

■ TP Arthropodes (8 h)

OBJECTIFS :

1. Mise en relation des coupes avec les fonctions des organes, structures et la morphologie des individus complets
2. Identification des critères morphologiques caractérisant l'embranchement
3. Mise en évidence des adaptations morphologiques/anatomiques au milieu de vie
4. Identification des individus proposés à l'aide d'une clé dichotomique simplifiée
5. Application réelle : le calcul de l'indice biotique de la rivière du bois de Lauzelle

INTRODUCTION :

Chez les Arthropodes, on reconnaît quatre Sous-Embranchements principaux : les Trilobites (un groupe emblématique en paléontologie ayant abondamment peuplé les fonds marins au Primaire), les Chélicérates, les Crustacés et les Uniramés. Tous possèdent cependant en commun un certain nombre de caractères.

Ce sont des **Métazoaires triploblastiques coelomates protostomes (hyponeuriens) à symétrie bilatérale et axe antéro-postérieur.**

Leurs métamères, porteurs d'**appendices pairs articulés**, ont tendance à se regrouper en régions fonctionnelles distinctes.

Le système circulatoire comporte un organe propulseur : le **ventricule ou vaisseau dorsal**. Il est ouvert et ses lacunes fusionnent avec les cavités coelomiques (**hémocoèle**).

Le système nerveux comporte une **double chaîne ganglionnaire**.

Les muscles principaux sont striés.

L'ectoblaste embryonnaire donne un **hypoderme unistratifié** qui sécrète un **squelette chitineux**, restant en grande partie externe (**exosquelette**), rejeté périodiquement au cours de la croissance post-embryonnaire (mue), puis reformé.

1. 1er modèle d'étude : l'écrevisse

1.1. Dissection

Servez-vous du PowerPoint disponible sur iCampus, avec les photos des différentes étapes de la dissection.

Examen externe

Axe antéropostérieur, symétrie bilatérale, exosquelette annelé, présence d'**appendices métamériques pairs articulés**, ... sont autant de caractères des Arthropodes directement observables.

Le type de regroupement de segments en régions et la présence d'appendices articulés sur l'abdomen, notamment d'appendices biramés, indique qu'on a affaire à un **crustacé Eumalacostracé**. La céphalisation des 3 premiers métamères thoraciques, c'est-à-dire leur annexion à la tête, ne laisse que 5 métamères thoraciques porteurs de pattes uniramées, ce qui le classe dans les décapodes.

La région antérieure regroupe **tête** et **thorax**. Sur le **céphalothorax** vous devez repérer :

- Le **rostre** (sorte de pique pointée vers l'avant)
- Les **yeux** pédonculés
- Les **glandes antennaires** dont la fonction est
- Les 2 **antennes** biramées
- Les deux **antennules** (petites antennes) biramées
- Les pièces buccales :
 - 1 paire de **mandibules** blanches et très dures avec, au centre, la bouche
 - 2 paires de **maxilles** biramées
- Les appendices locomoteurs
 - 3 paires de **gnathopodes** dont le 1er ressemble à une
 - 5 paires de **périopodes**, dont la première paire est appelée communément

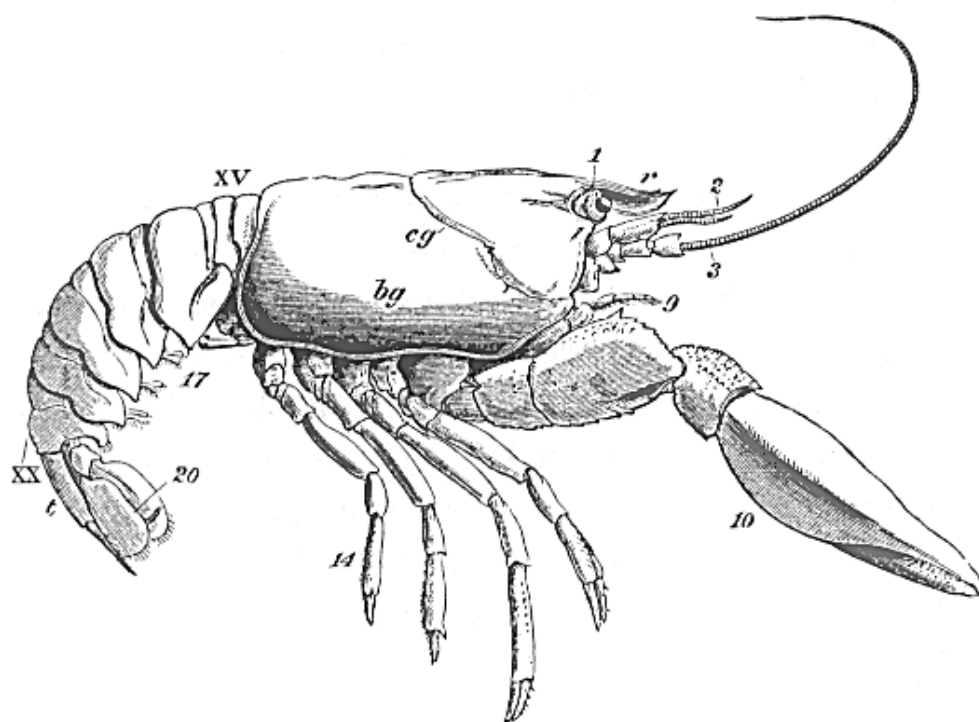
Ce **céphalothorax** est recouvert dorsalement et latéralement par une carapace, extension des **tergites** céphaliques soudés, les bords latéraux ménageant de chaque côté une cavité abritant les branchies : il s'agit des **chambres branchiales**.

C'est aussi là que l'on observe les organes génitaux mâles et femelles :

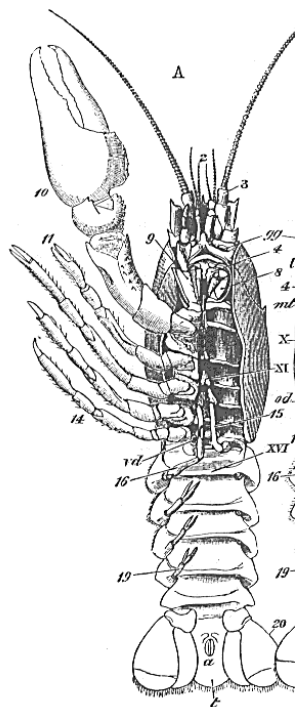
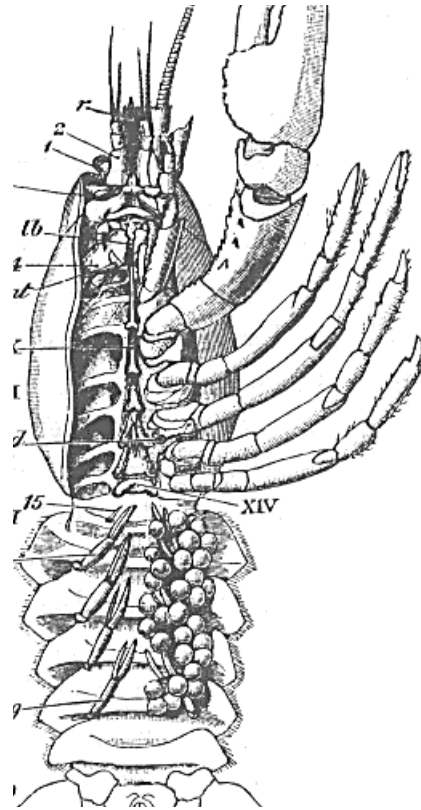
- Chez le mâle on observe un gonopore sur le 5ème périopode et le 1er pléopode est modifié en
- Chez la femelle on observe un gonopore sur le 3ème périopode et le 1er pléopode est modifié en

L'examen externe d'un **métamère abdominal** permet de distinguer les principaux constituants du squelette : **tergite** dorsal, **sternite** ventral et **pleurites** latéraux. Il comporte également les appendices appelés pléopodes.

L'abdomen comprend 6 métamères et le **telson**. Le dernier métamère, avec ses appendices (uropodes) et le telson, forment une palette natatoire. Le telson porte l'**anus** ventralement.



Vue ventrale : mâle et femelle



1° temps de dissection

- Introduire une pointe de ciseaux sous le bord postérieur de la carapace et inciser jusqu'au rostre en suivant le tracé des sillons cardio-branchiaux.
- Soulever le segment de carapace ainsi isolé et l'enlever, après avoir dégagé les adhérences des organes sous-jacents au scalpel.

Observer d'arrière en avant :

- le système circulatoire, translucide : **cœur et 3 artères** (que l'on met en évidence en soulevant le cœur)
- le système génital mâle ou femelle: **gonade** impaire légèrement en avant du cœur, se prolongeant vers les pores génitaux par des conduits génitaux

A quoi ressemblent les gonades femelles ?

.....
.....

A quoi ressemblent les gonades mâles ?

.....
.....

- des faisceaux de **muscles**,
- le système digestif :
 - **œsophage vertical**
 - **estomac, avec le moulin gastrique de couleur**
 - **glande digestive de couleur**
 - **intestin de couleur** **car**
 -
 -
- le **système excréteur urinaire** : glandes urinaires débouchant aux pores urinaires des antennes.

2° temps de dissection

- Ouvrir une chambre branchiale en découpant la région latérale de la carapace.

Observer la disposition des **branchies** et leur point d'attache : sur le **pleurite** (pleurobranchies), un segment d'appendice métamérique (podobranchies) ou une membrane arthrodiiale (arthrobranchies).

3° temps de dissection

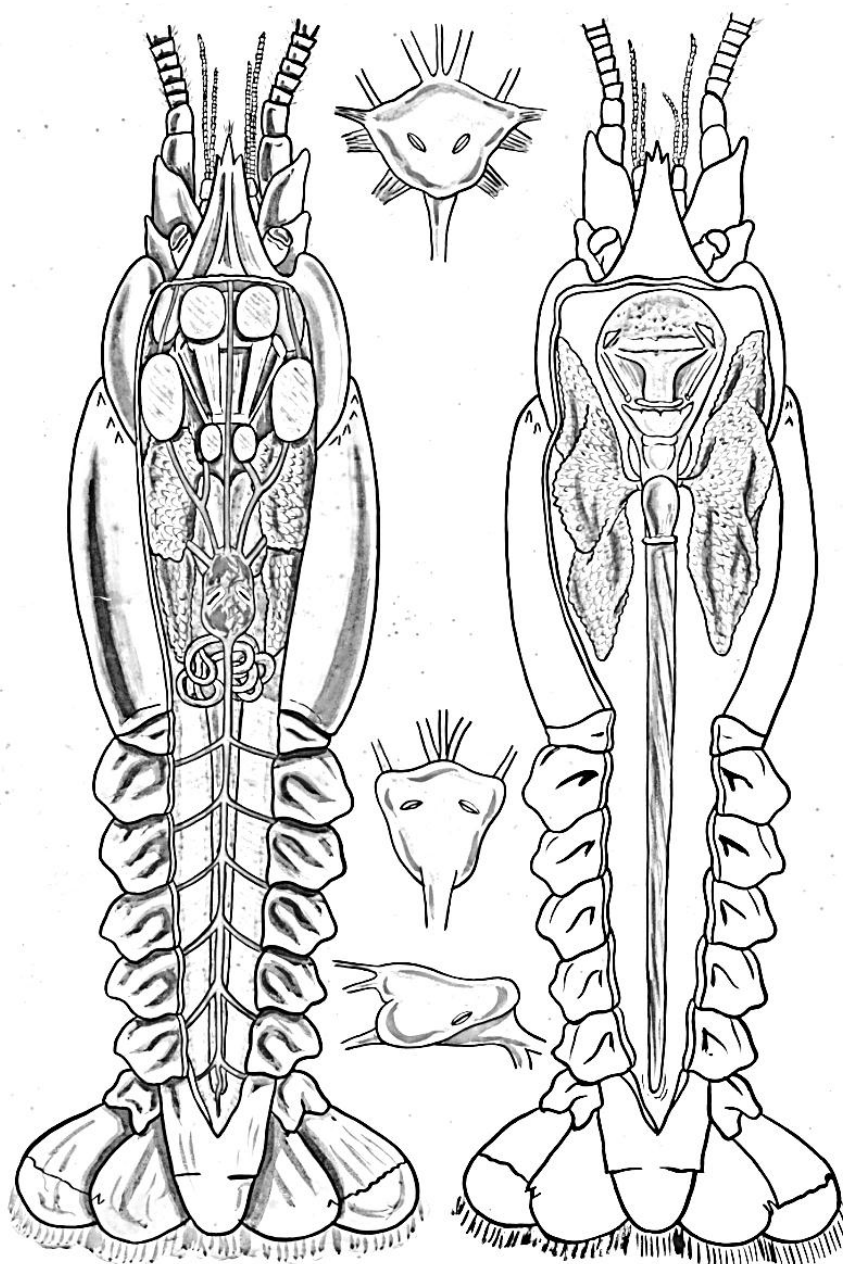
- Découper un volet longitudinal dans les tergites abdominaux et l'ôter, comme précédemment.

Suivre le trajet abdominal de l'**intestin** jusqu'à l'**anus** au milieu des **muscles abdominaux**.

4° temps de dissection

- *Oter tous les viscères étudiés et les muscles.*

Observer le système nerveux : **chaîne nerveuse ganglionnaire** à la face ventrale.



1.2. Coupe transversale de l'écrevisse

- Remplacez les éléments vus à la dissection dans le schéma fourni. Orientez-le, précisez les rôles et l'origine embryonnaire des différents organes/structures
- Tracez le niveau de coupe sur le schéma de l'individu entier
- Faites des dessins détaillés à plus fort grossissement (zoom sur la coupe) si nécessaire

La préparation, de forme plus ou moins circulaire, présente une **symétrie bilatérale** par rapport à l'axe dorso-ventral.

La **paroi externe** du corps est constituée par l'**exosquelette** sécrété par l'**hypoderme** sous-jacent. On y reconnaît les plaques fondamentales : **tergite dorsal**, **pleurites** latéraux et **sternite** ventral. Le tergite présent est complexe car il fait partie de la **carapace céphalothoracique**, qui forme de vastes expansions latérales protégeant les **branchies** : elle constitue la paroi externe des **chambres branchiales**. Ces chambres communiquent avec l'extérieur par l'ouverture ventrale (bien visible sur la partie droite de la coupe présentée ci-dessous). Leur limite interne est constituée des pleurites et de la partie basale des **appendices locomoteurs**.

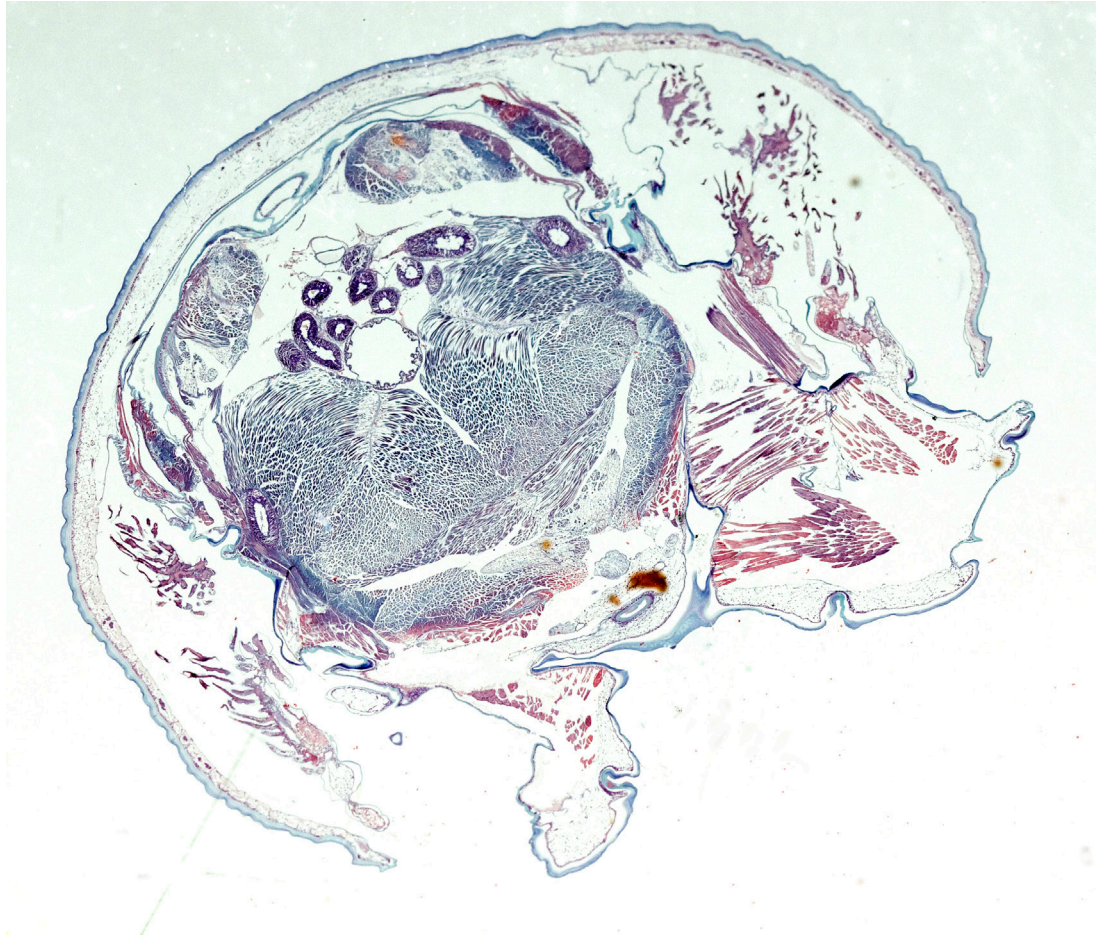
L'**hypoderme** est un épithélium unistratifié. Il est tapissé, à sa face interne, par des tissus d'origine mésodermique qui ne forment pas des couches d'épaisseur uniforme. Ce sont principalement des enveloppes et des faisceaux musculaires présentant diverses orientations. Certains de ces faisceaux s'attachent au squelette, dont certaines parties sont internalisées : ce sont les **apodèmes**.

La cavité générale du corps est un **hémocoèle**.

Dans la région moyenne du thorax, sur le plan médian, on trouve une section transversale du **tube digestif**. Cette section est entourée de sections plus ou moins nombreuses des **glandes digestives** et/ou de **lobules testiculaires** creux. Tout cet ensemble est environné de masses musculaires dont les faisceaux sont coupés suivant diverses orientations.

Le système circulatoire y est principalement représenté par 1 ou 3 **vaisseaux dorsaux** (ou le cœur selon l'endroit de la coupe – rappelez-vous de la dissection), et l'**hémocoèle**.

En face ventrale, on trouve la **chaîne nerveuse** ganglionnaire. Les coupes montrent soit une section dans les **ganglions fusionnés**, soit les deux sections des **connectifs** (là encore rappelez-vous de la dissection).



Faites un zoom sur la paroi du corps

De quelle couleur sont les apodèmes, pourquoi ?

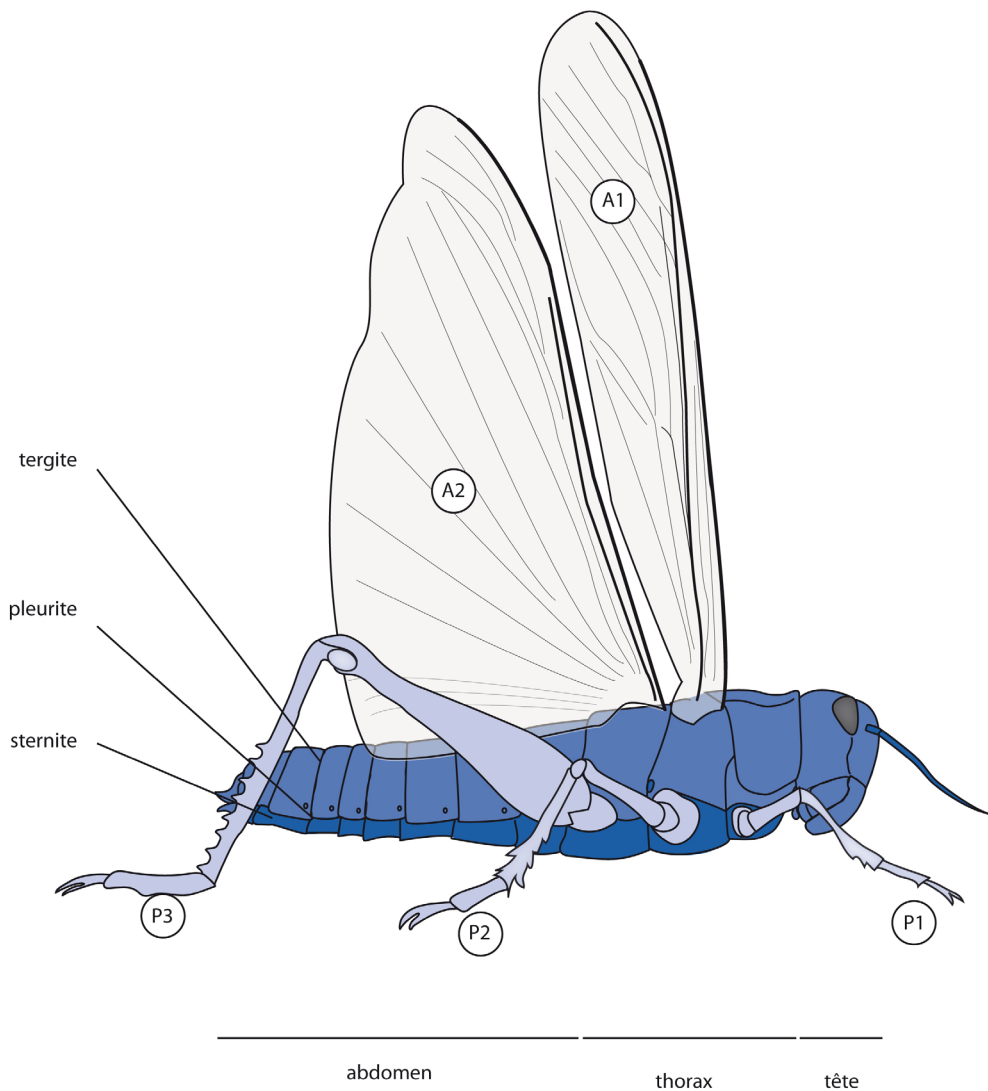
A-t-on des lobules testiculaires ou de la glande digestive sur cette coupe ? Comparez différentes coupes et schématisez la structure invisible ici pour vous en souvenir.

2. Modèle d'étude n°2 : le criquet

2.1. Dissection

Servez-vous du Powerpoint avec les photos de différentes étapes de la dissection (iCampus)

Examen externe



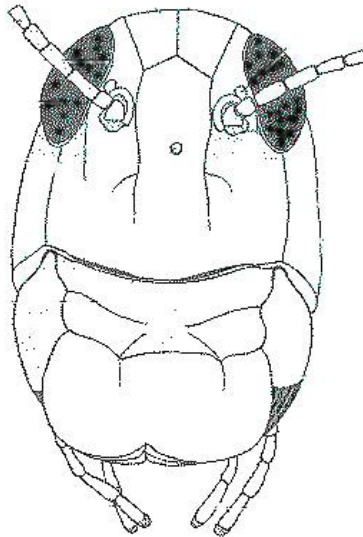
Corps

- de forme allongée, à **symétrie bilatérale** et **axe antéro-postérieur**,
- de couleur variable (beige ponctuée),
- couvert d'un **exosquelette** chitineux articulé (pièces rigides et membranes souples) ;
- régionalisé : **tête, thorax, abdomen**,
- **métamérisé** : segments dont certains sont fusionnés (ex. tête) ou réduits ;
- portant des appendices métamériques pairs articulés : simples ou segmentés.

Tête

- les **yeux** composés latéraux bien développés et 3 **ocelles**
- 1 paire d'**antennes** filiformes courtes
- le **labre**,
- les **mandibules** et la **bouche**,
- les **maxilles** et les palpes maxillaires
- le **labium** et les palpes labiaux

Les pièces buccales sont donc du type broyeur.



Thorax formé de 3 métamères : prothorax, mésothorax et métathorax

- l'**exosquelette** de chaque métamère comporte un **tergite** (dorsal), un **sternite** (ventral) et deux **pleurites** (latéraux)
- notez que le tergite du prothorax s'appelle le **corselet**
- chaque métamère porte une paire de **pattes (notées p)** :
- en outre il y a 2 paires d'ailes :
 - sur le mésothorax : ailes sclérifiées = élytres dont la fonction est de
 - sur métathorax : ailes **membraneuses** (adaptées au vol)
- présence d'une paire de stigmates sur les pleurites, à la jonction mésothorax et du métathorax. Leur fonction est de
- présence d'**organes de stridulation**, très développés chez les mâles, réduits chez les femelles qui ressemblent à

Abdomen formé embryologiquement de **11 métamères** et du **telson** :

- A1 : très spécialisé et intimement uni au thorax, porte latéralement une paire d'**organes tympaniques**,
- A2 à 8 très semblables, chacun possède un exosquelette de forme annulaire (tergite et sternite reliés par des membranes souples) avec une paire de **stigmates latéraux**,
- A9 à A11 forment l'extrémité de l'abdomen.

Chez les femelles : l'appareil génital externe ou **ovopositeur** est constitué de trois paires de valves
Chez les mâles : les génitalia ou pièces génitales mâles y sont logées (rétractées).

Notez ici vos autres observations

Examen interne

- Coupez les ailes
- Découpez le **corselet** et observez, en dessous, une fine membrane blanche délimitant le **sac aérien**. Si vous ne voyez pas de membrane mais un trou noir, c'est que vous avez cassé cette membrane et que vous voyez donc l'intérieur du sac ! Rappelez-vous bien de cela pour comprendre la coupe transversale !
- Incisez ensuite les deux segments thoraciques suivants
- Ecartez les et épinglez les
 - Vous observez les muscles des ailes en brun clair.
- Continuez l'incision jusqu'à la fin de l'abdomen et écartez les bords.
 - Vous observez différentes structures : notez leur couleur, leur texture, leur fonction, leur origine embryonnaire...

Structure	Couleur/texture	Fonction	Origine embryonnaire	Remarques personnelles
Tube digestif				
Graisse				
Trachées				
Tubes de Malpighi				
Apodèmes				

2.2. Coupe transversale du criquet

- Remplacez les éléments vus à la dissection dans le schéma fourni. Orientez-le, précisez les rôles et l'origine embryonnaire des différents organes/structures
- Tracez le niveau de coupe sur le schéma de l'individu entier
- Faites des dessins détaillés à plus fort grossissement (zoom sur la coupe) si nécessaire

La coupe, plus ou moins circulaire, présente une **symétrie bilatérale**.

La **paroi du corps** est constituée d'une cuticule encore mince (rouge ici), l'**exosquelette**, sécrété par l'**hypoderme** sous-jacent. Certaines invaginations du squelette correspondent à des **jonctions métamériques**, d'autres à des parties de l'endosquelette, les apodèmes.

L'intérieur du corps est constitué par un vaste **hémocoèle** contenant l'hémolymphe et diverses structures.

Près de la paroi dorsale du corps, dans le **compartiment dorsal de l'hémocoèle**, on trouve des **faisceaux de muscles striés** recoupés suivant différentes orientations. Entre les massifs musculaires les plus dorsaux, on observe la petite section, tantôt triangulaire, tantôt quadrangulaire, du **vaisseau dorsal**. Malgré sa petite taille, on peut reconnaître la structure contractile de sa paroi.

Ensuite, on retrouve le **sac aérien**, à ne pas confondre avec un des compartiments de l'hémocoèle, souvenez-vous de la dissection !

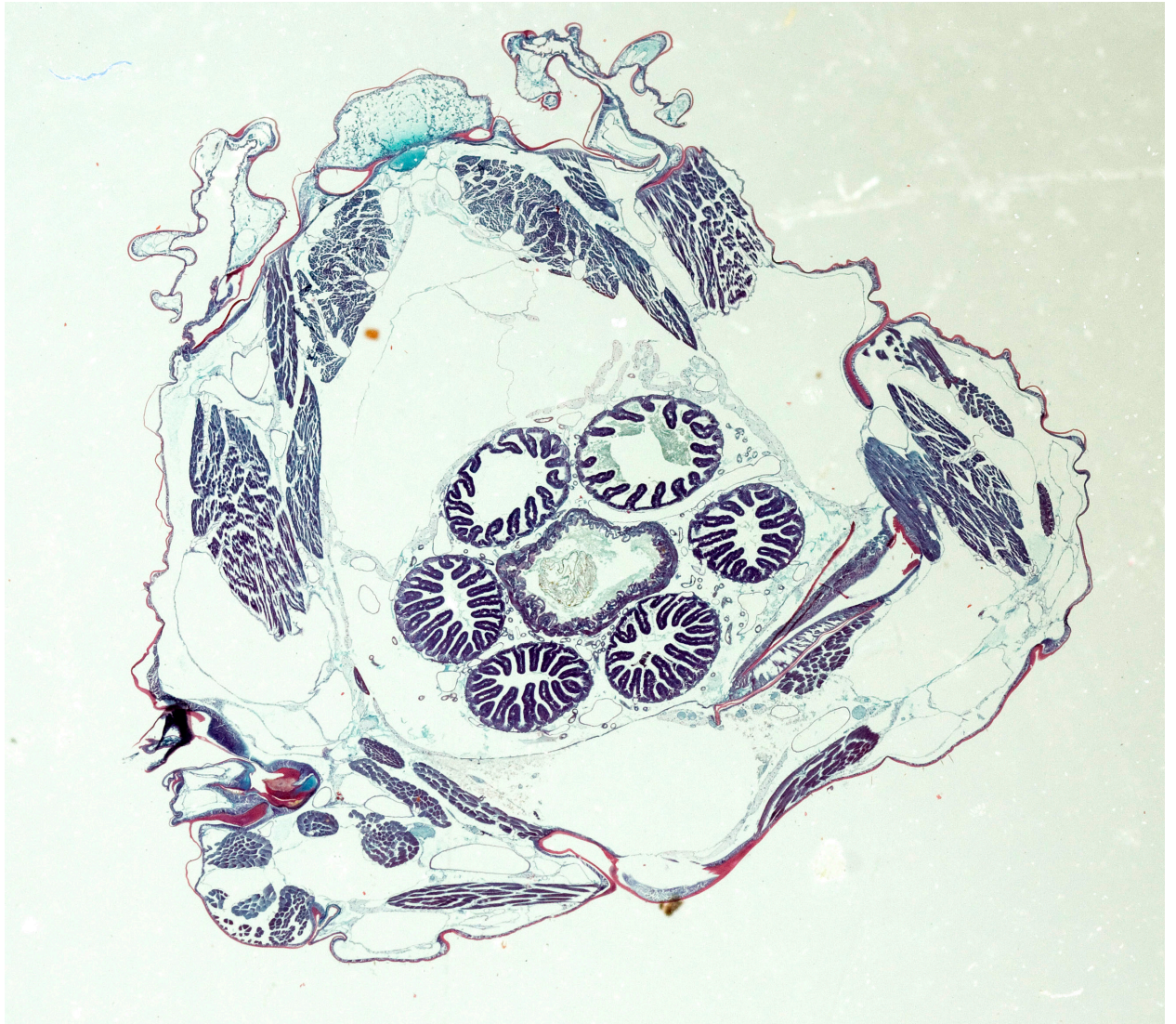
Un **diaphragme ventral**, incomplet, démarque les deux autres compartiments de l'hémocoèle. Le **compartiment médian** est principalement occupé par les viscères. Au niveau étudié, il s'agit surtout du **tube digestif**, ici le **gésier**. Le **mésentéron** est représenté par des coupes dans les **caeca** (rappelez-vous de la coupe longitudinale de l'audio-visuel). Rabattus vers l'avant, les caeca entourent la section du stomodéum, l'ensemble formant une rosace.

C'est au voisinage du tube digestif que l'on repérera le plus facilement les coupes, de très petits calibres, des **tubes de Malpighi**. Leur paroi, formée d'une assise cellulaire, est plus épaisse que celle des trachées de même taille. Les **trachées** sont ces invaginations tubulaires ectodermiques présentent intérieurement un support chitineux généralement spiralé.

Il y a parfois des sections rubanées de **tissu adipeux** encore peu différencié, c'est-à-dire peu chargé de réserves.

Le **compartiment ventral** de l'hémocoèle renferme la **chaîne nerveuse ganglionnaire** double entourée d'une gaine de tissu adipeux. Cependant, en fonction des coupes, la chaîne nerveuse n'est pas toujours observable, mais on peut retrouver dans cette région des coupes dans les **nerfs**.

Sur certaines coupes, observez les attaches des ailes ou des pattes !



Comparez les structures des **tubes de Malpighi** et des **trachées** en les **dessinant**

Faites des **zooms** aux endroits de la coupe que vous voulez pour mieux se souvenir des structures

3. Critères caractérisant l'embranchement sur base des observations et des données de l'audio-visuel. Quelle est la grande nouveauté dans ce groupe ?

4. Diversité des Arthropodes et création d'une clé dichotomique pour la classification des individus présentés (travail par groupe – 2h)

L'objectif de ces deux heures de TP est de vous faire découvrir une partie de la diversité des arthropodes *via* la création d'une **clé dichotomique** permettant de les classer.

Pensez à bien préparer la séance en étudiant la partie diversité des arthropodes de l'audio-visuel !

Ce travail sera réalisé par groupe et vous sera expliqué en début de séance.

Notez ici les individus qui vous ont été proposés – vous pouvez réaliser des schémas pour vous permettre de mieux les mémoriser et indiquer les éléments morphologiques qui vous ont aidé à les identifier.

Notez ici les individus qui vous ont été proposés (suite)

Notez ici les individus qui vous ont été proposés (suite)

Notez ici votre clé dichotomique !

5. Calcul de l'indice biotique de la rivière du bois de Lauzelle (2h)

INTRODUCTION

Les macroinvertébrés des rivières forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à de nombreuses espèces de poissons, d'amphibiens, de reptiles...

Ces organismes possèdent des sensibilités variables à différents stress comme, par exemple, la pollution. C'est pourquoi ils sont souvent utilisés pour évaluer la qualité d'un cours d'eau. En partant de la constatation que les populations d'Invertébrés benthiques sont tributaires de la qualité de l'eau et, plus précisément, de son taux d'oxygénation, on peut donc se baser empiriquement sur la qualité et la diversité de cette faune d'Invertébrés pour apprécier la qualité de l'eau :

- La présence de groupes très exigeants en O₂: perles ou éphémères ecydonurides est un gage de qualité,
- au contraire, leur disparition, associée à la prolifération de décomposeurs tels que l'aselle ou les chironomes indiquent une pollution de type organique.

OBJECTIF

Lors de cette séance de TP, vous allez travailler par groupe sur un échantillonnage de macro-invertébrés réalisé dans la rivière du bois de Lauzelle. Les animaux ont été conservés dans l'alcool.

Votre **but** est de **calculer l'indice biotique** de cette rivière, et donc d'évaluer son degré de pollution.

DEROULEMENT

Pour cela nous vous demandons par groupe de :

- **trier** les organismes par grand groupe taxonomique (Embranchement) sur base de vos **connaissances** acquises tout au long de ce quadrimestre et d'être capable de **justifier** les critères morphologiques qui vous ont permis de le faire
- une fois l'embranchement déterminé, demandez les documents d'identification aux assistants. Utilisez alors les clés mises à votre disposition afin d'**identifier le plus finement possible** les organismes. Vérifiez aussi que l'embranchement est le bon !
- **remplir** le tableau 1 (le nombre d'individus trouvés par groupe taxonomique est noté sur le flacon. Par exemple: « échantillon 1, n = 10 » signifie que, lors de notre échantillonnage, nous avons trouvé 10 individus morphologiquement identiques à celui présent dans le bocal)
- **calculer l'indice biotique** :

Une fois le tri effectué et une liste faunistique établie, on déterminera :

- La variété taxonomique (St) c'est-à-dire le nombre total de taxons identifiés, quelque soit le nombre d'individus trouvés par taxon.
- Le groupe indicateur (G.I.) le plus «polluosensible» c'est-à-dire le taxon indicateur ayant une présence significative sur la station et possédant l'indice le plus élevé possible.

Tableau 1. Liste des organismes collectés lors de l'échantillonnage au bois de Lauzelle

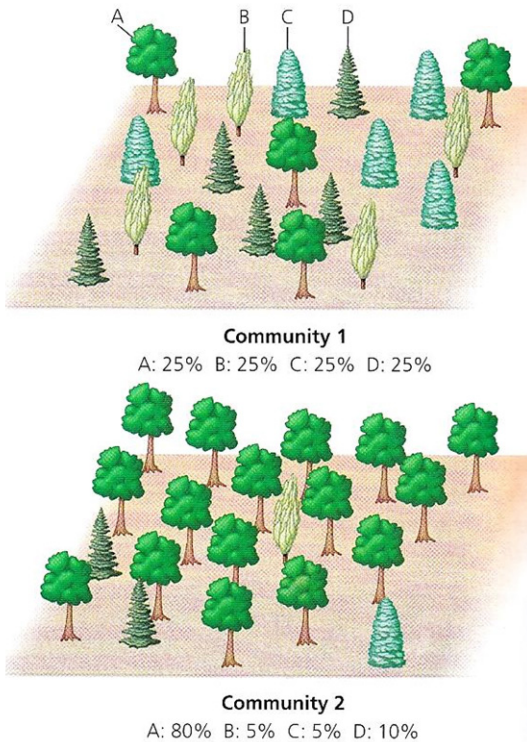
N° de l'échantillon	Embranchement	Famille	Genre	Nombre
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				

Tableau 2. Calcul de l'indice biotique IBGN

Taxons	GI	St													
	>50	49 à 45	44 à 41	40 à 37	36 à 33	32 à 29	28 à 25	24 à 21	20 à 17	16 à 13	12 à 10	9 à 7	6 à 4	3 à 1	
<i>Chloroperlidae</i> <i>Perlidae</i> <i>Perlodidae</i> <i>Taeniopterygidae</i>	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
<i>Capniidae</i> <i>Brachycentridae</i> , <i>Odontoceridae</i> <i>Philopotamidae</i>	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
<i>Leuctridae</i> <i>Glossosomatidae</i> , <i>Beraeidae</i> <i>Goeridae</i> <i>Leptophlebidae</i>	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
<i>Nemouridae</i> <i>Lepidostomatidae</i> <i>Sericostomatidae</i> <i>Ephemeridae</i>	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
<i>Hydroptilidae</i> <i>Heptageniidae</i> <i>Potamitarcidae</i> <i>Potamanthidae</i>	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
<i>Leptoceridae</i> <i>Polycentropodidae</i> , <i>Psychomyidae</i> <i>Rhyacophilidae</i>	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
<i>Limnephilidae</i> <i>Hydropsychidae</i> <i>Ephemerellidae</i> <i>Aphelocheiridae</i>	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
<i>Baetidae</i> <i>Caenidae</i> <i>Elmidae</i> <i>Gammaridae</i> <i>Mollusques</i>	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
<i>Chironomidae</i> <i>Asellidae</i> Achètes,Oligochètes	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Selon le nombre de taxons indicateurs, on attribue une note de qualité hydrobiologique variant de 1 à 20.

IBGN	>17	16-13	12-9	8-5	<4
	excellente	bonne	passable	médiocre	mauvaise



Comme vous pouvez le constater, l'indice biotique initial dépend fortement des densités relatives des différentes espèces échantillonnées. Vous allez pouvoir bien comprendre l'importance de prendre en compte le nombre d'individus échantillonné par espèce, en calculant l'estimateur de diversité biologique le plus connu en Ecologie, le fameux Indice de Shannon.

Une « communauté » en écologie définit l'ensemble des espèces vivant en interaction les unes avec les autres dans un même habitat, comme par exemple une portion de rivière ou une forêt. Pour estimer la biodiversité associée à une communauté, connaître le nombre d'espèces ne suffit pas. Il faut un paramètre qui tient en compte le nombre d'individus par espèce, c'est-à-dire de la rareté ou de l'abondance de chaque espèce, comme vous allez pouvoir vous en rendre compte avec l'exemple suivant, ci-dessous. L'indice de Shannon-Weaver décrit cette diversité spécifique, que nous allons d'abord calculer pour les deux communautés forestières représentées ci-dessous, et que vous pourrez ensuite calculer pour votre échantillon d'eau de rivière.

Fig. : Composition de deux communautés forestières. Étant donné les pourcentages associés à chaque espèce de la communauté (A, B, C et D), on sait que pour 100 individus, la communauté 1 est formée de 25 A, 25 B, 25 C, 25 D, tandis que la communauté 2 est formée de : 80 A, 5 B, 5 C, 10 D.

Les deux communautés sont donc représentées par la même composition en espèces (4 espèces). Cependant, avez-vous le sentiment que la biodiversité des deux forêts est la même ?

Non.... L'indice de Shannon permet de quantifier la diversité spécifique plus grande de la communauté 1 par rapport à la communauté 2 :

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Avec H = l'indice de Shannon
 ni = nombre d'individus par espèce
 N = le nombre total d'individus dans la communauté
 i = 1 à S, étant la suite les espèces présentes dans la communauté.

Il s'agit donc de faire la somme des « ni/N x ln(ni/N) » pour l'ensemble des espèces de la communauté, pour connaître H.

Pour pouvoir comparer l'indice de Shannon entre communautés qui diffèrent dans la composition en es-

èces les unes par rapport aux autres, on :

1) calcule H_{max} , qui est la valeur maximale de l'indice de Shannon dans chaque communauté :

2) divise H par H_{max} et multiplie le résultat par 100 : on obtient ainsi la biodiversité spécifique d'une communauté mesurée en par rapport à la biodiversité maximale possible pour cette communauté, en pourcents.

Faisons l'exercice pour les deux forêts :

Communauté	$n1^*$	$n2$	$n3$	$n4$	N	S	H	H_{max}	H/H_{max}
communauté 1	25	25	25	25	100	4	1,39	1,39	1
communauté 2	80	5	5	10	100	4	0,71	1,39	0,51

*: Nbre ind espèce 1

Et voilà ! On voit bien que l'indice de Shannon dépend fortement de l'abondance de chaque espèce échantillonnée, puisqu'il varie du simple au double entre les communautés 1 et 2, qui pourtant ont la même composition en espèces (4 espèces distinctes).

Faites de même maintenant pour calculer l'indice de diversité de votre échantillon d'eau.