

Domestiquer les insectes?

Philippe Le Gall & Frédéric Marion-Poll

AgroParisTech, Département Sciences de la vie et santé

Institut de Recherche pour le Développement

Laboratoire Evolution, génomes, Comportement, Ecologie (EGCE)

CNRS, Gif-sur-Yvette

Sommaire

1. Qu'est ce qu'un insecte?
2. Les insectes et l'homme
3. Consommer des insectes
4. Insectes domestiques?
5. Caractères de domestication
6. En guise de conclusion: les Insectes et l'Homme, un nouveau paradigme

Qu'est-ce qu'un insecte?

Arthropodes: squelette externe et chitine

Les insectes sont des Arthropodes, animaux articulés (le corps est divisé en segments) chez qui le tégument (la peau) contenant de la chitine est rendue rigide par ses constituants chimiques; elle compose un squelette externe.



Les arthropodes

On connaît des Arthropodes

- Aquatiques marins
- Aquatiques d'eau douce
- Terrestres:
 - ✓ Crustacés
 - ✓ Arachnides:
 - ✓ scorpions+
 - araignées+ Acariens
 - ✓ Myriapodes= mille-pattes
 - ✓ Insectes



Des antennes

- Un corps divisé en 3 parties
- leur respiration est aérienne

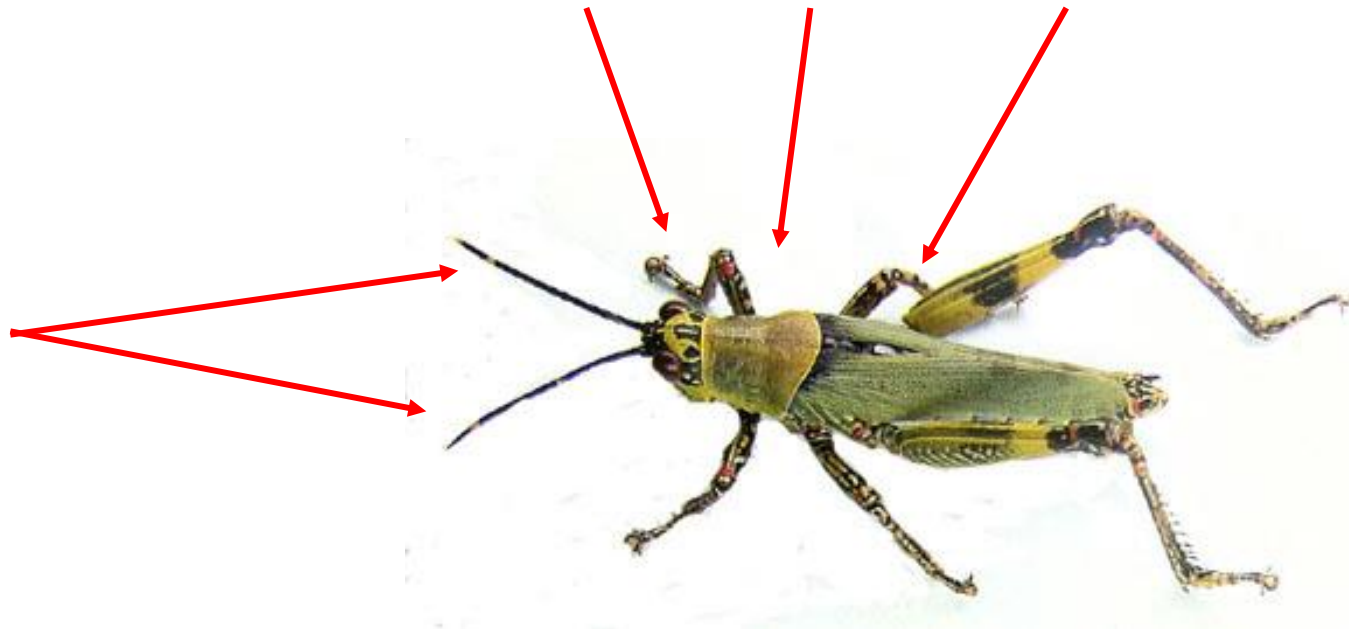
HEXAPODES

INSECTES

- les pièces buccales sont visibles

tête thorax abdomen

a
n
t
e
n
n
e
s



Les insectes et l'homme



Nos compagnons



La diversité des insectes et leur abondance ont de tous temps impressionné les hommes. Par leur aspect, leur impact sur l'agriculture et sur la santé humaine ou animale, ils font peur. Mais ils sont aussi des compagnons de toujours: jeux des enfants campagnards, nouveaux animaux de compagnie et, bien souvent, ils composent une partie de l'alimentation de nombreuses populations.

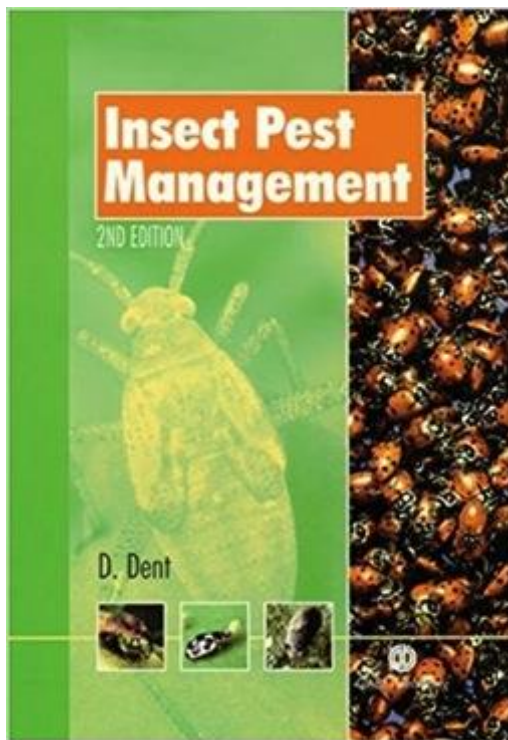
Enfin, ils envahissent notre imaginaire et par là sont associés au risque, à la nature et ses bienfaits et font partie des bestiaires traditionnels.



Des Ravageurs

70 milliards / an: le coût estimé des insectes (Bradshw et al., 2016)

10 000 espèces impliquées



La peur des insectes: moustiques, puces et autres vecteurs

Des centaines de milliers de décès, un coût social et économique sans commune mesure avec la taille de nos « *Ennemis* » (Mangin, 1882), les insectes nous font peur.



Des insectes utiles

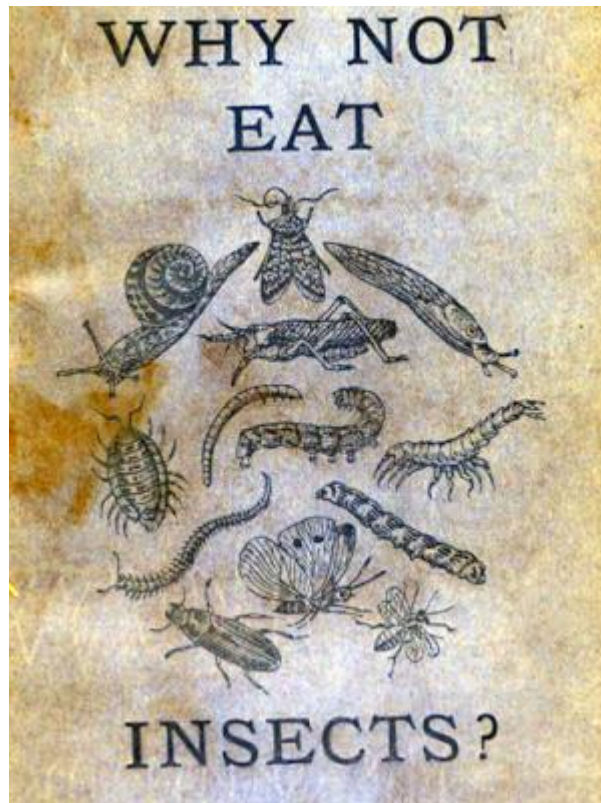
Les insectes sont indispensables à la survie des écosystèmes et de nos productions agricoles

- Pollinisateurs
- Auxiliaires des cultures
- Structuration des sols
- Recycleurs



Consommer des insectes?

Entomophagie: une vieille idée..



V.M. Holt 1885
(couverture originale)

I.

FRENCH.

Menu.

Potage aux Limaces à la Chinoise.
Morue bouillie à l'Anglaise, Sauce
aux Limaçons.
Larves de Guêpes frites au Rayon.
Phalènes à l'Hottentot.
Bœuf aux Chenilles.
Petites Carottes, Sauce blanche aux
Rougets.
Crème de Groseilles aux Nemates.
Larves de Hanneton Grillées.
Cerfs Volants à la Gru Gru.

96

I.

Les insectes une nourriture traditionnelle

Dès l'origine, l'homme a consommé des insectes. Près de 2000 espèces consommées ont été relevées dans la littérature. Mais cela ne représente que 0,2% des espèces connues.

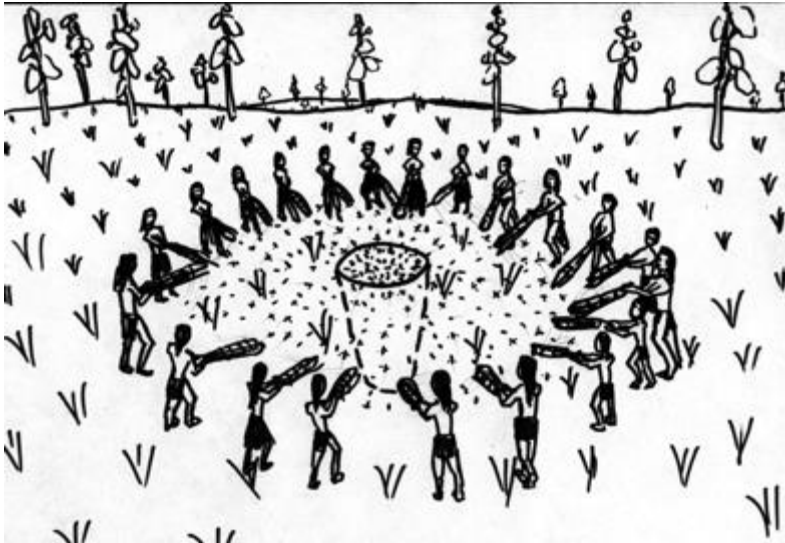


Coprolithes humains contenant des restes d'insectes ©Tommaseo-Ponzetta

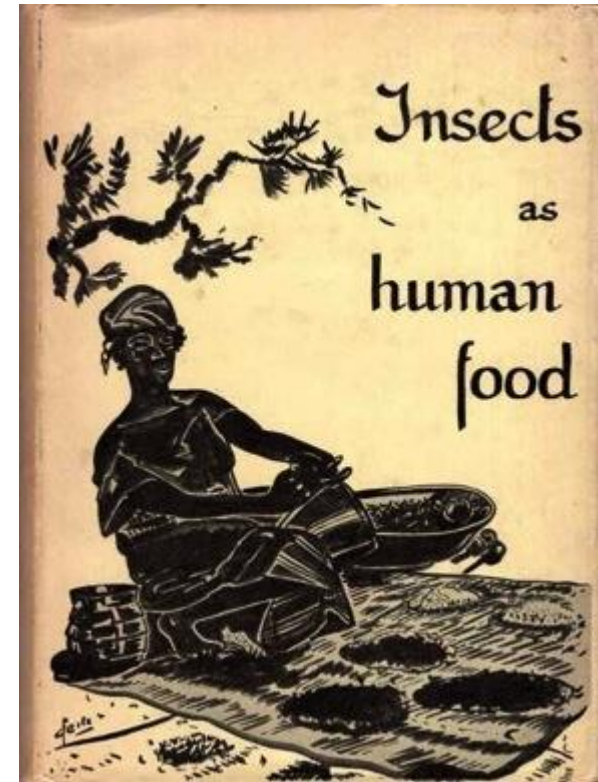


Repas d'insectes
Cameroun ©Fumtim IRD

Entomophagie – une pratique culturelle et sociale



Chittenden, H.M. and A.D. Richardson.
1905. *Life, letters and travels of Father
Pierre-Jean DeSmet, S.J., 1801-1873.*
Harper, New York, NY.



Bodenheimer S.F. 1951
The Hague; Junk Publ.
(couverture originale)

Les espèces élevées pour la consommation humaine

Une majorité de ravageurs, espèces disponibles à l'origine dans les laboratoires

Grillon domestique	<i>Acheta domesticus</i>
Criquet migrateur africain	<i>Locusta migratoria migratorioides</i>
Ver de farine géant	<i>Zophobas atratus morio</i>
Ver de farine	<i>Tenebrio molitor</i>
Ver Buffalo	<i>Alphitobius diaperinus</i>
Chenille de la fausse teigne	<i>Galleria mellonella</i>
Criquet pèlerin d'Amérique	<i>Schistocerca americana gregaria</i>
Grillon à ailes courtes	<i>Grylodes sigillatus</i>
Chenille de la petite fausse teigne	<i>Achroia grisella</i>
Chenille du bombyx	<i>Bombyx mori</i>

Espèces “populaires”

Ver de farine:
cycle = 4-5 mois



Mouche soldat
Cycle ~45 j



Insectes domestiques?

Une définition

« Au sens étymologique, sont « domestiques » les animaux qui vivent sous le toit de l'homme, qui font partie de la famille et en un sens plus large, de la société humaine. La familiarisation ou le dressage d'un animal pris dans un processus de domestication est inséparable du fait qu'il faut pourvoir à son alimentation, prévenir ses besoins et le protéger. Cette relation de proximité et d'appropriation recouvre tout à la fois la nécessité de préserver l'espèce domestiquée et l'exercice d'une pression sélective de l'homme sur l'animal . »

Gilles Tétart: Techniques & Culture Revue semestrielle d'anthropologie des techniques, 37 | 2001

Une seule espèce d'insecte domestique: le ver à soie

Textile millénaire la soie est un produit intimement lié à la biologie de nombreuses espèces d'insectes, Parmi les nombreuses espèces qui ont été utilisées pour la sériciculture, le ver à soie, *Bombyx mori* est la seule espèce d'insectes réellement domestiquée par l'homme. Aujourd'hui l'espèce, n'existe plus dans la nature, seules les populations élevées par l'homme subsistent.



Cocon de vers à soie



Adulte



Etudes sur la Maladie des vers à soie. Louis Pasteur, 1870

L'abeille entre domestique et sauvage

L'abeille domestique a un statut un peu particulier. Domestiquée, sélectionnée, faisant l'objet de plans de gestion parfois discutables, *Apis mellifera* est répandue dans le monde entier. Avec ses cousines asiatiques, elles se partagent entre colonies inféodées à l'homme et colonies sauvages.



Une ruche en montagne au Cameroun



Le Miel Blanc d'Oku Premier
Produit IGP d'Afrique

Espèces d'insectes en élevage

De nombreuses espèces disponibles sur les étagères. Un nombre important d'espèces élevées pour:

- Nouveaux Animaux de Compagnie
- L'alimentation des serres aux papillons
- La recherche
- Loisirs/collection
- La lutte biologique



Elever les espèces traditionnelles

La majorité des espèces consommées dans le monde sont encore récoltées dans la nature. Développer l'élevage de ces espèces est un réel enjeu de développement. Il y a urgence à développer des projets dans les pays sources.



Nutritional composition and safety aspects of edible insects

Birgit A. Rumpold and Oliver K. Schlüter

- substances toxiques produites par les insectes
 - Thiaminase résistante à la chaleur + autres toxines (*Anaphe*)
 - Quinones (vers de farine)
 - Substances de defense contre leurs prédateurs
- Allergies (consommateur, éleveur)
 - injectés (abeilles, guêpes, fourmis)
 - inhalés (exuvies, excreta, écailles, acariens...)
 - alimentaires ou par contact
- Toxines extrinsèques
 - Intoxications par aflatoxins présentes dans les aliments
 - Toxines/xenobiotiques ingérées et stockées par les insectes
 - Contaminations bactériennes

Sélectionner / domestiquer des insectes

Insectes & élevage

AVANTAGES

Besoins nutritionnels assez proches: méthodologies existantes

Hormones: différentes homme

Maladies: différentes homme

Diversité sources alimentation possibles

- Valorisation ressources peu utilisées issues de l'agriculture et de l'industrie agroalimentaire
- Valorisation cellulose & lignine

INCONVÉNIENTS

Conditions de production – gestion température / composition gazeuse (CO₂)

Taille réduite: vit dans aliments

Sensible aux insecticides

Croissance par paliers

Cannibalisme

Quelle stratégie pour sélectionner l'espèce à mettre en élevage?

Le choix de l'espèce doit respecter la distribution géographique et écologique de l'espèce. Il est essentiel d'éviter la dissémination d'espèces connues comme des ravageurs, en particulier dans les régions tropicales.

Nombre d'espèces ont leur équivalent dans les différentes régions. Ainsi, les vers de farine sont représentés en Afrique par le sous-genre *Afrotenebrio*.

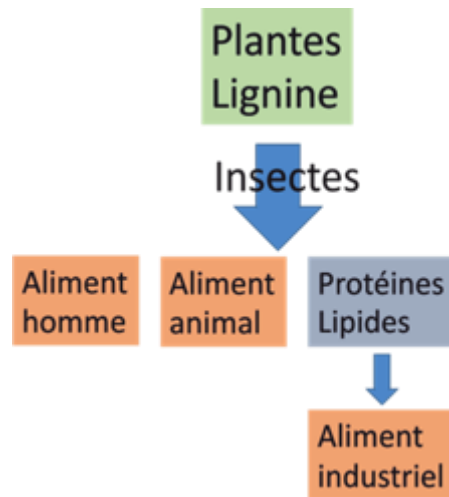


Deux grandes voies valorisation

PRODUITS “NOBLES”

Insectes de grande qualité
bonnes propriétés gustatives

Insectes comme farine



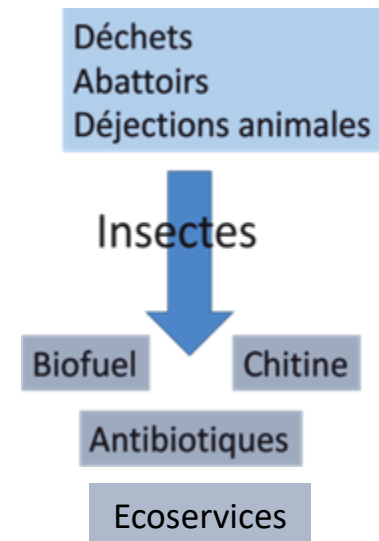
SOUS-PRODUITS DE L'AGRICULTURE

Protéines à coût modeste pour
remplacer/substituer protéines de
poisson ou de soja

Biofuel

Pharmacie

Chitine



Besoins court terme: réglementation, technologie

- Réglementation?
 - Importer espèces consommées dans autres pays
 - Etablir dossiers “novel food” pour espèces que l’on peut élever en Europe
 - Normaliser procédures de production, de stockage et conditions de consommation

- Technologies de production?
 - En fonction de la valeur ajoutée:
 - Faibles volumes: haute valeur ajoutée nécessaire.
 - Gros volumes: faible valeur ajoutée
 - Techniques d'élevage permettant de produire plusieurs centaines de t par mois
 - Développer gestion des stocks génétiques et analyse des caractères positifs pour alimentation et élevage

Besoins à long terme: processus de domestication

Caractères recherchés (sélection, transformation)

- Goût, valeur nutritionnelle avérée et coût production bas
- Espèces “dociles”
 - pas volant, pas comportement d’évasion: insectes peu mobiles (gène *foraging*?)
 - transport insectes vivants, conservation: diapause inductible ?
 - conditions de reproduction peu exigeantes: phéromones, comportement
 - comportement alimentaire/ aliments nouveaux? : gènes gustatifs, enzymes digestives?
 - limiter conséquences insectes échappés/transportés: espèce non-invasive
 - pas cannibalisme (diminution production, diffusion pathogènes, sélection difficile)
 - pas toxiques ou pathogènes ou allergogènes pour l’homme
- Résistance aux entomopathogènes (virus, bactéries, autres insectes)
- Gestion du stock génétique
 - stockage ovules, spermatozoïdes, embryons, larves ou adultes?
 - outils de transformation génétique

A long terme: processus de domestication

Insectes réellement intéressants si

1. Bonnes qualités gustatives et nutritives ou si source de produits à haute valeur ajoutée
 - Antibiotiques
 - Enzymes
 - Bioplastiques
2. Capables de transformer des produits mal exploités actuellement
 - Résistants aux normes de résidus pesticides définis pour l'homme (...)
 - Inventer nouvelles procédures? Combinant champignons et insectes?
3. Multiplication rapide et transport facile
 - Ressources saisonnières? = pas flux continu—ex: résidus de récolte. Comment les transformer rapidement avec une quantité suffisante d'insectes?

Les insectes et l'homme: un nouveau paradigme

Insectes et l'homme: un nouveau paradigme

IMPACT NÉGATIF

Cultures

Animaux élevage

Homme



IMPACT POSITIF

Lutte

- Auxiliaires naturels et introductions
- Lutte autocide
- Insectes prédateurs et parasitoïdes

Produits spécifiques

- Ver à soie
- Abeilles: miel, pollinisation
- Cochenilles

Alimentation

- Collecte
- Elevage



L'insecte médicinal? (Lupoli 2010)

UTILISER LES MOLÉCULES
D'INTÉRÊT

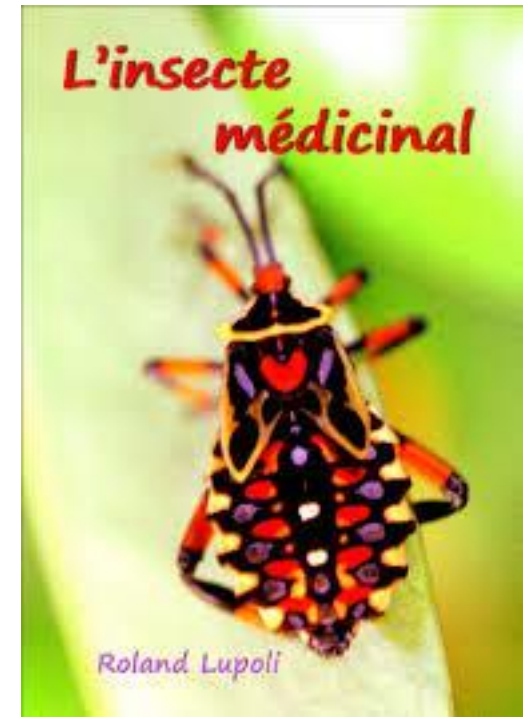
Pharmaceutique

Cosmétique

Compléments alimentaires

Industrie chimique

UN BESOIN CROISSANT DE
NOUVELLES MOLÉCULES



Nouvelles applications? digestion plastiques...



ENVIRONMENTAL
Science & Technology

2015

Article

pubs.acs.org/est

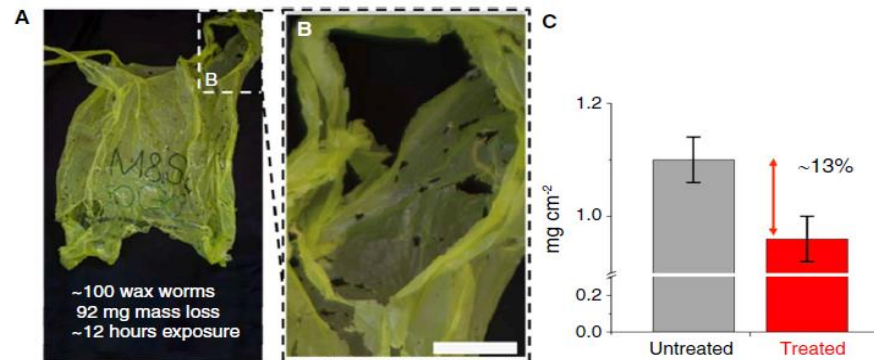
Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests

Yu Yang,[†] Jun Yang,^{*,†} Wei-Min Wu,[‡] Jiao Zhao,[§] Yiling Song,^{||} Longcheng Gao,[†] Ruifu Yang,[§] and Lei Jiang^{*,†}

Current Biology 27, R283–R293, April 24, 2017

Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*

Paolo Bombelli¹,
Christopher J. Howe^{1,*},
and Federica Bertocchini^{2,3,*}



Merci de votre attention...

