

## Le Développement Embryonnaire des Arthropodes.

### I\ Généralités.

Dans la *majorité des cas*, le *jeune arthropode*, au moment de l'éclosion, a un *aspect larvaire*. Les formes larvaires varient fortement d'un groupe à l'autre. On distingue **deux types de développement embryonnaire**.

#### A\ Développement de type anamorphique.

Ce type de développement est aussi appelé **développement dilaté**. Au moment de l'éclosion, **tous les segments ne sont pas formés**. Les *nouveaux segments s'ajouteront en avant du pygidium* au fur et à mesure des mues. On peut citer l'exemple des **limules** (Xiphosures) dont la *larve trilobitomorphe* va acquérir progressivement le nombre de segments et d'appendices définitifs. Dans le cas des *araignées de mer* (Lycmagonides), on a *trois paires d'appendices au départ* ; les autres se formeront au cours des mues.

La plupart des **chélicérates** et des **crustacés** sont **anamorphiques**, ainsi que les **insectes amétaboles** (sans ailes).

#### B\ Le développement épimorphique.

Ce type de **développement est direct**. Le **nombre de segments est définitif** au moment de l'éclosion. C'est le type le plus répandu chez les **insectes (ptérygotes)** bien que les larves ne ressemblent pas à l'adulte.

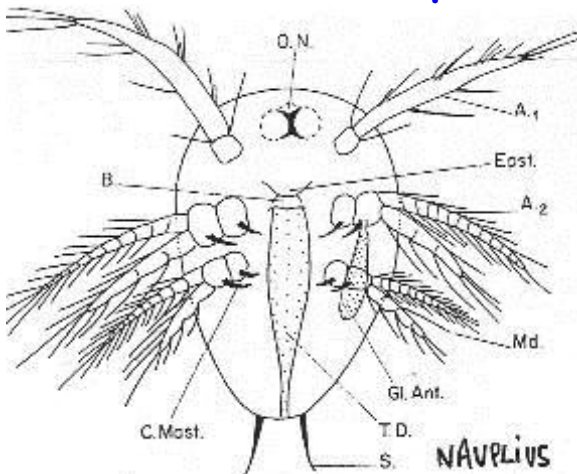
→ Le **développement post-embryonnaire est très riche en variations de détails**. On détaillera les types les plus intéressants et les plus complexes : les crustacés et les insectes.

### II\ Le développement post-embryonnaire des crustacés.

On passe d'un **développement anamorphique (formes nageuses)** à un **développement épimorphique (forme benthiques)**. On prendra comme exemple les crustacés **pénéides (décapodes)**. On distingue **plusieurs stades larvaires** et ce sont les *mues successives* qui permettent de passer les divers stades. Le schéma général est :

1-Nauplius → 2-Métanauplius → 3-Protozoé → 4-Zoé → 5-Mysis.

## A\ Le stade Nauplius.



A l'éclosion apparaît cette *larve nageuse et planctonique*. Le corps mesure 0,5mm de long. C'est la *forme la plus primitive* chez les crustacés. Son existence n'est pas généralisée car les crustacés peuvent éclore à divers stades larvaires.

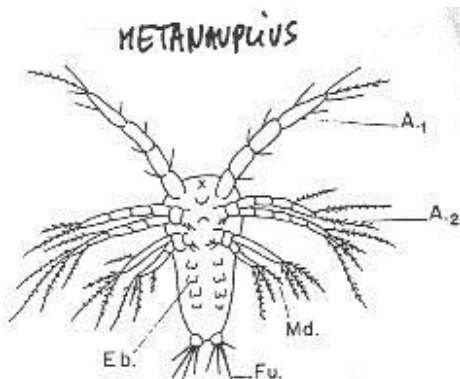
Le corps est *ovoïde*, sans trace de segmentation apparente. Il est prolongé par *deux soies caudales* et il porte *trois paires d'appendices* (antennes, antennules, mandibules). Le **protopodite des antennes et des mandibules** porte sur sa face interne, des **endites à rôle masticateur**.

Dans la *région antérieure*, on a un **œil nauplien** (impair) et **dorsal**. Celui-ci résulte de la *fusion de plusieurs ocelles* (deux latérales et une médiane).

→ Le corps, apparemment non segmenté, comprend en réalité l'*acron*, les *segments oculaire, antennulaire, antennaire et mandibulaire* et le *telson*.

Il existe **plusieurs stades nauplius** qui ne diffèrent que par l'*ornementation de la cuticule* et par une organisation croissante de l'anatomie. La durée de vie cette larve est de **1,5 jour**. La dernière mue permet le passage au stade suivant.

## B\ Le stade métanauplius.



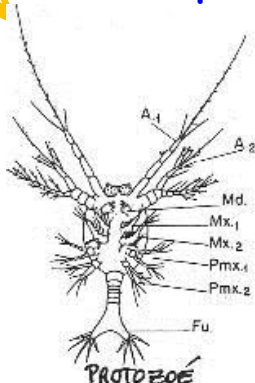
La larve a une **forme de raquette**. Elle mesure au maximum 0,6mm de long. Elle possède des *ébauches des quatre métamères post-mandibulaires* qui ont donc les *bourgeons des maxillules, des maxilles* et des *deux premières paires de pattes mâchoires*.

Le *telson* est pourvu d'une **furca** donnant *deux expansions latérales*.

Cette larve subit *jusqu'à sept mues sans modifications majeures*, le tout en *1 jour et demi*.

La dernière mue permet le passage au stade suivant.

## C\ Le stade protozoé.



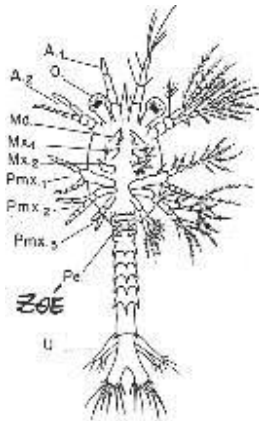
On commence à reconnaître la *forme des la crevette*: on a alors **deux régions**: une *région antérieure, ovale avec carapace* et une *région postérieure, cylindrique, allongée*, portant des *traces de segmentation* (**furca développée**).

On trouve ensuite **cinq paires d'appendices céphaliques** qui ont acquis leur organisation définitive. *L'œil nauplien est encore fonctionnel, mais sans carapace. Les yeux composés sont pédonculés.*

C'est le **stade le plus long** ; les mues se poursuivent sur **4 à 5 jours** et la larve atteint **1,5mm**.

*A la fin de ce stade, les yeux sont bien différenciés et la segmentation de l'abdomen est achevée.*

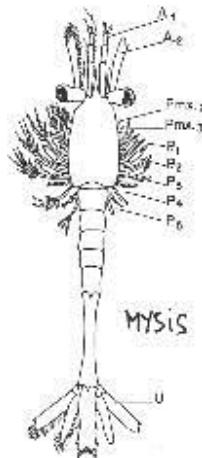
## D\ Le stade zoé.



Ce stade dure **trois jours** et se caractérise par l'apparition de la **troisième paire de PMx** (pattes mâchoires). On voit apparaître l'ébauche des **cinq segments du péréion**.

Les **segments abdominaux** sont bien distincts mais seuls le dernier segment abdominal porte des appendices : les **uropodes** et le **telson** → la **lame caudale**.

## E\ Le stade mysis.



Au cours de ses mues, la larve acquiert des **pléiopodes**. Les **segments thoraciques** sont différenciés et portent les **péréiopodes P1 à P5**. Le **céphalon** et le **péréion** se recouvrent d'une **carapace non divisée** : le **céphalopéréion**.

La dernière mue donnera l'adulte.

A. 1. : antennule ; A. 2. : antenne ; B. : bouche ; C. Mast. : crochet masticateur ; Eb. : ébauche des 4 métamères postmandibulaires et de leurs appendices ; Epst. : épistome ; Fu. : furca ; Gl. Ant. : glande antennaire ; Md. : mandibule ; O. N. : œil nauplien ; S. : soies ; T. D. : tube digestif.

**Les stades larvaires des groupes primitifs s'insèrent dans le développement post-embryonnaire des groupes les plus élevés.**

TENDANCES RÉVÉLÉES PAR LE DÉVELOPPEMENT DES MALACOSTRACÉS

ORGANISME	TYPE LARVAIRE					ADULTE
	Nauplius	Protozoé	Zoé	Mysis	Mégaloce	
Mysidé	Libre	Libre	Libre	Manquant	Manquant	Type Mysidé
Pénéidé	Libre	Libre	Libre	Libre	Manquant	Type Macroure
Néphropsidé	Dans l'œuf	Dans l'œuf	Dans l'œuf	Libre	Manquant	Type Macroure
Brachyoure	Dans l'œuf	Dans l'œuf	Libre	Libre	Libre	Type Brachyoure

- Chez les **Mysidés** (crevettes nageuses), le développement post-embryonnaire commence avec la **larve nauplius** et s'achève au **stade zoé**. L'adulte est de type **mysidé**.

- Chez les Péréidés, on retrouve les cinq stades, de nauplius à mysis.
- Chez les Malacostracés, comme la langoustine, il y a **éclosion au stade mysis**.
- Chez les Brachyours, il y a rajout d'un stade **mégalo**pe dont la structure rappelle celle de l'adulte.

*Chaque fois que les crustacés sont adaptés aux eaux douces, les stades larvaires sont abrégés et chez les écrevisses, le développement est direct.*

### III\ Développement post-embryonnaire des insectes.

A l'exception des aptérygotes, la *larve possède tous ses segments à l'éclosion*. Cette larve devra subir des transformations plus ou moins importantes avant d'atteindre le *stade adulte reproducteur (le stade imago)*.

On distingue **quatre types de développement post-embryonnaire** d'où quatre groupes d'insectes.

#### A\ Le développement amétabole.

On rencontre ce type développement chez les **aptérygotes** (Collemboles, Thysanoures). Les jeunes ressemblent aux adultes mais sont plus petits. *Le nombre de segments définitifs s'acquière définitivement mais sans métamorphose*. La mue d'adulte, ou imaginale, donne l'imago qui possède des gonades fonctionnelles.

*Les adultes continuent à grandir par mues successives qui alternent avec des cycles de reproduction.*

#### B\ Les insectes hétérométaboles paurométaboles.

Ces insectes sont des **ptérygotes**. On trouve différents ordres comme : les **Orthoptères**, les **Dictyoptères**, les **Phasmoptères**, les **Dermaptères** (perce-oreille) et les **Hyménoptères** (punaises).

*L'éclosion va libérer une larve différant de l'adulte par sa taille et l'absence de pièces génitales et d'ailes. Ce cycle de développement est dit holobiontique (dans le même milieu).*

*Le développement est progressif : il y a augmentation de la taille et développement des pièces génitales et des ailes. Les ailes apparaissent au niveau du mésothorax et du métathorax (en position dorsale). Elles sont d'abord enfermées dans les replis du tégument (les ptérothèques). Chez les larves, les ébauches d'ailes sont visibles extérieurement : ce sont des exoptérygotes.*

*La mue imaginale montre une croissance accélérée des pièces génitales et des ailes on obtiendra alors un adulte qui ne mue plus et qui pourra connaître plusieurs cycles de reproduction.*

## C\ Insectes hétérométaboles hémimétaboles.

Ce type d'insecte est notamment représenté par les **Ephéméroptères** et les **Odonates**. L'éclosion va libérer une *larve* différant de l'adulte par sa taille, l'absence de pièces génitales et d'ailes. Toutefois, la larve se distingue de l'imago par son habitat et son mode de vie.

→ Le cycle se déroule sur deux type de milieu avec souvent, une **larve aquatique** et un **adulte terrestre** : **cycle amphibiontique**.

La larve possède des *pièces buccales broyeuses*. La mue imaginale implique d'importantes modifications.

Dans tous les cas, des *ébauches ailes* n'apparaissent que dans le dernier stade larvaire : chez la *nymph*e (→ **insectes exoptérygotes**). L'adulte ne grandit plus et peut connaître plusieurs cycles de reproduction.

## D\ Insectes holométaboles à métamorphose vraie.

La larve est très différente de l'adulte, par son organisation morphologique et anatomique, par son habitat et mode de vie, par son régime alimentaire. Dans ce cas, on trouve les **Coléoptères** et les **Diptères** (mouches et moustiques).

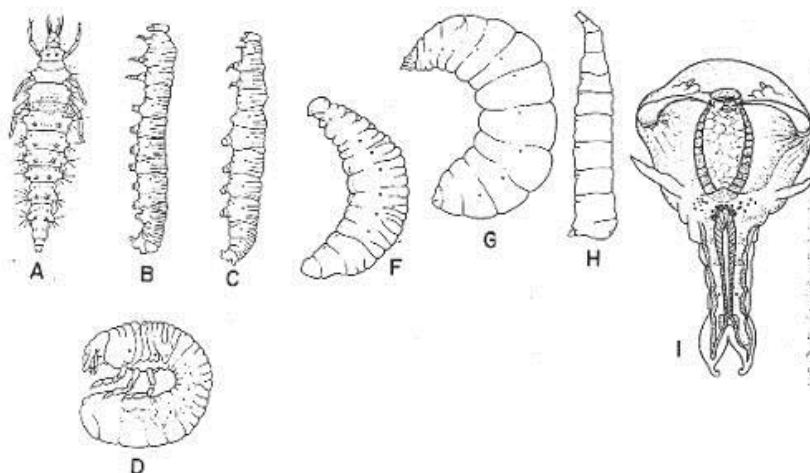
Le développement des ailes est masqué et elles ne seront pas visibles en surface, avant la fin du dernier stade larvaire : ce sont des **insectes endoptérygotes**.

Le nombre de mues est en général fixe pour une espèce. Dans certains cas, il est soumis aux conditions environnementales (température et nourriture).

La mue imaginale donne l'adulte mais c'est une **véritable métamorphose** car l'animal (adulte) change complètement d'organisation, de physiologie et de milieu (par rapport à la larve). La *nymph*e diffère des stades larvaires par les trois mêmes critères. Avant la mue imaginale, il y aura une mue nymphale.

### 1\ Les cinq catégories de larves.

A : larve campodéiforme (Planipenne *Chrysopa*), B et C : larves éruciformes (Lépidoptère *Pieris* et Hyménoptère Tenthrede), D : larve mélonthoïde (Coléoptère *Popillia*), F, G, H : larves vermiformes (charançon, abeille, mouche), I : larve cyclopoïde (Hyménoptère parasite *Trichacis*).



#### α\ La larve campodéiforme.

La carapace est rigide, les ocelles sont fonctionnelles et trois paires de pattes locomotrices sont présentes : c'est une **larve carnassière**. Cette larve existe pour de nombreux **Coléoptères carnassiers** (coccinelles, dytiques, carabes).



### β\ La larve mélolonthoïde.

Ce type de larve ressemble aux larves de hanneton : elle a un corps mou, trois paires de pattes thoraciques, des pièces buccales broyeuses et pas d'ocelle. Ces larves vivent dans du bois pourri, dans des souches...

### γ\ La larve éruciforme.

C'est la larve type des chenilles de papillons. Elles ont trois paires de pattes thoraciques et  $n$  paires de pseudopodes abdominaux.

### δ\ La larve vermiforme.

C'est la larve des abeilles et des mouches. On note la disparition des appendices locomoteurs et la disparition régressive des pièces buccales et de la tête.

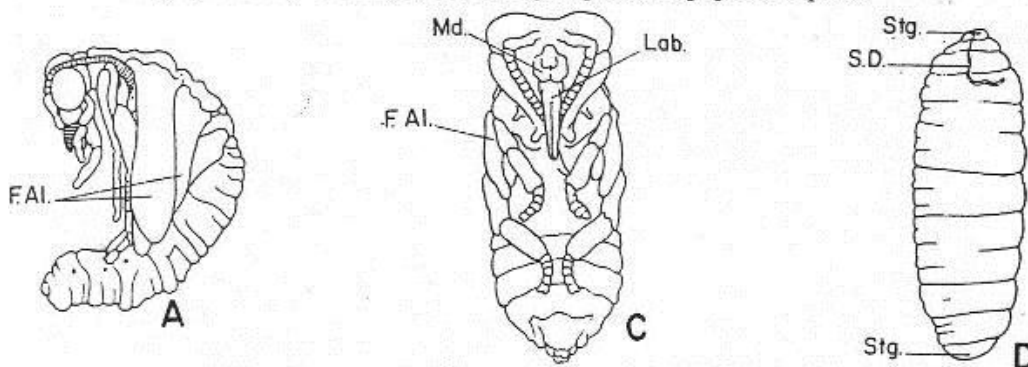
### ε\ La larve cyclopoïde.

On rencontre ce type de larve chez quelques Hyménoptères parasites.

## 2\ Les nymphes.

### Nymphes d'holométaboles

A: nymphe libre, C: Chrysalide de Lépidoptère, D: pupe de Diptère.



La nymphe est partiellement ou totalement immobile. L'organisation de la forme de la larve est fortement remaniée en vue de la transition vers la phase adulte.

### α\ La nymphe libre (nue).

Les nymphes de ce type sont blanchâtres, immobiles et possèdent des appendices libres mais immobiles. On les trouve chez les coléoptères et typiquement chez *Ténébrio*.

### β\ La chrysalide ou nymphes momies.

Ces nymphes sont enfermées dans un cocon de soie. C'est le cas des papillons (lépidoptères). La nymphe possède des appendices qui sont collés au corps.

### γ\ La pupe des Diptères.

Les pupes sont totalement enfermées dans la dernière exuvie de la dernière larve vermiforme. Cette larve est totalement immobile, de couleur foncée.

Dans tous les cas, la nymphe a comme l'adulte des yeux composés, des antennes, des appendices et des fourreaux alaires (replis de tégument enfermant les ailes).

La dernière mue va libérer l'adulte. Cette métamorphose débute avec la mue nymphale et se poursuit pendant tout le stade nymphal et se termine avec la mue imaginale. Durant cette période, l'insecte subit des **phénomènes d'histogenèse, d'histolyse** et de **remaniements**.

### 3\ Histogenèse : exemple du remplacement du tube digestif larvaire par le tube digestif adulte.

Pendant le développement embryonnaire, des *amas de cellules non différenciées forment des disques imaginaux* et des *éléments diffus (histoblastes)*. Au cours de la vie larvaire, les *disques sont stationnaires (amas blanchâtres)* et seront à l'origine des organes spécifiques à l'adulte. Ces disques s'accroissent et poursuivent leur évolution après la mue de la nymphe.

### 4\ Histolyse.

Les *organes détruits* sont le **tube digestif**, des **muscles**, la **trachée**, des **glandes thoraciques et séricigènes** (pour la soie). Des hydrolases provoquent l'**autolyse des cellules concernées** et des *cellules phagocytaires vont absorber les débris*.

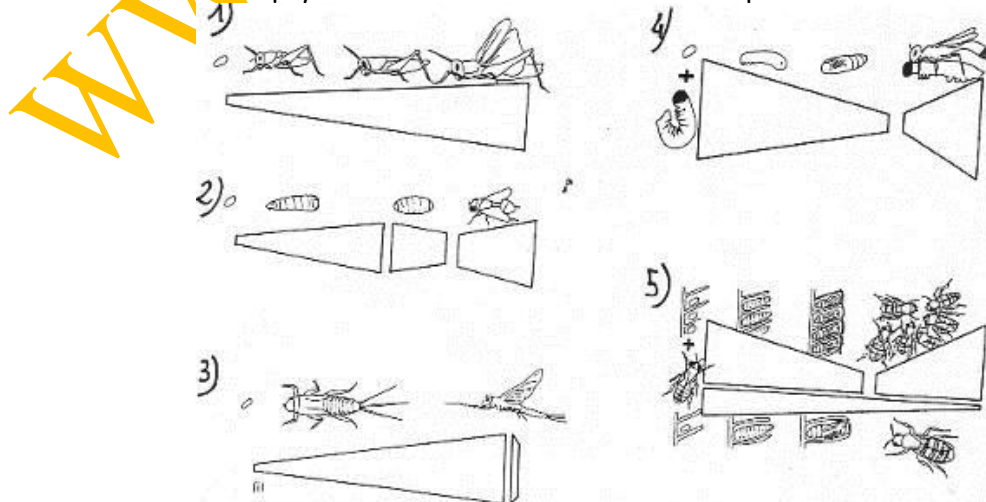
### 5\ Remaniements.

Les remaniements **affectent les organes communs** : le **cœur**, certains **muscles**, les **tubes de Malpighi** (à fonction excrétrice). Les cellules subissent une **dé-différenciation** puis acquièrent les caractères imaginaux sans changer de destinée.

## E\ Analyse fonctionnelle des cycles de développement.

Principe : On peut reconnaître, pendant le même cycle développement, plusieurs fonctions remplies par divers stades de développement (stades pré-adultes et adultes). On distingue différentes fonctions : **une fonction de développement et de différenciation (larves)** ; **une fonction d'acquisition de la nourriture** ; **une fonction de dispersion** ; **une fonction d'accouplement** ; **une fonction de distribution de la nourriture à la progéniture** ; **une fonction de sélection des sites de croissance** ; **une fonction de ponte**.

On reconnaît cinq cycles fondamentaux chez les arthropodes.



La largeur de la bande représente la quantité de ressources disponibles. Une augmentation de cette largeur montre une acquisition de cette nourriture alors qu'une diminution de cette même bande indique une utilisation de ces ressources.

En 1, on voit une *transition graduelle vers l'adulte*. La larve et l'adulte sont impliqués dans *l'exploitation des mêmes ressources*. Les adultes ont en plus les fonctions d'accouplement, de ponte et de dissémination.

En 2, on voit que les *larves et les adultes se nourrissent en exploitant des ressources différentes*. La larve se nourrit avec des cadavres d'animaux morts : c'est une fonction de développement et d'acquisition des ressources. On obtiendra alors une *pupe qui va utiliser les ressources acquises par la larve pour son développement et sa différenciation*. **L'adulte** va continuer à se nourrir mais à partir d'une *autre source de nourriture*. Ce dernier possède les fonctions d'accouplement et de sélection du site de développement des larves, de ponte.

En 3, on observe les **insectes amphibiontiques** (à larves aquatiques et à adultes aériens). Il y a *séparation du rôle d'acquisition et de dispersion d'une manière très marquée*. **L'adulte ne se nourrit pas ou seulement très peu**. C'est le cas des éphémères, des trichoptères et des plécoptères.

*La larve est herbivore ou carnivore*. Sa durée de vie varie entre quelques mois et trois ans. Elle possède la **fonction de nutrition**. L'adulte ne vit que quelques heures pendant lesquelles il doit s'accoupler puis pondre dans un site convenable aux larves. C'est ensuite sa mort.

En 4 et 5, on voit des adultes de certaines espèces qui remplissent les fonctions de dispersion, de ponte mais aussi de stockage et de mise à disposition des ressources sous formes provisions pour les larves.

En 4, c'est le cas des **guêpes solitaires** où *l'adulte pond un œuf sur une proie paralysée*. Cet adulte a alors remplie son rôle de dispersion, d'accouplement de sélection du cycle de ponte et de ponte. *La larve doit acquérir la nourriture et la fonction de développement*.

En 5, on observe les **hyménoptères sociaux**. Il y a un *partage des fonctions* assuré par une *différenciation des individus en castes*. Les larves utilisent les ressources mises à leur disposition pour leur croissance. Les ouvrières sont stériles et ont la fonction d'acquisition des ressources. La reine est un adulte fertile regroupant les fonctions d'accouplement, de ponte et de dispersion. Les males sont des adultes fertiles avec la fonction d'accouplement mais n'ont aucun rôle dans l'acquisition.