

Chapitre III — Le Tube Digestif, les Régimes Alimentaires et la Digestion

III.1. Introduction

Les insectes utilisent leur système digestif pour extraire les nutriments de leur alimentation. Les macromolécules (protéines, glucides, lipides) ingérées sont décomposées en molécules simples (acides aminés, sucres, acides gras) absorbables par les cellules. Tous les insectes possèdent un système digestif complet, avec un canal alimentaire allant de la bouche à l'anus dans lequel les aliments circulent en sens unique.

Système digestif complet vs incomplet

Le système digestif complet (présent chez tous les insectes) permet une spécialisation des zones en ingestion, stockage, digestion et absorption. Il s'oppose au système incomplet d'autres invertébrés (hydres, vers plats) qui ne disposent que d'une seule ouverture servant à la fois de bouche et d'anus.

III.2. Composition du système digestif

III.2.1. La cavité préorale et les glandes salivaires

Chez les insectes broyeur (Coléoptères, Orthoptères), la cavité préorale est délimitée par le labre (lèvre supérieure), les mandibules, les maxilles et le labium (lèvre inférieure). L'hypopharynx la subdivise en :

- Le cibarium (fond) : où s'ouvre la bouche
- Le salivarium : où débouche le canal salivaire

La salive est un liquide clair et aqueux (pH proche de la neutralité) contenant des mucopolysaccharides. Ses fonctions sont :

- Humidification et lubrification des aliments
- Transport des enzymes digestives (amylase, invertase) — initiation d'une digestion extra-orale
- Chez les insectes piqueurs-suceurs : anticoagulants, vasodilatateurs, anesthésiants

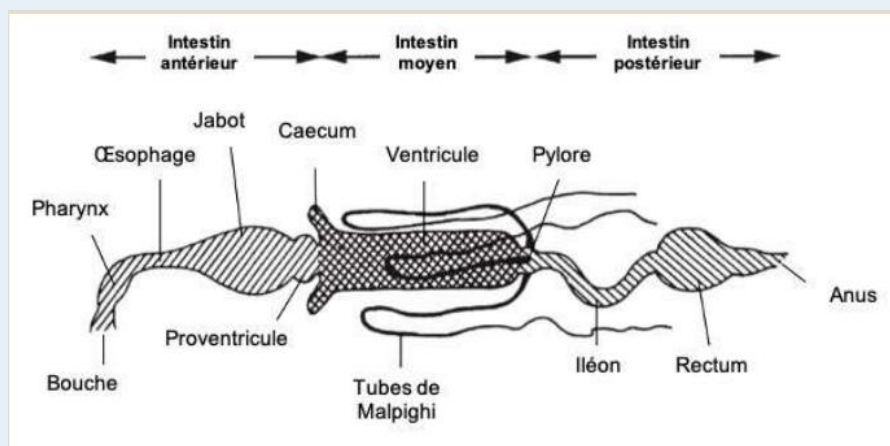


Figure III.1 — Schéma général du tube digestif d'un insecte (criquet). Stomodeum, mésentéron, proctodeum et structures associées.

III.2.2. L'intestin antérieur (Stomodeum)

D'origine ectodermique, l'intestin antérieur est tapissé d'une cuticule protectrice (intima). Il comprend :

1. Pharynx : pompe musculaire aspirant les aliments de la cavité buccale grâce aux muscles cibariaux.
2. Œsophage : tube simple reliant le pharynx au jabot.
3. Jabot : organe de stockage où débute une prédigestion enzymatique grâce aux enzymes salivaires et/ou aux enzymes régurgitées de l'intestin moyen.
4. Proventricule (gésier) : chez certains insectes, organe musculaire équipé de denticules cuticulaires qui broient les aliments (rôle comparable au gésier des oiseaux). Très développé chez les Blattes et les Grillons.
5. Valve stomodéale : sphincter musculaire contrôlant le flux entre l'intestin antérieur et l'intestin moyen.

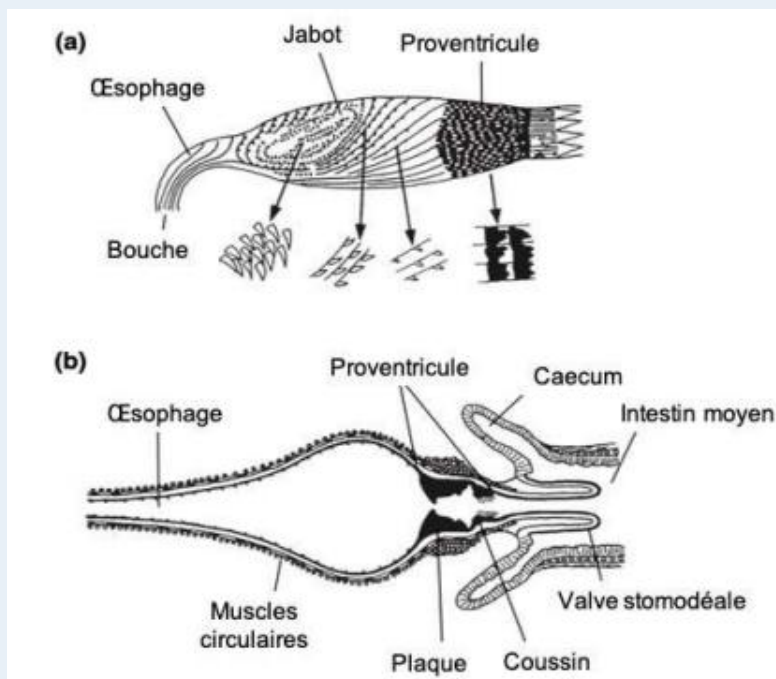


Figure III.2 — Adaptations de l'intestin antérieur pour la digestion mécanique. (a) Coupe sagittale de l'intestin antérieur d'un criquet (d'après Williams, 1954). (b) Proventricule de *Periplaneta* (d'après Snodgrass, 1935).

III.2.3. L'intestin moyen (Mésentéron / Ventricule)

D'origine endodermique, le mésentéron n'est pas tapissé de cuticule mais d'une membrane péritrophique — membrane semi-perméable composée de fibrilles de chitine dans une matrice protéino-glucidique. Elle protège les cellules digestives sans inhiber le passage des nutriments.

Le mésentéron est le site principal de la digestion enzymatique et de l'absorption. Il comprend :

- Cæcums gastriques (antérieurs) : projections en doigt de gant qui augmentent la surface d'absorption. Leur nombre varie selon les espèces : 2 chez les Gryllidae, 6 chez les Acrididae, 8 chez les Blattodea.
- Ventricule : portion tubulaire principale, tapissée d'entérocytes à microvillosités.
- Valve pylorique (postérieure) : sphincter régulant le passage vers l'intestin postérieur ; point d'insertion des tubes de Malpighi.

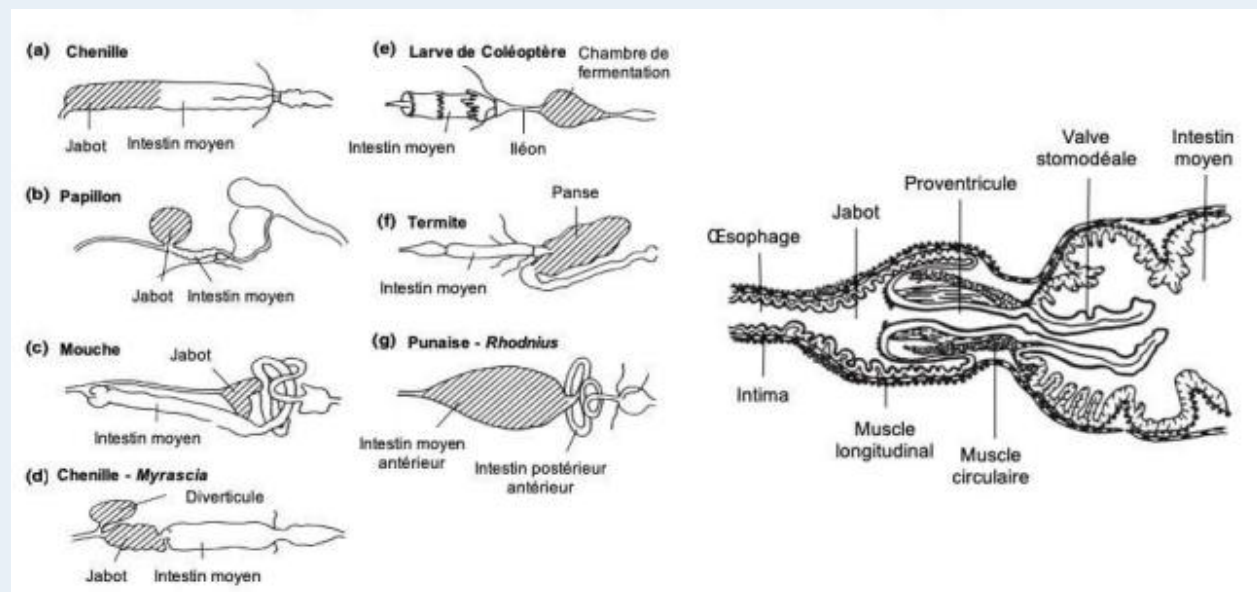


Figure III.3 — Types de stockage de la nourriture dans le tube digestif. (a-d) Stockage dans l'intestin antérieur ; (e-f) postérieur ; (g) moyen.

III.2.4. Les tubes de Malpighi

Structures filiformes (semblables à des spaghettis) s'insérant à la jonction mésentéron/proctodeum. Ils s'étendent dans la cavité abdominale et constituent les organes excréteurs principaux. Leur rôle :

- Extraction des déchets azotés (NH_4^+) de l'hémolymphe
- Conversion du NH_4^+ (toxique) \rightarrow urée \rightarrow acide urique (semi-solide, non toxique)
- L'acide urique est évacué dans l'intestin postérieur et éliminé dans les fèces

Avantage de l'acide urique

La production d'acide urique (au lieu d'urée ou d'ammoniac) est une adaptation clé à la vie terrestre : l'acide urique est peu toxique, faiblement soluble dans l'eau et peut être éliminé sous forme solide ou semi-solide, minimisant ainsi les pertes d'eau — crucial pour les insectes terrestres.

III.2.5. L'intestin postérieur (Proctodeum)

D'origine ectodermique, il est tapissé d'une fine cuticule perméable. Ses subdivisions sont :

- Pylore : mélange résidus alimentaires et sécrétions des tubes de Malpighi ; contrôle par sphincter.
- Iléon (et côlon) : réabsorption finale des nutriments et de l'eau ; peut héberger des microorganismes symbiotiques (termites, Scarabaeidés).
- Rectum : sac dilaté avec 6 coussinets rectaux permettant la récupération de plus

de 90 % de l'eau contenue dans les fèces avant leur expulsion. Chez certaines larves d'Odonates, le rectum forme une chambre branchiale.

III.3. Physiologie de la digestion

III.3.1. Enzymes digestives

Le stock enzymatique est adapté au régime alimentaire de l'espèce :

Régime	Enzymes principales	Exemple
Omnivore	Large gamme (protéases, amylases, lipases)	Blatte (<i>Periplaneta</i>)
Hématophage	Principalement protéolytiques	Moustique (<i>Anopheles</i>)
Nectarivore	Invertases	Abeille (<i>Apis</i>)
Xylophage (bois)	Cellulases (souvent via symbiotes)	Termite (<i>Reticulitermes</i>)

Digestion des protéines : endopeptidases (trypsines, chymotrypsines) + exopeptidases (carboxypeptidases, aminopeptidases). Les larves de mites dégradent la kératine.

Digestion des glucides : α - et β -glucosidases pour les disaccharides ; endoglucanases, exoglucanases, β -glucosidases pour la cellulose (souvent avec l'aide de la flore symbiotique).

Digestion des lipides : estérases du mésentéron hydrolysant les lipides en di/monoacylglycérides et acides gras libres.

III.3.2. Absorption des nutriments

Le mésentéron est le principal site d'absorption. Deux types de mécanismes :

- Absorption passive : diffusion selon le gradient de concentration.
- Absorption active : nécessite de l'énergie (pompes ATPases) ; permet le transport contre le gradient. Exemple : acides aminés couplés au transport de K^+ .

L'eau est absorbée avec les aliments dans le mésentéron (gradient osmotique créé par éjection d'ions dans la lumière), puis réabsorbée à plus de 90 % dans le rectum.

III.4. Défenses métaboliques et rôle de l'intestin moyen

Les plantes produisent des substances toxiques secondaires pour se défendre des insectes phytophages. L'intestin moyen est le siège de mécanismes de détoxification :

- Substances hydrosolubles : métabolisées directement dans les voies métaboliques primaires.
- Substances lipophiles : converties en composés hydrosolubles par des systèmes enzymatiques (cytochromes P450, oxydases microsomiales) pour faciliter leur excrétion.

✓ *Manduca sexta* et la nicotine

Les larves de *Manduca sexta* (Sphingidae) consomment du tabac (*Nicotiana*). La nicotine, très toxique, est oxydée dans l'intestin moyen par des microsomes oxydases en nicotine-N-oxyde, une forme moins toxique qui est ensuite excrétée via les tubes de Malpighi.

III.5. Rôle écologique des excréments

Les excréments ne sont pas simplement des déchets. Ils jouent un rôle dans les interactions écologiques :

- Les parasitoïdes (guêpes) utilisent les composés chimiques des fèces (ex. : phénols) pour localiser leurs hôtes larvaires dans les cultures.
- Le miellat des pucerons (liquide sucré excrété) attire les fourmis qui, en échange, protègent les pucerons contre leurs prédateurs (relation mutualiste). Les guêpes parasitoïdes utilisent également le miellat pour évaluer l'état du complexe puceron/plante.

i Application en protection des végétaux

La connaissance des sémiochimiques présents dans les excréments et le miellat peut être exploitée pour la surveillance des populations de ravageurs (piégeage olfactif) et pour le développement de stratégies de confusion ou d'attraction-destruction.