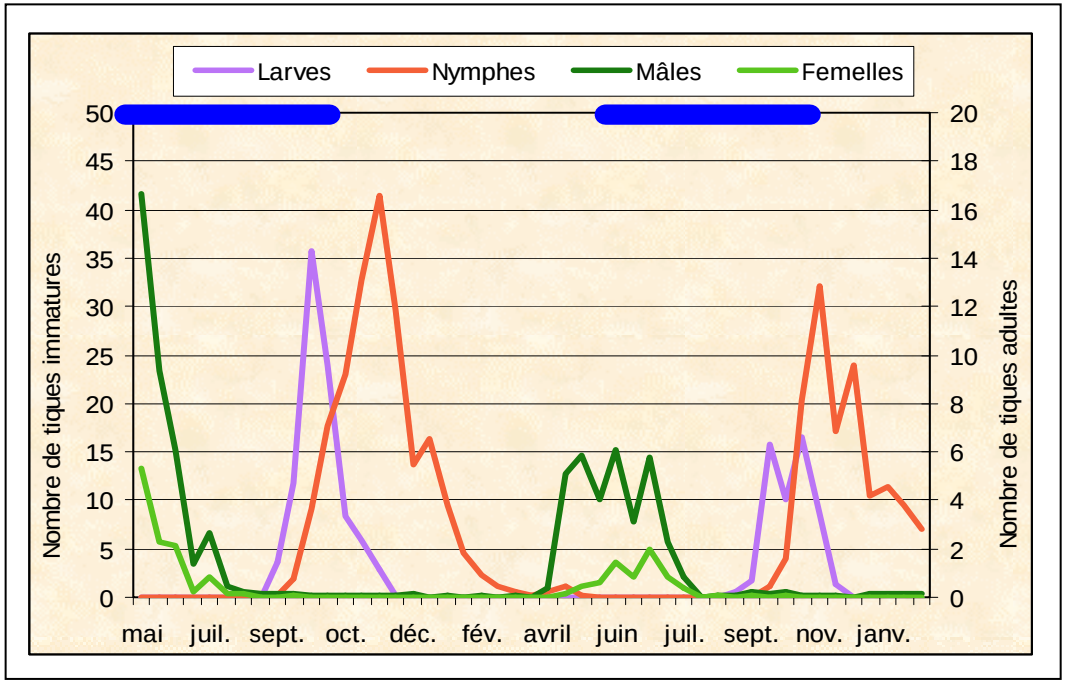
V. Recherche et lutte anti-tique

• Contexte: lutte anti-vectorielle repose majoritairement sur les acaricides Toutefois, en Afrique, les techniques d'applications sont souvent chères et contraignantes pour les éleveurs nomades.

• Une meilleure connaissance de la dynamique saisonnière des populations de tiques et de la dynamique d'infestation des animaux de rente par les tiques permettrait d'optimiser ces techniques.

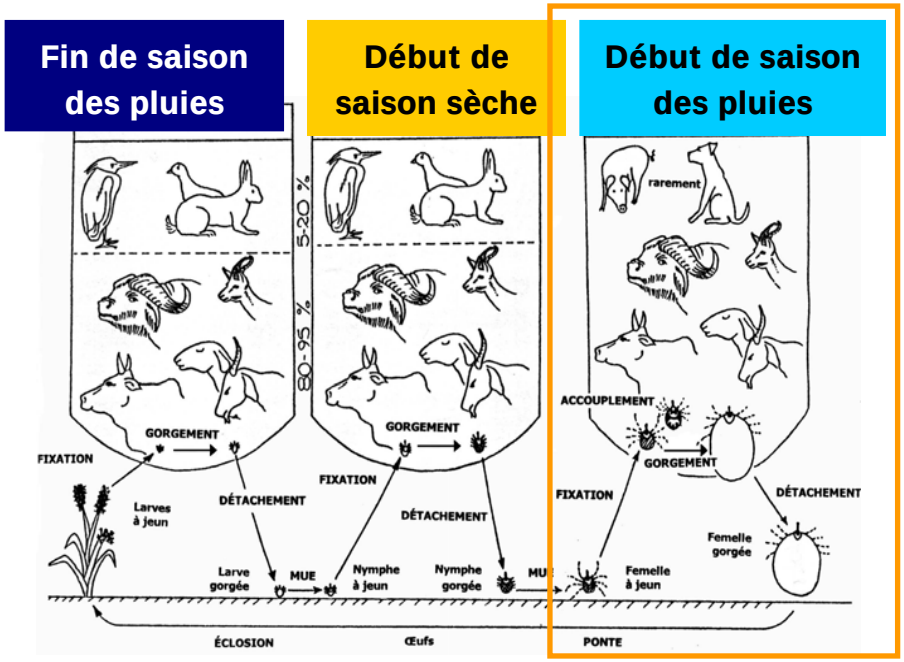
Ex: Lutte contre *A. variegatum* en Afrique de l'ouest

Suivi de veaux entre naissance et 8 mois ; infestation contrôlée tous les 15 jours ; immatures laissés en place; adultes enlevées.

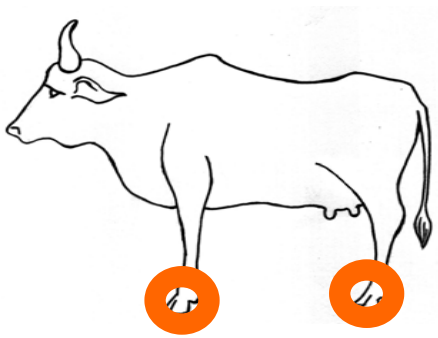


Larves et nymphes ne provoquent pas de pertes directes quantifiables.

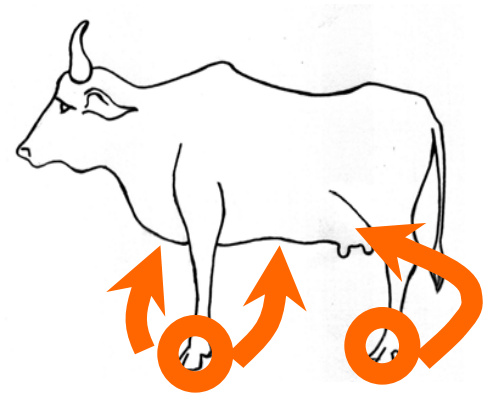
Lutte dirigée exclusivement contre les adultes, pendant la saison des pluies.



Etude du processus d'invasion des bovins par les tiques adultes:



1. Tiques activées par le passage des bovins
2. Tiques se dirigent vers les bovins et se fixent rapidement et provisoirement dans les espaces inter-digités sur les pieds

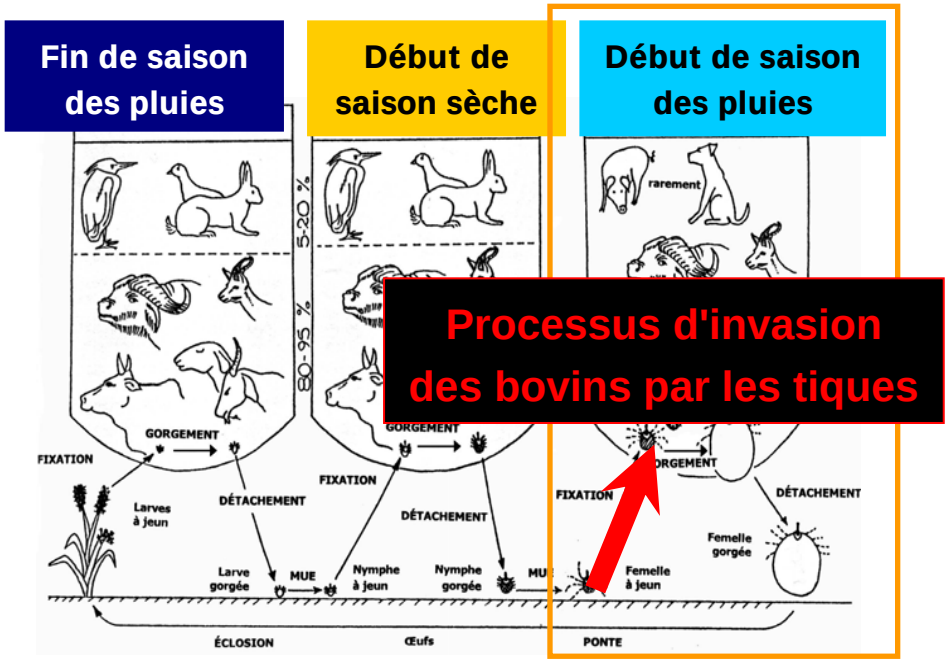


… quand les animaux sont couchés

3. Déplacement des tiques et fixation sur corps

Quand les bovins reviennent du pâturage, presque toutes les tiques sont encore fixées sur les pieds

Lutte dirigée exclusivement contre les adultes, en début de saison des pluies.



Lutte peut ne concerner que les parties déclives de l'animal si traitement le soir au retour du pâturage.

Rapide et pas cher
Efficace si traitement le soir (tous les 2-3j)
Efficace aussi contre les glossines

Installation fixe (investissement de départ)
Traitement régulier

PÉDILUVE