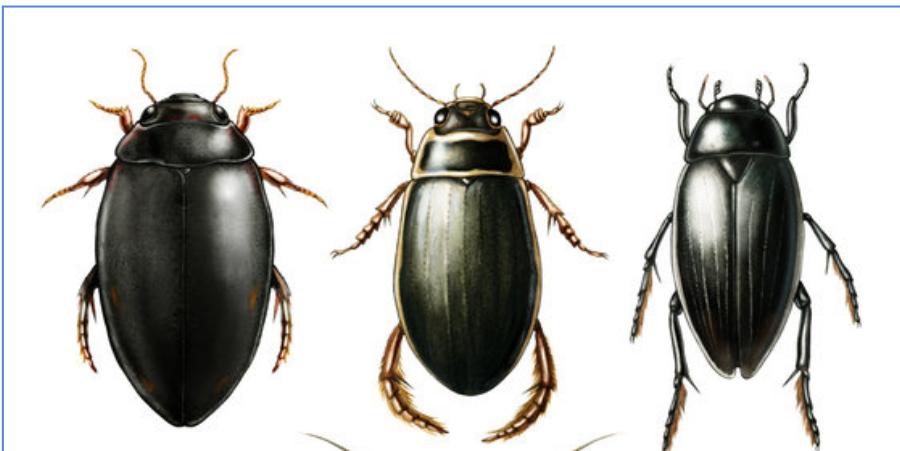


Adaptations des Arthropodes aux milieux aquatiques dulcicoles

DIV 2019 - cours de Frédéric Ysnel



INTRODUCTION

Où trouvent-on des Arthropodes ?

Eaux superficielles :

- Eaux stagnantes (**milieux lentiques**) : **zones humides** (marais), **eaux temporaires** (marais, flaques), eaux **permanentes** (mares, étangs, lacs) → sp différentes en fonction de la profondeur !
- Eaux courantes (**milieux lotiques**)
- Eaux estuariennes (**saumâtres**)

Eaux souterraines

Plusieurs types de milieux dulcicoles ⇒ à chacun correspond un type d'arthropodes particulier.

Communautés variables selon les habitats lotiques ou lentiques :

On trouve des...

- Hexapodes (Entognathes +Insectes) comme les **Podures aquatiques** (Collemboles), **Notonectes** (Hétéroptères)
- Décapodes comme les **Écrevisses**, **Isopodes**, **Cladocères** (crustacés de pleine eau) comme les **Daphnies** qui sont des maillons importants de la chaîne trophique.
- Arachnides avec les **Hydracariens** : la plupart sont des ectoparasites (d'insectes aquatiques chassant à l'affût ⇒ donc ne bougent pas trop, ex punaises d'eau). Un certain nombre d'Arachnides = "pirates" : chassent sur l'eau ⇒ plusieurs sp de **Pirata** (**F.Lycosidae**, parmi les Araignées Loup), dont une particulière vivant carrément dans l'eau, avec un système de respiration singulier (*Pirata piraticus* ?) → sp assez menacées par la dégradation des milieux aquatiques, sur liste rouge. Autre araignée aquatique = **Argyonète**.

Dans l'eau, on trouve des insectes....

- Prédateurs broyeurs (zoophages & phytophages) : mandibules comme leurs cousins terrestres → fait de posséder des mandibules = donc PAS une adaptation à la vie aquatique !
- Racleurs/broyeurs de biofilm algal
- Prédateurs piqueurs-suceurs (phytophages/zoophages)
- Ectoparasites (s'attaquent à un hôte particulier)

- **Filtreurs suspensivores** (**! la seule adaptation typiquement aquatique**)

ADAPTATIONS DES INSECTES AQUATIQUES

NUTRITION

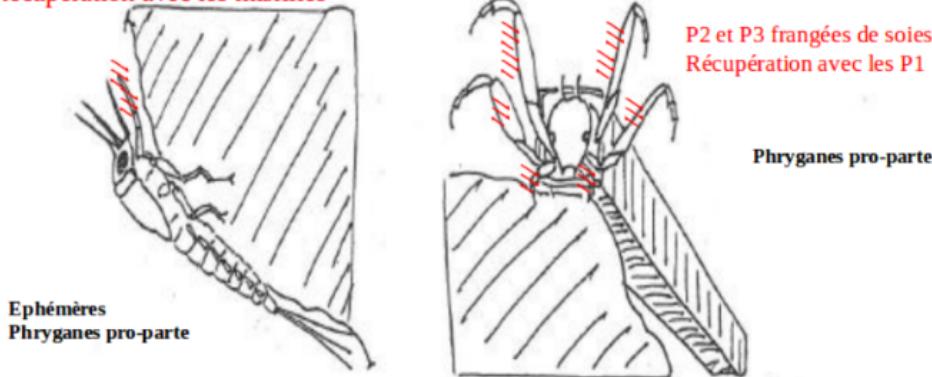
Filtreurs suspensivores : **système de filtration (=adaptation)** de la MO en suspension dans l'eau

1. Soies filtrantes chez les larves. Ephémères, Phryganes (Trichoptères), Simulidés

Ephémère : sur la **P1, soies** qui vont permettre à la larve, lorsqu'elle écarte légèrement ses P1, de récupérer les particules alimentaires ; récupération avec les **maxilles**. Dans les eaux courantes.

P1 frangées de soies

Récupération avec les maxilles



Phryganes (larve porte-bois) peuvent se réfugier dans des fourreaux (qu'elles agglomèrent elles-même grâce à un cément excrété, petits fragments de feuille, bois....) → **syst de soies filtrantes sur P2 et P3** ; vont pouvoir récup ainsi particules alim en suspension - les **P1 (aussi soies) viennent racler P2-3 et le tout est récupéré par les maxilles**.



Phrygane adulte - soies sur les ailes

Simulidés (Diptères) : **pré-mandibules** à l'état larvaire, **rétractables & frangées de soies** : récupération des particules dans les eaux courantes. Larves fixées par une ventouse terminale sur le substrat, sur petite pierre. (Adulte piqueur-suceur, pique le soir près des cours d'eau).

Pré-mandibules rétractables = panache filtreur

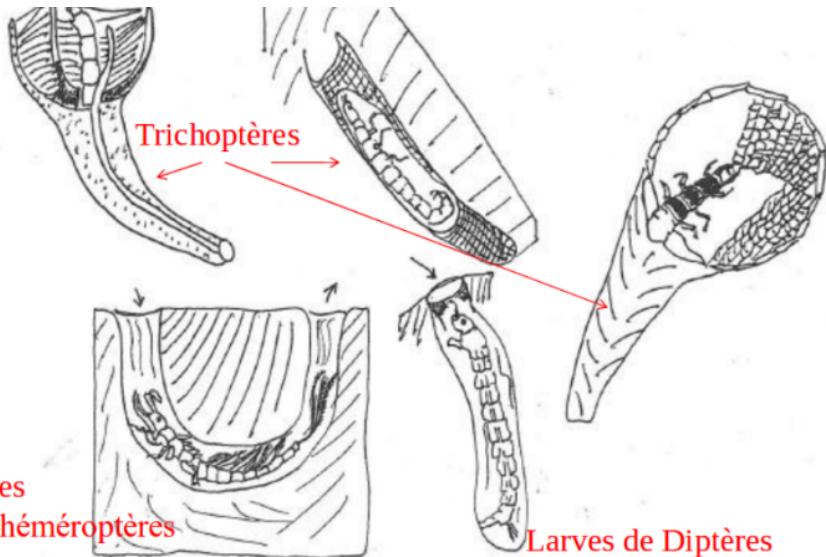
Diptères Simulidés



→ Les adaptations "tombent" à l'état adulte (terrestre) !

2. Tisseurs de filet. Trichoptères, Ephémères, Diptères

Ils fabriquent des soies grâce à leurs **glandes labiales** : la larve de Trichoptère se loge dans un filet orienté face au courant → capture des particules alimentaires. Larves d'Ephéméroptère, dans les eaux stagnantes (autres sp que celles de tout à l'heure que l'on trouvait dans les eaux courantes). Les larves de Diptères creusent un trou dans le sol, tapissé de soies.

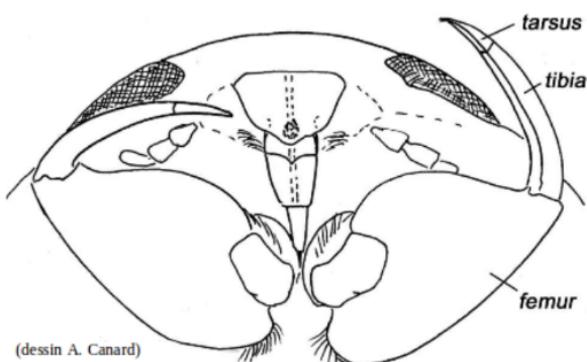


→ caractéristiques d'espèces d'insectes aux larves vivant en milieu aquatique.

Quelques adaptations spécifiques à la prédation

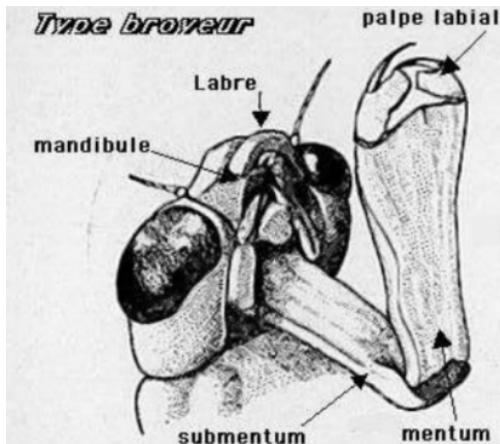
Cas d'une punaise aquatique (Naucore) : yeux +++ dvpés de prédateur zoophage / pattes de cette punaise ⇒ **P1 très courte, robuste → tibia & articles du tarse soudés**. Plante griffes dans la peau (attention piqûre désagréable) - **fémur +++ puissant et élargi → adaptation spécifique à la prédation en milieu aquatique !**

Chez les **Naucores**, (Ptéroptères), la patte P1 est transformée en une **patte stylet**, le fémur est très élargi et puissant, surmonté d'une griffe qui résulte de la fusion de tous les articles du tibia et des tarses. Lors de la prédation, ils plantent leurs griffes dans le corps de la proie, puis aspire la MO de la proie avec son rostre (suceurs). Il s'agit d'une **préadaptation** typiquement aquatique.



Mandibules de Dytique → les larves de ces dytiques ont quelque chose d'assez particulier → **larve dépourvue de bouche**, mais quand ses mandibules sont ouvertes : *petit canal qui coure le long de la mandibule, directement relié au TD (à la base des mandibules)*. Quand la larve attaque, elle plante ses mandibules dans la proie, agissant "comme un rostre piqueur-suceur", aspire le liquide, qui va rentrer dans la gouttière, directement au TD. Injection de sucs salivaires pour dissoudre un

minimum (pour entrer dans le TD). **Aucune larve de Coléoptère n'a cela (mandibules "creuses") en milieu terrestre ! Donc c'est bien une adaptation.**



Le masque labial des Odonates → **labium diplé +++, biarticulé** (submentum & mentum) : masque qui peut se détendre pour attraper des proies à une certaine distance lors d'une chasse à l'affût. Les larves de libellules, qui peuvent atteindre 4-5 cm, peuvent prédate des têtards + autres arthropodes. Pratique pour aller chercher des proies à distance ! **Souvent, soies sur le masque.** Forme en crochet des palpes labiaux. On peut, grâce au masque, identifier les familles de libellules/demoiselles (Odonates). Mais pour aller jusqu'à l'esp, il faut (la plupart du temps) attendre d'avoir les adultes. Adultes, plus de masque !

Prédateurs de surface → Coléoptères Gyrinidés. Les Gyrins chassent en général à la surface, même s'ils peuvent aller sous l'eau. On les appelle "tourniquets", car ils chassent en faisant des ronds. Un peu de soleil, et les bestioles qui font des ronds dans l'eau... ce sont eux ! **Caractéristique ⇒ adaptation à la vie aquatique = yeux dédoublés** (une partie de l'oeil déborde en face ventrale → voit ce qui se passe au dessus, en surface, et en dessous, dans l'eau ; pratique !)



Caractéristiques générales des eaux douces :

- Viscosité
- Faible teneur en O₂ : **20x moins !!!**

NB : en mL	Vol. de gaz dans 1L d'air	Vol. de gaz dissous dans 1L d'eau (15°C)
Azote	781	13.2
O ₂	209	7.2
CO ₂	0.3	0.3
Gaz rares	9.7	-

RESPIRATION

Il va falloir **extraire le dioxygène de l'eau**, & **respirer moins que sur terre pour faire autant !** Contrainte très forte pour respirer.

2 modalités respiratoires : respirer l'O₂ dissous dans l'eau OU respirer l'O₂ aérien.

Respirer le dioxygène de l'air Tout en vivant dans l'eau !

4 systèmes :

- **Siphon** respiratoire
- **Plastron** respiratoire
- **Réerves sous-élytrales** (Coléoptères)
- **Cloche à air**

→ Stratégies retrouvées chez des insectes adultes, un certain nombre de larves, des araignées.

→ En cas d'évaporation de l'eau (eaux stagnantes temporaires), ils restent capables de respirer.

→ Les organismes concernés ont également souvent conservé le vol (dispersion aérienne).

1. Siphon respiratoire

Exemple de la Nèpe (Scorpion d'eau) : les pattes P1 sont transformées en pattes préhensiles (allure de scorpion, attention ces P1 = adptation à prédation, PAS spécifique au milieu aquatique !!!). La nèpe est un chasseur d'affût qui attend sous l'eau que les proies passent. Elle respire grâce à un **siphon à l'extrémité de l'abdomen**. Il est **constitué de 2 demi-tubes (demi-siphons) qui sont accolés grâce à un système de soies**. L'animal remonte pour aspirer l'air, système de "tuba". À l'extrémité du siphon il y a un **stigmate respiratoire**.



Texte tiré du cours *cliquez sur l'image*

2. Réserve sous-élytrale

Elytres ? Coléoptères → Dytique adulte.

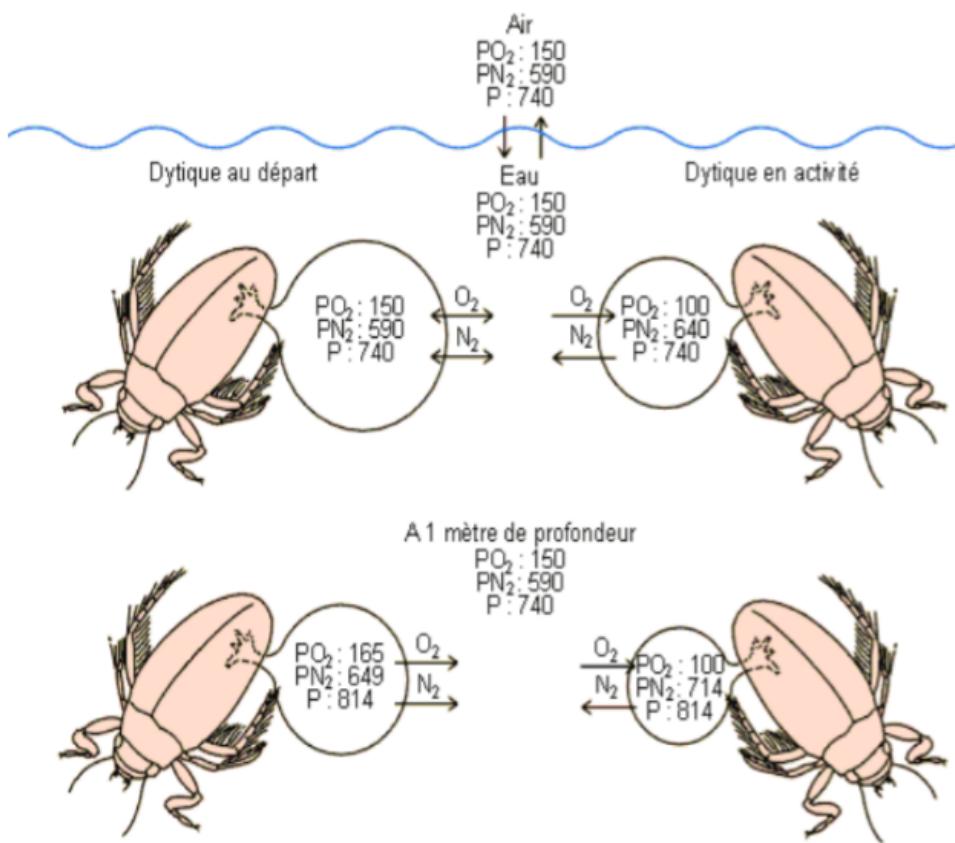
Plus de mandibules creuses, mais normales. Il capte l'air sous ses élytres en "remontant le derrière en l'air" → **soies hydrofuges à l'extrémité de l'abdomen** → se forme alors une "**branchie physique**" ("bulle d'air", **mais ne pas utiliser ce terme**). Quand le Dytique prend de l'air, il y a surtout du N et de l'O₂ (à une certaine pression donc) à l'intérieur de cette branchie physique.

Quand les **pressions partielles** de la "bulle" & du milieu aquatiques sont **égales**, une membrane poreuse (fictive) les sépare = équilibre entre les gaz → donc pas de migration de gaz d'un compartiment à l'autre.

Et quand il y a des différences de pressions partielles ? Quand il se met à **nager, activité, respire, donc consomme O₂** (comment ? **branchie physique au contact de stigmates en face dorsale ; air circule dans trachées**) → pression partielle O₂ ↓ dans branchie physique. C'est parfait ! Car gradient de pressions partielles décroissant (comme "le long d'un potentiel hydrique décroissant" en PLA en L2) → **la branchie physique se recharge donc en dioxygène au fur et à mesure que le dytique respire.**

MAIS cela va s'inverser à un moment = plus de pression dans la "bulle" que dans l'eau : cela est dû à l'ajout d'O₂ dans la branchie. ET pression augmente dans l'eau, en plus, quand la profondeur augmente. Doit ensuite remonter pour recharger !

→ Savoir décrire ce système !



3. Plastron respiratoire

En face ventrale, chez la Notonecte. (Noto, dos / necte, nage / "nage sur le dos")

Système de **soies hydrofuges + soies hydrofuges terminales** → air rentre & vient envahir une **gouttière centrale + 2 latérales cernées de soies hydrofuges, au contact des stigmates**.

Pressions partielles dans plastron/eau → peut se recharger en O₂ en f/diff de pressions partielles) jusqu'à ce que laréserve d'air diminue diminue car différences de pressions inverse (même principe que pour les Dytique). **Air en face ventrale**.

La Grand-Hydrophile (Loire-Atlantique, notamment) : un des plus grand Coléoptères aqua français. **Syst ++ performant → réserve sous-élytrale ET plastron respi.** Partout, des branchies physiques, dessous, dessus, à droite, à gauche, PARTOUT !!!

→ En face ventrale, on dirait une plaque d'aluminium.

→ Prise d'air à l'extrémité de l'abdomen, et l'air passe par les antennes, circule le long de celles-ci, passe par une petite gouttière latérale sur le thorax et vient envahir les soies hydrofuges se trouvant en face ventrale.

Et le copain Gyrin ? 2 systèmes de prise d'air : **un système par soies hydrofuges terminales + syst de prise d'air par les antennes**.



© Dominique Martiré - Gyrin

3. "Cloche" à plongeur (à air)

L'Argyronète, *Argyroneta aquatica*. Passe toute sa vie dans l'eau, sauf pour l'accouplement. Elle va **capturer de l'air & le maintenir tout autour de l'abdo' dans des soies hydrofuges**. Arrive, malgré cela, à descendre dans la végétation aqua. **Cloche tissée, va mettre son air dedans, plusieurs aller-retours.**



Diving Bell Spider

L'araignée a des poumons → en se mettant dans sa loge, elle peut respirer ! Au bout d'un moment, doit réapprovisionner sa cloche. Système assez particulier mais cela fonctionne, exactement comme les plastrons/réserves sous-élytrales. **Possibilité de diffusion des gaz à l'intérieur de la cloche grâce aux différences de pressions partielles.**

4. La respiration aérienne des larves...

Larve de Dytique → tubes respiratoires particuliers = **urogomphes**. Directement reliés aux **stigmates**, l'air est conduit vers les stigmates terminaux, circulant dans le système trachéen. **Chez les dytiques, larve ET adulte respirent du dioxygène aérien.**

Larve/nymphé de Moustique (Diptère Nématocère). Larves alignées sous la surface de l'eau, respiration par **siphons respiratoires particuliers = tubes situés sur le dernier segment abdo**. Lorsque passage au stade **nymphé**, plus de siphons abdo MAIS **thoraciques : "trompettes respiratoires"** (ça dait deux oreilles).

→ Nymphe de moustique : on dirait un Pokemon !! xD

Respirer le dioxygène dissous dans l'eau QUE chez les LARVES !!! AUCUN adulte !

Système d'échangeurs respiratoires nécessaire pour extraire ce dioxygène dissous. Doivent être **performants ++** car beaucoup moins d'O₂ à disposition dans l'eau que dans l'air.

Echangeurs : soit branchies "sanguines", soit trachéobranchies. Ou PAS d'échangeur, respiration de type cutanée, par le tégument, **respiration tégumentaire** (à certains endroits, tégument sans exosquelette, bcp plus fin, donc). Insectes, Crustacés.

→ AUCUN adulte ne respire l'O₂ dissous ! Mais chez les larves, on trouve les 2 types de respi'.
→ Les adultes ne seront pas coincés par un assèchement du milieu.

1. BRANCHIES "SANGUINES"

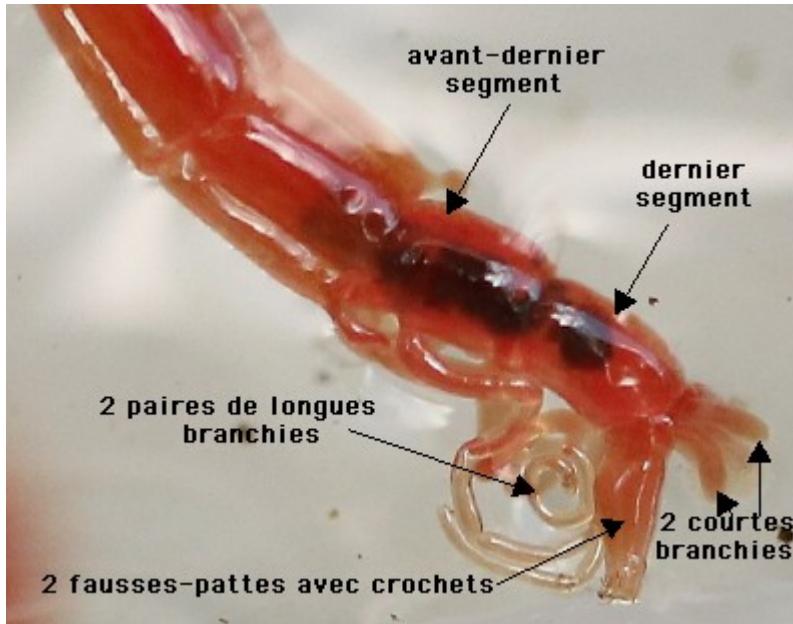
Larves de Chironomes (Diptères).

Larves "toutes rouges, très très rouges".

Lymphe, **hémolymphé particulière à 1 pigment, voisin de notre hémoglobine** -> ce pigment permet de **capter l'O₂, de le transporter ++**. Sp qui peuvent vivre dans des cdt d'anoxie quasi-totale, O₂ bien transporté !

NB : on les retrouve dans des zones très très dégradées ⇒ indicateurs d'eaux polluées.

Branchies sanguines = expansions tégumentaires très fines ; la fine membrane permet la diffusion de gaz, le captage respiratoire → pas de trachées !! Mais transport par un compartiment liquide & O₂ absorbé grâce aux extensions du tégument.



© A. Wojtyra - larve de Chironome

2. TRACHEOBRANCHIES

Chez d'autres larves, échangeurs respi bien identifiés = **trachéobranches**.

Trachée = tube creux qui s'ouvre à l'extérieur par un stigmate trachéen.
Juste derrière stigmate = **atrium**.

Des muscles permettent d'ouvrir/fermer le stigmate. Air capturé, respiré, va circuler dans les trachées qui peuvent se ramifier en trachéoles, trachéoles qui vont être en contact direct avec les cellules (**pas** de passage par transporteur liquide). **A l'extrémité de ces trachées**, près des stigmates, **extensions cuticulaires (ext)** = **échangeurs**. Ces extensions (mb poreuses) vont permettre la diffusion des gaz respi (toujours en f(diff de pression partielle)).

- Les échanges gazeux sont ++ dépendants de l'**épaisseur** de la cuticule ; plus c'est fin plus ça échange, mais plus c'est fragile !
- Les échanges sont facilités quand la **T°** eau augmente , et quand l'eau est remuée, mélangée.

Trachéobranches externes : larves de Trichoptères (sous forme de petites lamelles blanches, "petits spaghetti"), larves d'Ephémères (abdominales). Permettent d'identifier jusqu'à la famille, voire le genre.

Et les trachéobranches internes ? Car c'est fragile alors....certaines sont internalisées, protégées !

- L'extrémité distale du TD des **ODONATES** sert d'**échangeur respi : membrane rectale aux parois fines** +++, les échanges se font au travers, et l'**O2 filtré est récupéré par un système trachéen**. Eau dans le rectum, donc : la larve d'Odonate fait rentrer de l'eau, et les échanges se font le long de la paroi rectale. **Extrémité larve Odonate = pyramide anale (corbeille anale)** ⇒ éléments pointus/durcis, qui peuvent s'ouvrir pour protéger ⇒ quand ces éléments s'ouvrent, l'eau rentre, la respiration se fait dedans ! Des **ponts trachéolaires** relient la membrane du rectum aux trachées.



NB : ce système n'existe pas chez les demoiselles, mais seulement chez les Anisoptères (libellules)
⇒ trachéobranches externes chez les Zygoptères.

3. RESPIRATION TEGUMENTAIRE

Diffusion tégumentaire :

Crustacés Isopodes aquatiques (Aselles) : échanges au travers d'une membrane souvent située entre 2 segments.

→ **L'exosquelette** ne possède pas toutes les couches réglementaires, mais il est très très fin, adapté.

LOCOMOTION

Dans le cas d'un étang ou d'une mare, les Arthropodes sont répartis ⇒ certains sont **pélagiques** (nagent en pleine eau), d'autres **benthiques**, d'autres... **de surface !**

LES PATINEURS, punaises de surface ("araignées" d'eau)

Soies hydrofuges à l'extrémité des pattes qui leur permettent de patiner sur l'eau. Ces soies jouent sur la tension superficielle de l'eau = propriété que l'on trouve à l'intersection de 2 milieux différents.

Solide/liquide (patte/surface de l'eau) ⇒ **tension superficielle** = attraction qui existe entre molécules d'eau, liée à leur polarité : les molécules d'eau s'attirent entre elles.



Gerris

Si on veut augmenter la surface de contact entre une bulle d'eau & une plaque métallique, on est obligé d'apporter une énergie : une force pour étaler la goutte. Ici, c'est le même principe ! Cette énergie de surface à apporter = tension superficielle.

Les punaises arrivent à jouer avec cette notion car le **contact entre leur patte & l'eau ne se fait pas perpendiculairement MAIS suivant un certain angle, >90°** → cela leur permet de ne pas "briser" les polarités entre les molécules d'eau + la tension superficielle permet que l'eau supporte le contact avec les pattes de l'insecte, son poids = maintient les molécules d'eau attractives entre elles.

Soies hydrofuges : une très faible énergie de surface effective. De plus, elles ressemblent un peu à la feuille de lotus (**"effet lotus"**) = microaspérités à leur extrémité, qui permettent de ne pas s'enfoncer dans l'eau.

De longues pattes : un centre de gravité très haut ! Repousse le centre de gravité en hauteur, et plus celui-ci est haut, moins la pression qui s'exerce sur la surface de l'eau est forte.

Angle, soies (composition & structure), longues pattes, haut centre de gravité
=
Je peux patineeee !!! ^^\zwiip, zwip !

LES PELAGIQUES nagent en pleine eau

P3 natatoires (transformées), comme des palmes ! Patte aplatie, frangée de soies pour augmenter surface de contact avec l'eau ⇒ **rame**. Souvent des formes hydrodynamiques ! Objectif ? Réduire les frottements lors du déplacement. Notamment, **antennes cachées sous la tête**, pour "pas que ça dépasse partout"

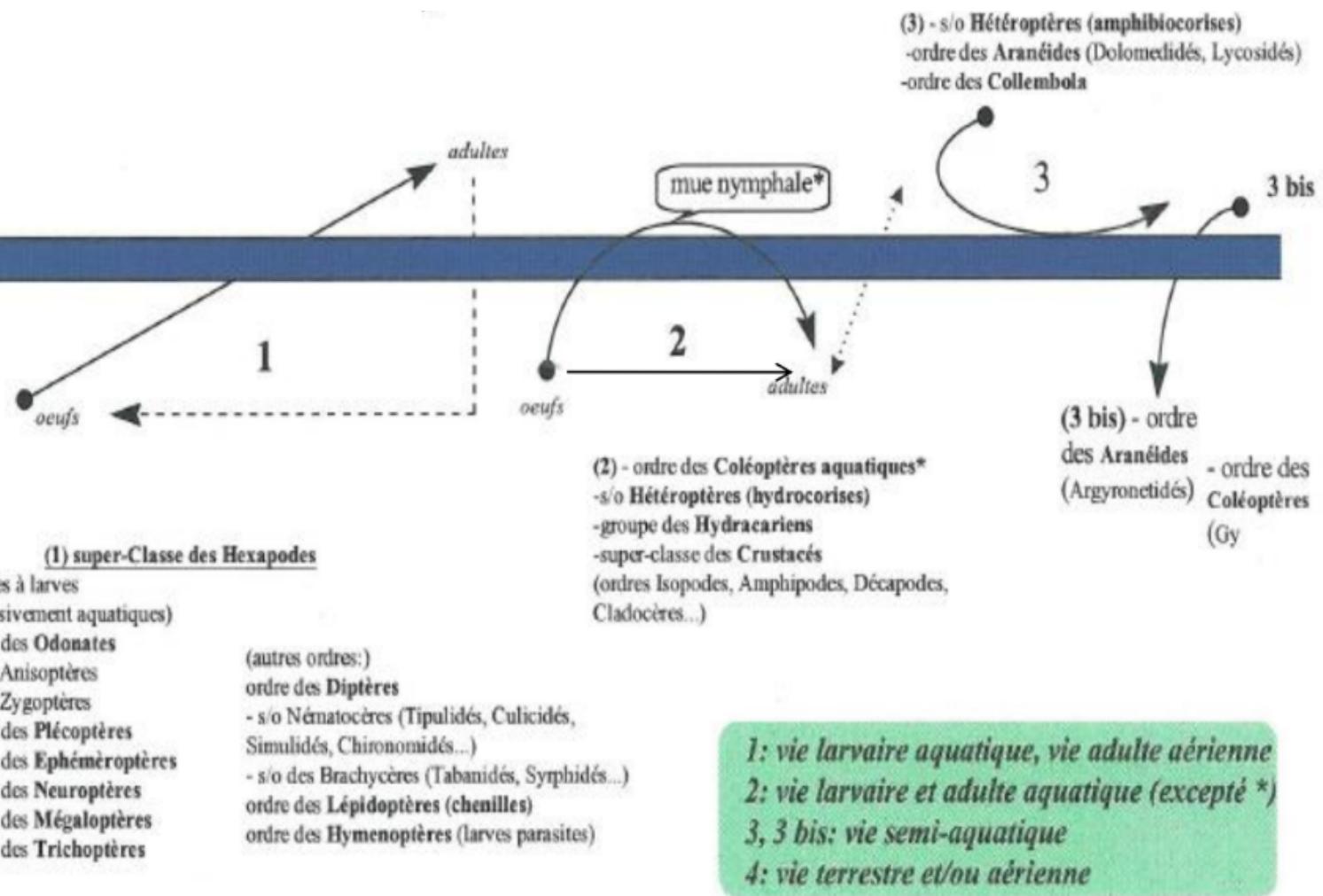
"Mais être lisse, ce n'est pas toujours pratique."

Par exemple, pour l'**accouplement ! Dytique ⇒ dimorphisme sexuel.** Ventouses mâle P1, stries profondes sur les élytres + soies dedans pour femelle (accroche).

Antennes cachées = **Cryptocérates** ⇒ adaptation !

BILAN ?

Les adaptations à la vie aquatique retrouvées chez les Arthropodes sont variables selon les espèces, mais elles varient aussi selon les différentes phases du cycle vital.



3 grands types de cycles vitaux chez les espèces liées au milieu aquatique...

- Phase **embryonnaire** (rond)
- Phase **larvaire** (trait flèche)
- Phase **adulte** (extrémité flèche)

Beaucoup d'Hexapodes ont leurs **larves aquatiques & leurs adultes aériens** ⇒ Ephéméroptères, Odonates, Trichoptères (Phyganes & porte-bois), Mégaloptères, Neuroptères, Plécoptères.

⇒ une partie des espèces de **Diptères** (moustiques, cousins, Simulidés) + une partie des **Brachycères** (taons, syrphes) + quelques sp de **Lépidoptères** ont des chenilles aquatiques + quelques sp d'**Hyménoptères** (notamment larves parasites de tous les autres groupes). **Un sacré paquet de larves aquatiques !**

Coléoptères aquatiques + Hétéroptères aquatiques → oeufs pondus dans l'eau, phase larvaire dans l'eau, MAIS cette fois-ci les adultes y restent !!!

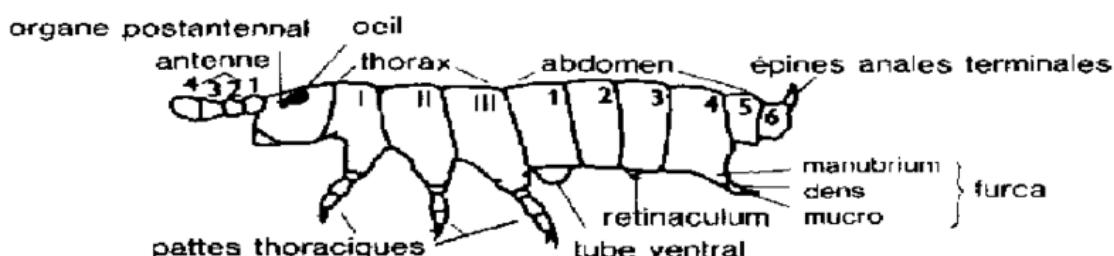
Terrain : adulte d'insecte dans l'eau trouvé ? Soit Coléo, soit Punaise. Tous les autres sont dans l'air, sauf lors de la ponte.

- Chez les Coléo, les adultes vont pouvoir effectuer leur mue nymphale sur la berge = toute petite phase aérienne, mais reviennent dans l'eau !
- Les adultes de Punaises/Coléo peuvent aussi, potentiellement, s'il y a un soucis, vivre en dehors de l'eau ; peuvent car respiration aérienne, et toujours possibilité de vol (ailes fonctionnelles). Si assèchement, manque disponibilité en proie... Pas mal d'insectes aquatiques se déplacent en milieu aérien.

Cycle vital entièrement dans l'eau : Crustacés, Gammarides d'eau douce, Daphnies.....

Tout dans l'air ? Punaises de surface (Hétéroptères). Se reproduisent en milieu terrestre ; phase larvaire/juvenile s'effectue en grande partie sur la surface de l'eau, mais jamais dessous !

Amphibiocorises (2 milieux : terrestre + surface eau). Hétéroptères, donc, mais aussi **Collemboles** (= les petits nerveux ⇒ saprophages qui sautent sur l'eau avec des soies hydrofuges et qui viennent se nourrir de MO en décompo' sur le surface), **Aranéides**.



Collembole

Il y a même des espèces qui naissent à l'air libre et dont l'adulte vit dans l'eau. Exemple ?

manquant : commentez si vous l'avez SVP :D

DES QUALITES BIO-INDICATRICES

Pour évaluer la qualité des cours d'eau !! On se sert de certains groupes.

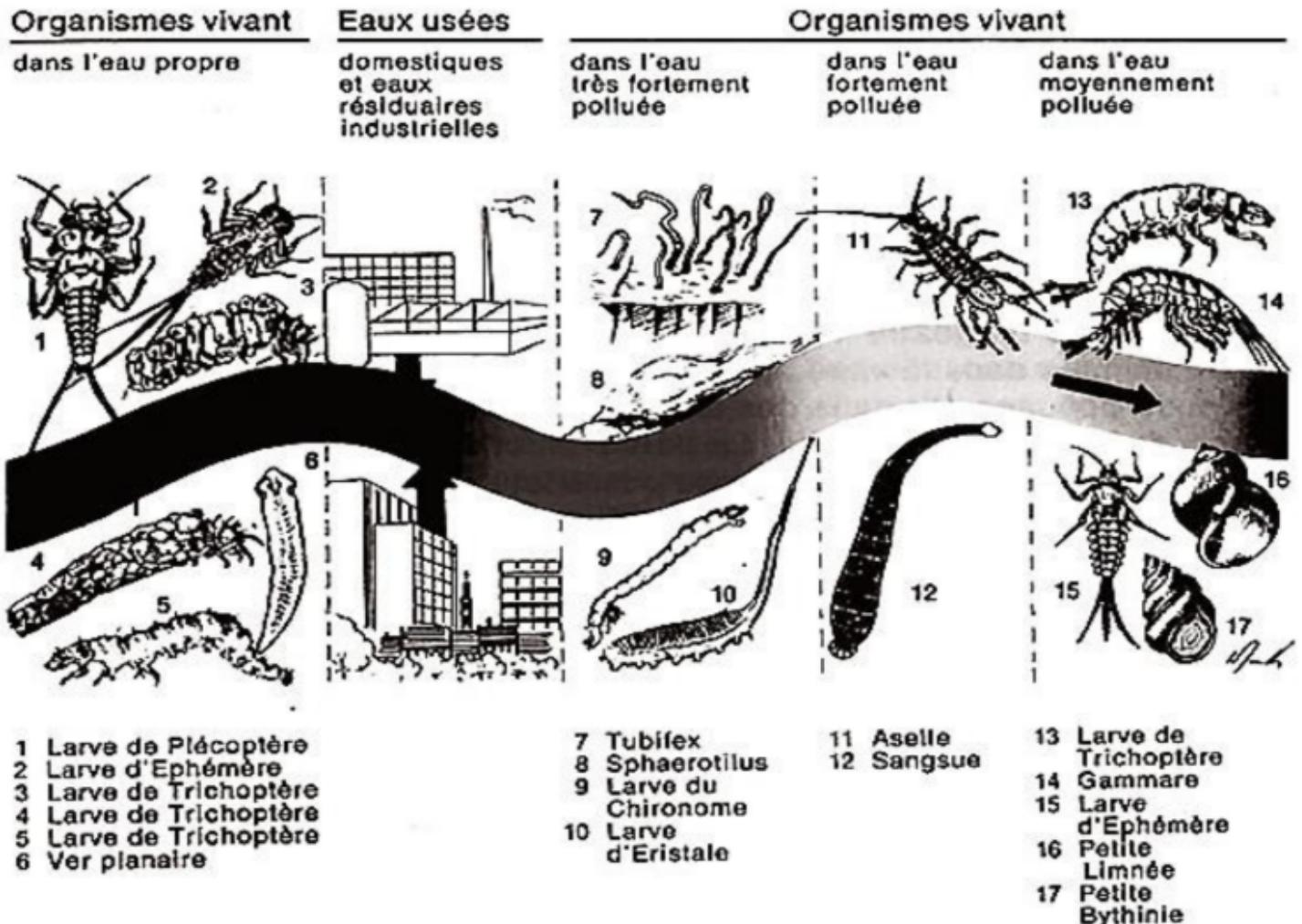
Calcul d'indices biologiques en fonction de la **diversité** & de l'**abondance** de groupes d'Arthropodes et de Mollusques, aussi → **indices de qualité de l'eau**.

→ En règle générale, si l'eau est bien oxygénée, non polluée → **Plécoptères** (perles/mouche-pierres), **Trichoptères** (porte-bois), **Ephémères**, vers planaires.

→ Eau polluée ++++, usée → tous ces groupes **disparaissent** au profit de la prolifération de **larves de Chironomes** (**Diptères aux branchies "sanguines"**).

Et au fur et à mesure que l'eau va se **dépolluer**, apparition d'**aselles** (**Crustacés Isopodes**) ; on peut aussi trouver des **Annélides** comme des **sangsues**.

Et ensuite, conditions proches des cdts initiales : certaines larves de **Trichoptères**, **Ephémères**, mais aussi des **Mollusques** → **indique que le milieu est suboptimal en termes de qualité d'eau**.



Les espèces sont **sensibles à l'oxygénation de l'eau !!!**

Bio-acumulateurs (MO, mais aussi métaux lourds)

Peu mobiles

THE END



Collembole

Ça a une tête de rien, mais c'est quand même trop choupinou ❤