

UNIVERSITE KASDI-MERBAH OUARGLA
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences biologiques



Mémoire de
MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Hydrobiologie marine et continentale
Spécialité : Aquaculture

Thème

Age et croissance d'un mollusque bivalve *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) de barrage El Agrem de Jijel

Présenté par : BOUSBIA Bakhta & BRAHMIA Assala
Soutenu publiquement
Le : 23/ 06 /2022

Devant les jurys

Mme	HIDOUCI S.	MCB	Président	UKM Ouargla
Mme	MADACHE S.	MAA	Encadreur	UKM Ouargla
Mme	BENCHIKH N.	Docteur	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire 2021/2022

Liste des tableaux

1. Synonymes de bivalve <i>Anodonta anatina</i> en fonction de sa localisation d'apparition (- : absence d'information)	6
2. Noms vernaculaire de l'anodonte de rivière <i>Anodonta anatina</i> en fonction dans quelques pays.....	7
3. Principales espèces et groupes de mollusques bivalves d'intérêt aquacole (* : noms vernaculaire en anglais) (Fao, 2009)	14
4. Données environnementales recueillies au cours de l'échantillonnage (SE : surface échantillonnée ; EP : effort de pêche)	27
5. Comparaison morphologique des différents critères d'identification entre les 3 espèces d'Unionidae (<i>Anodonta anatina</i> , <i>Anodonta cygnea</i> et <i>Sinanodonta woodina</i>) de barrage El Agrem de la région d Jijel (Lt : longueur totale ; La : largeur totale ; NR : nombre de rides de l'umbo ; C : couleur).	30
6. Distribution des longueurs totales individuelles (mm) de <i>Anodonta anatina</i> de barrage El Agrem de Jijel d'après la lecture directe des valves (\bar{L}_t : longueur totale moyenne (mm); \bar{P}_t : poids total moyen (g) ; \overline{PMV} : Poids de la masse viscérale moyenne (g) ; \overline{PVV} : poids des valves vides (g) ; Et : écart-type ; - : présence d'un seul individus).	33
7. Longueur moyenne (mm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance sur les valves chez les sexes confondus de <i>Anodonta anatina</i> de barrage El Agrem de Jijel (M : moyenne, E : écart-type, N : effectif, L_t : Longueur totale ; - : présence d'un seul individu)...	34
8. Comparaison des longueurs totales en (mm) rétrocalculées avec celles déterminées par le comptage du nombre d'anneaux d'arrêt de croissance d' <i>Anodonta anatina</i> de barrage El Agrem de Jijel d'après la lecture directe des valves.....	34
9. Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez la population totale d' <i>Anadonta anatina</i> de barrage El Agrem de Jijel (+: allométrie majorante, -: allométrie minorante, =: isométrie, * significatif au seuil de 5 %, ** significatif au seuil de 1%, *** significatif au seuil de 0,1%, N : effectif, L_t : longueur totale (mm), P_t : poids éviscéré (g) ; P_{mv} : poids de la masse viscérale).....	36
10. Comparaison des limites de la longueur totale (L_t), de la largeur des valves (L_a), des rapports L_t/L_a et L_a/L_t de l'Anodonte des rivières <i>Anodonta Anatina</i> , <i>Anodonta cygnea</i> et <i>Sinanodonta woodina</i> de barrage El Agrem de Jijel (- : absence d'information).....	40
11. Structure d'âge d' <i>Anodonta anatina</i> et <i>Sinanodonta woodina</i> dans différentes localités (N : effectife ; % : fréquences ; - : effectif nulle.).....	44
12. Comparaison de l'expression mathématique de la relation longueur totale de la valve et la largeur chez la population totale d' <i>Anadonta anatina</i> et <i>Anodonta cygnea</i> de différentes (***)	

LISTE DES TABLEAUX

significatif au seuil de 0,1%, N : effectif, Lt : longueur totale (mm), La : largeur (mm) ; - : absence d'informations).....46

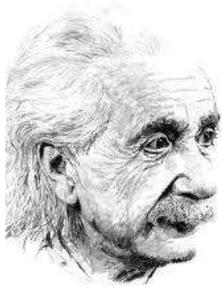
13. Comparaison des longueurs totales (Lt), poids totaux (Pt) et des âges des 3 espèces *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea* et *S. woodina* dans différentes localités (- : Absence d'information)...48

Liste des figures

1. Caractères morphologiques des valves de la famille Unionidae (A : vue dorsale (vue de 'extérieur) ; B : vue par le dommet (umbo) ; B : vue à l'intérieur (valve gauche) ; L : longueur totale de la valve, H : hauteur de la valve ; E : épaisseur de la valve) (Killeen *et al.*, 2004)... ..8
2. Morphologie externe d'*Anadonta anatina* (A : vue dorsale ; B : vue par l'umbo)..... 10
3. Distribution mondiale d'Anodonte d rivière *Anodonta anatina* (●) (A), en Europe et en Afrique (B).
(https://www.gbif.org/occurrence/map?has_coordinate=true&has_geospatial_issue=false&taxon_key=4559631&occurrence_status=present)..... 11
4. Cycle de vie d'anodonte de rivière d'*Anodonta anatina*. (McIvor, 2004 ; Madill, 2005 ; Hinzmann *et al.*, 2013 ; Mollusca of Belarus, 2018 modifié)..... 13
5. Localisation (A) et situation géographique (B) de barrage El Agrem de la willaya de Jijel 16
6. Critères d'identifications des espèces de la famille Unionidae (A. forme, position des axes (m : axe postéro-antérieur médian ; d : axe de l'umbo à la jonction dorsale) ; B : nombre et forme des rides de l'umbo) 17
7. Paramètres métriques mesurés d'*Anodonta anatina* de la région de Jijel (Lt : longueur totale de la valve ; La largeur de la valve ; Ev : épaisseur de la valve)..... 18
8. Valve gauche avec les stries de croissance externes (A) et interne (B), l'axe dorso-médian et mesures effectuées des rayons de chaque âge (r1, r2, ..., rn) (C) de l'*Anodonta anatina* de barrage El Agrem de Jijel 21
9. Echantillon de bivalves d'eau douce de barrage El Agrem de la région de Jijel 27
10. Photo des critères distinctifs d'*Anodonta anatina* (A) et les rides de son umbo (B) échantillonné dans le barrage El Agrem de la région de Jijel..... 28
11. Photo des critères distinctifs d'*Anodonta cygnea* (A) et les rides de son umbo (B) échantillonné dans le barrage El Agrem de la région de Jijel..... 29
12. Photo des critères distinctifs de *Sinanodonta woodina* (A) et les rides de son umbo (B) échantillonné dans le barrage El Agrem de la région de Jijel..... 30
13. Dominance des différentes espèces échantillonnées de barrage El Agrem de Jijel 31
14. Distribution de fréquences de chaque groupe d'âge de la population totale d'*Anodonta anatina* de barrage El Agrem de la région de Jijel..... 32
15. Modélisation de la croissance linéaire (A) et croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire théorique (AA) chez la population totale d'*Anodonta anatina* de barrage El Agrem de Jijel..... 35

LISTE DES FIGURES

16. Droites de régression exprimant les relations entre La longueur totale et les différents paramètres pondéraux de la moule *Anodonta anatina* de barrage El Agrem de la région de Jijel (Pt : poids totale (A) ; Pmv : poids de masse viscérale (B) ; Pvv : Poids des valves vides (C))37
17. Croissance pondérale théorique (CPT) et accroissement pondérale théorique (AA) chez la population totale d'*Anodonta anatina* de barrage El Agrem de la wilaya de Jijel38



*« La théorie, c'est quand on sait tout et que rien ne fonctionne.
La pratique, c'est quand tout fonctionne et que
personne ne sait pourquoi»*

ALBERT EINSTEIN



ASSALA

Je dédie ce fruit à :



Mes chers parents

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse
et leurs prières tout au long de mes études.*



Mes chères sœurs DIKRA et MARIA

Pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.



Mes chers frères AHMED CHAOIKI et SALAH IDIN

Pour leur appui et leur encouragement.



Toute ma grande famille

*Pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,
Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués
et le fruit de votre soutien infailible.*



Mes chers amies LOUIZA et HANA

*Pour leur amour et leur présence dans ma vie Dont on a passé de bons moments
ensemble.*



Sans oublier BAKHTA ; mon camarade de cursus et ma binôme.

Merci d'être toujours là à mes côtés





BAKHITA

À

*La mémoire de mon père OMAR
Qu'Allah l'Accueille dans son vaste paradis,
à qui je dédie ce travail tout en espérant qu'il sera fier de ce que
je suis devenue car c'est à lui et à ma mère que je dois toute ma vie...*

*Ma mère Mebarka et mon oncle MOKHTAR
Qui m'ont fortement poussé à me lancer dans l'aventure.
Merci maman d'avoir supporté tout ça et de m'avoir soutenu du mieux que tu
pouvais
Merci mon oncle de m'avoir encouragé du mieux que tu pouvais jusqu'à la fin.*

*Mes sœurs LOUIZA, RACHIDA, KHAWLA, YASMINE, FATIMA
et KHADIDJA & mon frère FARES
Que je dois ma profonde amour et reconnaissance.*

*Mes nièces et ma cousine Khadidja
Que je la remercie beaucoup.*

Toutes personnes qui porte le nom de famille BOUSBIA et MEZAAGUE.

*Assala, Faiza, Rima et Razika
Qui m'ont beaucoup encouragé et soutenu.*

Merci pour vous tous



Remerciements

Nos remerciements s'adressent en premier lieu à « الله », qui nous a accordé le courage, la force et la patience pour mener à terme ce travail de recherche.

Au terme de ce travail, cette étude est le fruit d'un effort conjugué de nombreuses personnes qui ont intervenus à un moment ou un autre pour apporter une aide technique, un conseil, une orientation ou simplement un encouragement. Sans eux, ce mémoire n'aurait jamais pu être conduit convenablement. Qu'ils trouvent ici l'expression de nos très profondes reconnaissances.

Nous aimerons remercier notre directrice de mémoire Madame Sarah Madache (Maître assistant classe A, Université KASDI-Merbah, Ouargla) pour son encadrement, sa gentillesse, son écoute et d'avoir veillé à ce que ce travail aboutisse malgré le changement de la thématique la dernière minute suite aux contraintes que nous avons rencontrées lors de la réalisation de la première. Sa patience de nous apprendre et nous former durant notre cursus en Dynamique des populations exploitées et traitement de données ont été indispensables à la conception de ce mémoire de fin d'étude. C'était un grand plaisir de faire des expérimentations avec vous au laboratoire.

Un grand merci à Madame Sabrina Hidouci (Maître de conférences classe B, Université KASDI-Merbah, Ouargla) pour son aide et sa collaboration lors de la réalisation de notre ancien travail et d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance et de l'enrichir par leur proposition.

Nous remercions également Madame Nadira Benchikh (Docteur en Sciences de la mer), d'avoir accepté d'examiner notre travail. Qu'elle trouve ici l'expression de nos profondes gratitudee

Nous adressons nos vifs remerciements au directeur de la direction de la pêche et des ressources halieutique de la willaya d'Oued Souf (DPRH), Monsieur Ismail Benmoussa, pour nous avoir donné la chance de nous lancer dans ce mémoire en mettant à notre disposition le

REMERCIEMENTS

matériel biologique dont il nous a assuré un échantillon représentatif d'une espèce de moule de la région de Jijel ; sans lui, ce travail n'aurait pas pu arriver à terme.

Nous associons à ses remerciements l'ensemble des enseignants de la filière Hydrobiologie marine et continentale : Monsieur S. Bensalem, Monsieur T. Idder, Monsieur T. Kebabsa et Monsieur R. Guezzi ; sans oublier Madame R. Manamani qui nous a manqué tous et Monsieur Ali Seggaï (Maître de conférences classe B, Université KASDI-Merbah, Ouargla) de nous avoir soutenu, écouté, aidé et encouragé durant ce travail.

Merci à toutes les personnes avec qui nous avons pu collaborer et soutenu au cours de ce travail, aussi bien au sein de notre petite ou grande équipe de la filière hydrobiologie marine et continentale.

Enfin tous ceux qui nous ont soutenu tout au long de ce travail de près ou de loin, par leur amour, amitié et leur sympathie, qu'ils trouvent ici l'expression de nos profondes remerciements.

SOMMAIRE

Remerciements

<i>Introduction</i>	1
---------------------------	---

<i>Chapitre I. Généralités</i>	5
--------------------------------------	---

1. Position systématique et taxonomie	6
1.1. Synonymes.....	6
1.2. Appellations vernaculaires	7
2. Critères de diagnose	7
2.1. Caractéristiques morphologique de la famille Unionidae	7
2.2. Caractéristiques morphologique du genre <i>Anodonta</i>	9
2.3. Caractéristiques morphologique de l'espèce <i>Anodonta anatina</i>	9
3. Eléments d'écobiologie	10
3.1. Distribution géographique	10
3.2. Habitat et éléments d'écobiologie	11
4. Intérêt économique.....	13

<i>Chapitre II. Matériel et méthodes</i>	15
--	----

1. Echantillonnage et milieu d'étude	16
2. Analyse des captures.....	17
2.1. Biométrie	17
2.2. Indices écologiques	18
3. Croissance	19
3.1. Détermination de l'âge	19
3.1.1. Méthode directe (étude de marques)	20
3.1.1.1 Relation entre la longueur et ou la largeur de la valve et les rayons	20
3.1.1.2. Calcul des tailles aux stries (méthode de rétrocalcul).....	22
3.2. Modélisation de la croissance	22
3.2.1. Croissance linéaire absolue	23
3.2.2. Croissance relative (relation taille-poids)	25
3.2.3. Croissance pondérale absolue	15

<i>Chapitre III. Résultats</i>	26
--------------------------------------	----

1. Données environnementales.....	27
2. Inventaire qualitatif.....	27
2.1. Diversité, taxonomie et Critères de diagnoses	27
2.1.1. <i>Anodonta anatina</i>	27
2.1.2. <i>Anodonta Cygnea</i>	28
2.1.3. <i>Sinanodonta woodina</i>	29
2.2. Indices écologiques	30
3. Etude de l'âge.....	31

SOMMAIRE

3.1. Relation entre la longueur et ou la largeur de la valve et les rayons	32
3.2. Clé âge longueur	32
3.3. Calcul des tailles aux stries (rétrocalcul)	33
4. Modélisation de la croissance	34
3.1.1. Croissance linéaire absolue	34
3.1.2. Croissance relative (relation taille-poids)	36
3.1.3. Croissance pondérale absolue	38
<i>Chapitre IV. Discussion</i>	39
1. Identification des espèces	40
2. Âge.....	43
3. Croissance	46
<i>Conclusion</i>	49
<i>Références bibliographiques</i>	52
<i>Résumés</i>	68

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Bien que les bivalves constituent un composant important dans la faune marine et dulçaquicole, les travaux consacrés à leur taxonomie et leur systématique restent encore peu nombreux voire rares, par rapport aux autres groupes d'invertébrés (Schneider, 2001). La plupart des malacologistes ont adoptés deux nominations des bivalves durant plusieurs années dont les Pélécy-podes (Goldfuss, 1820) et les Lamellibranches (de Blainville, 1825-1827) malgré qu'il existe 13 noms retenues dans la littérature (Moore, 1969).

Il apparaît que la malacologie est délaissée, souvent considérée comme difficile, voire inaccessible même par des naturalistes confirmés, malgré l'intérêt que représente ce taxon pour la connaissance et le fonctionnement des écosystèmes où elle porte le nom de bons indicateurs pour la surveillance biologique de ces derniers (Vaughn & Hakenkamp 2001; Aldridge *et al.*, 2007).

Neuf familles de Mollusques bivalves représentent ceux d'eaux douces africaines (Cyrenoididae, Dreissenidae, Donacidae, Margaritiferidae, Unionidae, Mutelidae, Etheriidae, Sphaeriidae et Corbiculidae) dont les 3 première peuvent être qualifiées de dulcicoles périphériques, leur aire de répartition en Afrique étant limitée aux marges côtières du continent, exclusivement d'ailleurs sur la façade atlantique, du Sénégal à l'Angola. Tandis que, les Margaritiferidae, Unionidae, Mutelidae, Etheriidae et Sphaeriidae sont considérés comme dulcicoles primaires et la famille Corbiculidae se rattachent aux dulcicoles secondaires (Moore, 1969).

Les mollusques bivalves de la famille Unionidae, plus communément appelé mulette et/ou anodontes, font partie des organismes les plus menacés d'extinction au monde (Bogan 1993 ; Klishko, 2012 ; Lopes-Lima *et al.*, 2014 ; Lopes-Lima *et al.*, 2017 ; Lopes-Lima *et al.*, 2018). Ce qui a poussé les scientifiques d'adopter une approche plus systématique et rigoureuse afin d'assurer la protection et la conservation de ces organismes ainsi que les causes de leur déclin (Bogan, 1993). Ces bivalves sont d'importants indicateurs à l'état de l'intégrité écologique des rivières (Howard & Cuffey, 2006).

Cette famille est représentée par 11 genres en Afrique dont *Anodonta*, *Brazzaea*, *Coelatura*, *Cafferia*, *Mweruella*, *Nitia*, *Nyassunio*, *Prisodontopsis*, *Pseudospatha*, *Psilunio* et *Unio* (Daget, 1998). Deux espèces du genre *Anodonta* ont été recensé par Daget (1998) en Algérie (*Anodonta anatita* (Linnaeus, 1758) et *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758)), tandis que le genre *Sinanodonta* et sa représentante *S. woodina* (Lea, 1834) n'ont pas été signalé.

INTRODUCTION

Au nord Africain, les premières données sur les Mollusques dulcicoles reviennent à la fin du XIX^{ème} siècle. En Algérie le genre *Anodonta* est récolté dans la région extrême Nord-Est Algérienne à EL Kala (la Calle) (Morelet, 1864) et les massifs des côtes algériennes (*Anodonta lucasi* (Deshayes, 1843), *Anodonta tunizana* (Morelet, 1864) et *Anodonta embia* (Bgt, 1864)). Cependant, Letourneux et Bourguignat (1887) ont signalé la présence de cinq espèces d'*Unio*, alors que d'autres travaux de Germain (1908), Pallary (1923), Van Damme (1984), Boumaïza (1994) et Khalloufi (1998) ont déclaré la présence des genres *Unio*, *Sphaerium* et *Pisidium*. Ailleurs, au Maroc, des populations isolées ont été trouvées dans l'Oued Gnou (*Anodonta pallaryi* (Bédé, 1932)), l'Oued M'da (*Anodonta theryi* (Bédé, 1932)) et dans l'Oued Grou (*Anodonta gruveli* (Pèrés, 1938)).

Anodonta anatina est l'une des plus grandes espèces de la famille Unionidae, appelé communément Anodonte des rivières. Elle a été proposé parmi les bioindicateurs de la présence de nombreux composés et organismes (Camusso *et al.*, 1994) dont elle participe à la purification de l'eau suite à la faculté d'absorber les polluants (matière organique, micro-organismes, métaux lourds...) (Lukashov, 2009).

Au niveau des plans d'eau douce Algériennes, les travaux d'inventaire ou des études de la biologi, écologie, dynamique des moules d'eau douces sont très anciens ou très ponctuels (Morelet, 1864 ; Deshayes, 1843 ; Bgt, 1864 ; Daget, 1998). Afin de mieux appréhender les évènements environnementaux et son effet sur la répartition d'Anodonte de rivière *A. anatina*, d'améliorer la gestion de cette ressource dans le milieu naturel et de connaître la biodiversité de nos plan d'eau ; il convient nécessaire d'approfondir nos connaissances sur sa biologie et son écologie en particulier sa croissance dans le milieu naturel afin de connaître ces exigences. C'est dans ce contexte que nous avons abordé ce travail. Cette étude est une partie complémentaire à celle réalisée par Sellami et Othmani (en cours) sur l'identification et la caractérisation morpho-somatique de cette espèces. De ce fait, l'objectifs de ce travail est d'identifier les différentes espèces de notre échantillon, déterminer l'âge et de modéliser sa croissance.

Le présent travail s'articule en trois chapitres dont le premier chapitre comporte une synthèse bibliographique et compilation des connaissances concernant l'espèce étudiée *A. anatina*. Le deuxième porte sur le site d'étude, l'échantillonnage et la méthodologie de travail consacrée essentiellement à l'identification des bivalves d'eau douce, la détermination de l'âge

et la modélisation de la croissance d'*A. anodonta*. Le dernier chapitre traite les résultats obtenus relatifs à l'étude et son interprétation suivit d'une discussion.

CHAPITRE I.
Généralités

1. Position systématique et taxonomie

La famille Unionida qui représente un vieux groupe de 200 millions d'années dont son origine est probablement le Trias (Santini, 2012) ; comprenant 837 espèces d'eau douce, réparties dans le monde sauf dans les régions arctiques (Fritz Haas, 1969). En revanche, la systématique détaillée de l'une des représentants de cette famille *Anodonta* de rivière *A. anatina* est décrite par Lamarck, (1799), Rafinesque (1815), Gray (1847), Wright & Wright (1892), Bütschli (1910) et Bieler *et al.* (2010).

Règne : Animalia

Sous-Règne : Eumetazoa

Embranchement : Mollusca

Classe : Bivalvia

Sous-classe: Palaeoheterodonta

Ordre : Unionida

Famille : Unionidae

Genre : *Anodonta*

Espèce : *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758).

1.1. Synonymes et appellations vernaculaires

1.1.1. Synonyme

Les synonymes d'*A. anatina* ont été citées selon l'ordre chronologique d'apparition dans la littérature ainsi que la référence de la description originale et la localisation d'apparition (Tab. 1).

Tableau 1. Synonymes de bivalve *Anodonta anatina* en fonction de sa localisation d'apparition (- : absence d'information).

Noms	Localités	Références
<i>Anodonta anatina</i> (Linnaeus, 1758)	-	-
<i>Mytilus anatinus</i> (Linnaeus, 1758)	Eaux douces (Europe)	Dodge, 1952
<i>Anodonta tunizana</i> (Morelet, 1864)	La Calle (Algérie)	-
<i>Anodonta numidica</i> (Bourguignat 1864)	Lac (Est de La Calle)	Deshayes, 1847
<i>Anodonta Lucasi</i>		
<i>Anodonta (Liouvillea) Gruveli</i> (Perès, 1938)	Oued Grou (Maroc)	-

Cette espèce est reconnue par d'autres appellations telles que:

- *A. adusta* (Drouët, 1895);

- *A. aechmopsis* (Bourguignat, 1883) ;
- *A. aequorea* (Locard, 1890) ;
- *A. alsterica* (Servain, 1890) ;
- *A. amnica* (Drouët, 1888) ;
- *A. anceyi* (Bourguignat, 1888) ;
- *A. anserirostris* (Küster, 1842) ;
- *A. antorida* (Bourguignat, 1888) ;
- *Anodonte cadomensis* (Locard, 1890) ;
- *Anodonte calara* (Servain, 1885) ;
- *A. bouvieri* (Rochebrune, 1903) ;
- *A. camurina* (Péchaud, 1884).

1.1.2. Appellations vernaculaires

Selon la base de données des mollusques (molluscabase) (www.molluscabase.org), les noms d'*A. anatina* diffère d'une région à une autre d'un pays à un autre (Tab. 2) mais le nom le plus utilisé est bien l'Anodonte des rivières (Daget, 1998) ou bien des canards (Bichain, 2017).

Tableau 2. Noms vernaculaire de l'anodonte de rivière *Anodonta anatina* en fonction dans quelques pays.

Pays	Noms	Références
Pays-Bas	Vijvermossel	Skipper <i>et al.</i> (2020)
Danemark	Almindelig dammusling	www.gbif.org
Germany	Entenmuschel, Flache Teichmuschel	www.molluscabase.org
Suède	Vanlig dammussla, Allmän dammussla	Backlund (2022)
Amérique	Duck mussel	www.molluscabase.org www.gbif.org

2. Critères de diagnose

2.1. Caractéristiques morphologique de la famille Unionidae

Les Unionidae ou les moules sont des mollusques bivalves et acéphales qui peuvent atteindre une taille de 300 mm et un grand âge (plus d'un siècle) (Bauer, 2001). Ils se caractérisent par des coquilles à contour général, plutôt rhomboïdal ou circulaire, allongée et plus large que haute, plus ou moins solides ou épaisses selon l'âge et l'espèce et souvent avec deux valves d'apparence assez similaire élongées, nacrées et présentant une sculpture radiale externes (marques de croissance) (Huber, 2010) (Fig. 1 A). Les espèces de cette famille ont

un umbo (bec ou crochet) à stries fines et très rapprochées ou bien à larges crêtes aiguës parallèles (Fig. 1 B) ; le long de la marge dorsale et légèrement en avant de la charnière et sont symétriques bilatéralement le long d'un plan passant entre les deux valves. Bichain (2017), décrit les moules par la présence d'un net décrochement entre le sommet et le bord antérieur, dents cardinales très fortes notamment sur la valve gauche (Fig. 1 C) en plus d'une charnière forte également. Celle-ci se compose de deux couches intérieures de nacre, une couche prismatique plus fine et une épaisse couche de périostracum organique. Elle est surtout hétérodonte, rarement sans dents. Le ligament est généralement externe (Fig. 1 C).

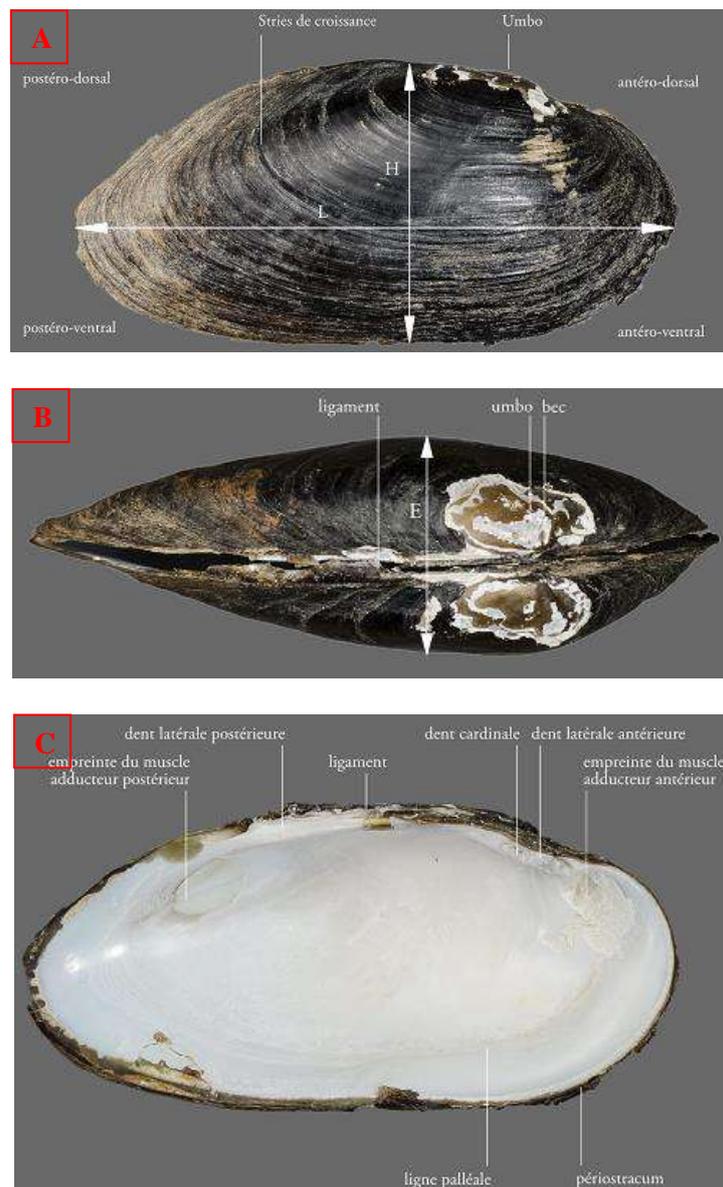


Figure 1. Caractères morphologiques des valves de la famille Unionidae (A : vue dorsale (vue de l'extérieur) ; B : vue par le dommet (umbo) ; B : vue à l'intérieur (valve gauche) ; L : longueur totale de la valve, H : hauteur de la valve ; E : épaisseur de la valve) (Killeen *et al.*, 2004).

2.2. Caractéristiques morphologique du genre *Anodonta*

Le genre *Anodonta* se caractérise par un développement de leurs ailettes, une charnière démunie de dents cardinales et de lamelles postérieures et une coquille est mince, pas forte, assez brillant, jaune-verdâtre.

Par ailleurs, La distinction entre les espèces se fait entre autre grâce aux tubercules et des rides de l'umbo qui sont parallèle aux stries de croissance.

Les mulettes de ce genre présentent une coquille nacrée, un Shell ovale plus ou moins allongé et un bord postérieur et antérieur plus ou moins parallèle ou convexe dont le bord supérieur est plus droit que la partie inférieure et la partie postérieure zone étant beaucoup plus long (Daget, 1998).

2.3. Caractéristiques morphologique de l'espèce *Anodonta anatina*

Anodonta anatina (Linnaeus 1758) est un bivalve d'eau douce qui se différencier des autres espèces du genre *Anodonta* par sa forme, sa couleur, ses ligaments, ses rides au niveau de l'umbo (Fig. 2 A et B).

Les anodontes des canards peuvent vivre jusqu'à 8 ans et atteindre une taille de 200 mm. Les adultes ont des tailles qui varient entre 80 et 100 mm, rarement jusqu'à 140 mm, des largeurs comprises entre 45 et 65 mm, et un renflement entre 20 et 30 mm (Haag, 2012).

Bichain (2017) décrit les coquilles des anodontes de rivières par :

- Forme de fer de lance, ovulaire assez allongée et très peu ventrue (Fig. 2 A) ;
- Crête postérieure bien marquée et un angle postéro-dorsal accusé (Fig. 2 A) ;
- Région antérieure très arrondie (Fig. 2 A) ;
- Région postérieure trois fois plus longue, terminée par un rostre assez long, obliquement cunéiforme tronqué (Fig. 2 A) ;
- Bord supérieur arqué et ascendant ;
- Bord inférieur peu arqué ;
- Sommet peu élevé, obtus, garnis de rides fines, nombreuses, non ou très peu flexueuses, presque toujours parallèles au ligament qui coupe obliquement les stries d'accroissement (Fig. 2 B) ;
- Test mince mais solide, recouvert d'un épiderme jaune verdâtre non plissé ;
- Stries d'accroissement inégales et assez fines (Fig. 2 A) ;
- Nacre brillante, irisée, azurée, souvent tachée et violacée ou saumonée.

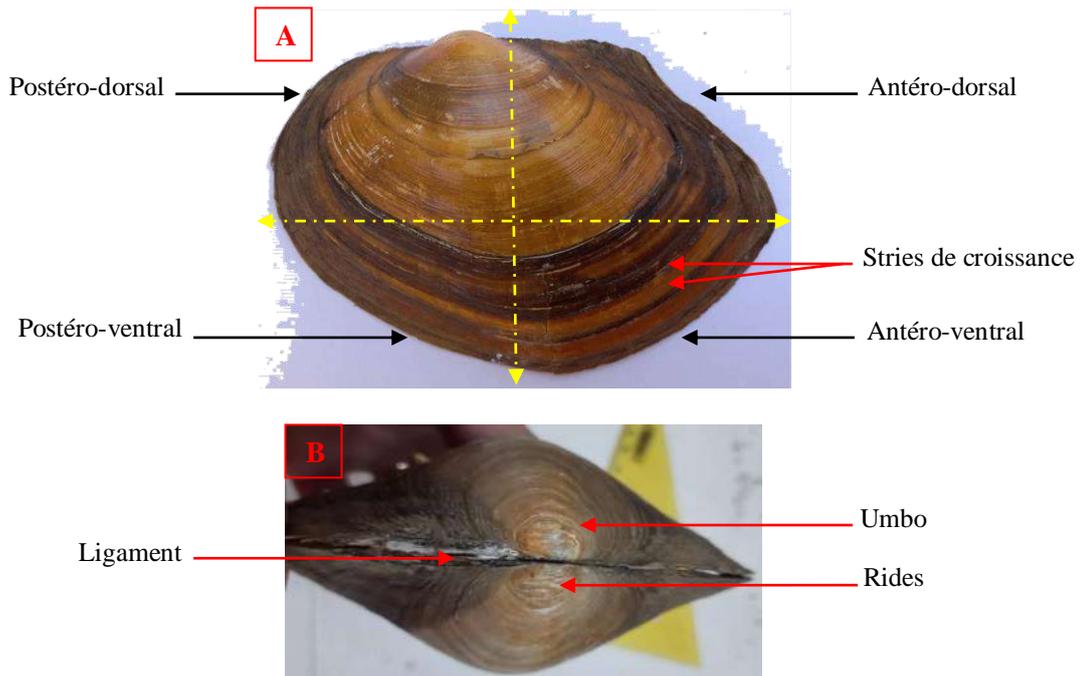


Figure 2. Morphologie externe d'*Anodonta anatina* (A : vue dorsale ; B : vue par l'umbo).

3. Eléments d'éco-biologie

3.1. Distribution géographique

Les moules Unionidae sont largement répandues dans les eaux douces de tous les continents à l'exception de l'antarctique (Graf & Cummings 2006).

L'*Anodonta* des rivières *A. anatina* est une espèce largement répandue dans les hydro-systèmes continentaux européens, dont l'aire de répartition s'étend du Royaume-Uni à la Turquie et du Portugal à la Russie (Lopes-Lima *et al.*, 2017) (Fig. 3 A). En France elle est présente sur l'ensemble du territoire, bien que moins commune dans le sud. Elle se trouve également en Indonésie, Suède et au nord de l'Afrique (Fig. 3 B) (Bichain, 2017 ; Perès, 1938).

3.1.1. En Algérie

A. anatina a été signalée en Algérie à la Calle par Deshayes (1847). Tandis que les anodontes fossiles de cette espèce ont été signalées du Miocène au niveau de Oued Smendou au nord de Constantine (Algérie) par Coquand en 1854 (Pailary, 1901) avec des appellations différentes (*A. smendovensis* (Coquand, 1854) et *A. aquensis* (Matheron, 1842)) (Fig. 3 B).

En Afrique du Nord, Perès (1938) a constaté sa présence à Oued Grou au Maroc avec *A. cygnea* (Santini, 2012).

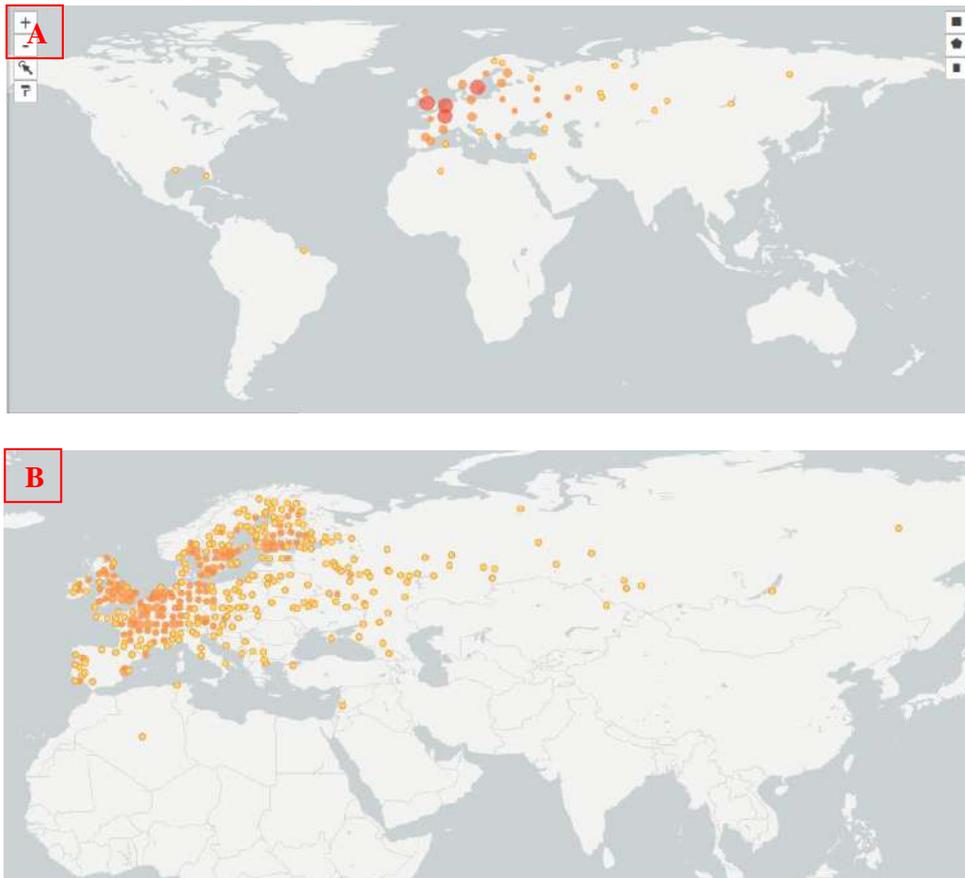


Figure 3. Distribution mondiale d'Anodonte d rivière *Anodonta anatina* (●) (A), en Europe et en Afrique (B).

(https://www.gbif.org/occurrence/map?has_coordinate=true&has_geospatial_issue=false&taxon_key=4559631&occurrence_status=present).

3.2. Habitat et éléments d'éco-biologie

Les anodontes de rivière vivent dans les eaux douces essentiellement dans les fleuves, les rivières et les lacs sur les substrats de vase ou de sable, habituellement à 2-3 cm de profondeur. Elle tolère des courants plus rapides que l'Anodonte des étangs qu'*A. cygnea* (Lopes-Lima *et al.*, 2014 ; Bichain, 2017).

Les moules d'eau douce de la famille Unionidae en général et *A. anatina* spécialement joue un rôle important dans le bon fonctionnement des écosystèmes d'eau douce en raison de leurs diversité (90 % des invertébrés), capacités de filtration et de leur lien trophique en tant que prédateur supérieur (Throp *et al.*, 1991). Elle améliore la clarté de l'eau et facilite l'accumulation des nutriments par la diminution de la biomasse phytoplantonique (Marlene *et al.*, 2005; Howard & Cuffey, 2006). Ils sont associés à une biodiversité accrue dans les rivières et les lacs qu'ils habitent (Aldridge *et al.*, 2007).

Les Anodontes sont des filtreurs actifs, qui peuvent créer un courant bien visible autour des orifices inhalant et exhalant dont ils aspirent les particules en suspension dans l'eau par l'orifice inhalant. Les taux de filtration de cette espèce peuvent varier de 628 à 1875 ml/individu/heure (Straye, 2008). Même si à ce jour il n'y a pas d'information disponible sur la gamme de taille des particules alimentaires privilégiée par cette espèce (Dionisio Pires *et al.*, 2007), il a été montré que celle-ci est capable d'ingérer des parasites de $7,8 \pm 1,6 \mu\text{m}$ (Słodkiewicz-Kowalska *et al.*, 2015) et des cyanobactéries filamenteuses de $830,8 \pm 80,1 \mu\text{m}$ de long (Bontes *et al.*, 2016).

La connaissance des paramètres qui déterminent la distribution spatiale des espèces macrobenthiques présente un intérêt certain pour leur mise en valeur rationnelle, notamment par élevage semi-extensif (Davy & Graham, 1983). Anodonte des rivières supporte une température moyenne de $19,7 \text{ }^\circ\text{C}$ et un intervalle de pH compris entre 8,02 et 8,27. La consommation d'oxygène de 14 à $0,63 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}$ de cette espèce varie en fonction de la température (Pusch *et al.*, 2001). Selon Esch *et al.* (1990), un pH et une alcalinité élevés influent sur l'abondance et la croissance de ce bivalve.

En fonction des conditions environnementales, elle aura une durée de vie entre 5 et 15 ans, au maximum 20 ans (Haag, 2012). Grâce à leur pied, les anodontes sont capables de se déplacer à la surface du sédiment (Swhalb & Pusch, 2007) et elles peuvent vivre sur un substrat composé de graviers ou fait de particules ayant un grain plus fin comme le sable (Jonsson *et al.*, 2013).

Si les mulettes *A. anatina* présentent en grand nombre dans une population, elles peuvent modifier la composition du phytoplancton ainsi que microbienne. La principale source de leur nourriture provient principalement de matières en suspension (algues) et sédiments que la nourriture (détritiques ou végétation benthique) (Marlene *et al.*, 2005).

Les Unionidae ne produisent qu'une seule génération par an (Mouthon, 2008). Les sexes d'*A. anatina* sont séparés, mais il y a parfois des cas d'hermaphrodisme. Selon Bauer (2001), les animaux tendraient à devenir hermaphrodites dans des conditions de stress et de très faible densité : les femelles isolées deviendraient plus facilement hermaphrodites. Elle complète son cycle reproductif (Fig. 4) en une dizaine de mois (Negus, 1966). La production des gamètes culmine au début du printemps et la ponte a lieu entre avril et septembre et les œufs et les glochidies (larves) sont incubés d'octobre à mars dans les branchies des femelles qui servent

comme chambre marsupiales ; jusqu'à leur libération dans la colonne d'eau (Jones, 1950). Kenmuir, 1980; Mousson, 1887). Pour compléter leur cycle de développement et passer au stade juvénile, les larves doivent parasiter des poissons hôtes, jusqu'à la métamorphose en jeunes adultes (Hinzmann *et al.*, 2013). La d'attachement aux hôtes varie en fonction de l'hôte, l'endroit de l'attachement et la température de l'eau (Barrington, 1967 ; Cumming & Mayer, 1992). Les glochidies ne peuvent survivre que quelques heures avant de parasiter un poisson. La présence et l'abondance des poissons-hôtes pendant la libération des glochidies est donc primordiale pour assurer le recrutement (Ziuganov *et al.*, 1994). Les poissons-hôte connus incluent la Perche fluviatile, les différentes espèces de Chabots, l'Épinoche, le Truite, la Vandoise, le Goujon, la Tanche, le Chevaine, le Rotengle, le Gardon, le Barbeau et la Brème.

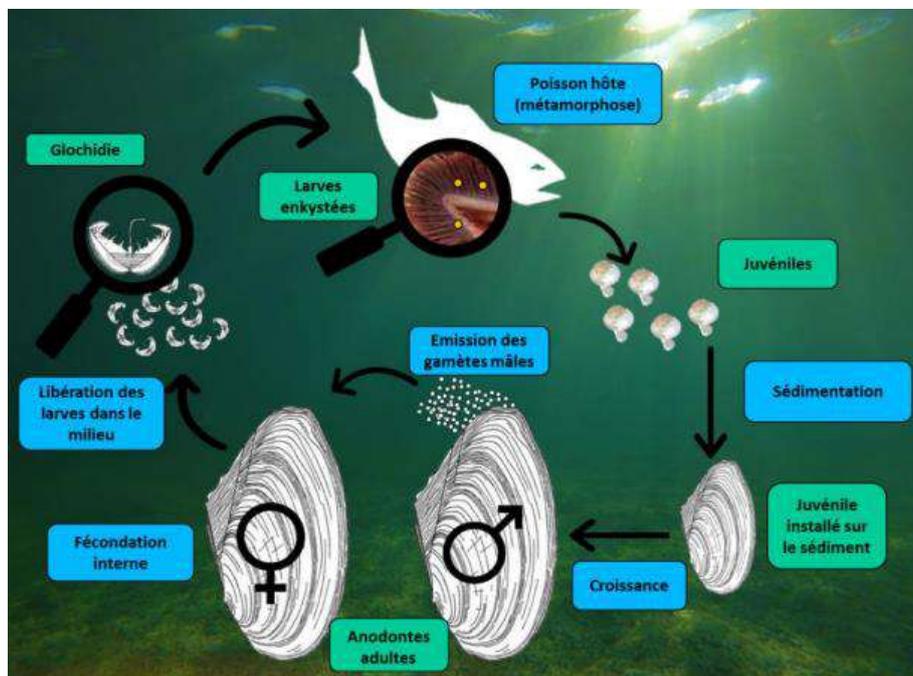


Figure 4. Cycle de vie d'anodonte de rivière d'*Anodonta anatina*. (McIvor, 2004; Madill, 2005; Hinzmann *et al.*, 2013; Mollusca of Belarus, 2018 modifié).

4. Intérêt économique

Les Mollusques sont une source importante de protéines (Camusso *et al.*, 1994; Kerambrunet *et al.*, 2016; Baqaret *et al.*, 2018; Su *et al.*, 2018) dont ils représentent 2,72 % de la totalité de la production mondiale aquacole (25 % de la production aquacole sont des bivalves) (Fao, 2019) aquacole (Tab. 1 en annexe). Les statistiques de la Fao recorde 12 espèces de moules d'élevage produites par 44 pays avec $2,2 \cdot 10^6$ Tonnes de la production

mondiale aquacole (Tab. 1 en annexes) dont 42,9 % et 57,1 % représente la production totale de la chine et le reste du monde respectivement. La chine produit la plus grande partie des mollusques bivalves avec 15,8 % de $2,2 \cdot 10^6$ Tonnes de la production aquacole totale, suivie par l'Espagne (11,2 %) et la nouvelle Zélande (4,6 %) (Tab. 2 en annexe) (Fao, 2019)

Les Unionidae ont une place également en élevage où les moulesperlières d'eau douce *Margaritifera margaritifera*, *Hyriopsis cumingi*, *Cristaria plicata* et *Anodonta woodiana* font l'objet de la production de perles de culture en lac naturel, en réservoir ou en étang (Tab. 3). Chaque individu de ces moules peut produire entre 40 et 50 perles de culture à une température comprise entre 20 et 25 °C dont le prix peut varier du 99 à 283 euro/kg, selon la qualité des perles. Ces dernières s'utilisent également dans le domaine médical (Fao, 1981).

Tableau 3. Principales espèces et groupes de mollusques bivalves d'intérêt aquacole (* : noms vernaculaire en anglais) (Fao, 2009).

Nom scientifique	Non vernaculaire *	Milieu	Quantité (Tonne)
<i>Haliotis spp</i>	Abalones nei	Marin	42373
<i>Corbicula fluminea</i>	Asian clam	Eau douce	20125
<i>Anadara granosa</i>	Blood cockle	Marin	276742
<i>Cipangopaludina chinensis</i>	Chinese mystery snail	Eau douce	99080
<i>Sinonovacula constricta</i>	Constricted tagelus	Marin	683806
<i>Crassostrea spp</i>	Cupped oysters nei	Marin	3503782
<i>Mollusca</i>	Freshwater molluscs nei	Eau douce	27052
<i>Ex Unionidae</i>	Freshwater mussel shells	Eau douce	3375
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Japanese carpet shell	Marin	3192461
<i>Mollusca</i>	Marine molluscs nei	Marin	697994
<i>Ex Pinctada spp</i>	Pearl oyster shells nei	Marin	23
<i>Atrina spp</i>	Pen shells nei	Marin	15369
<i>Pectinidae</i>	Scallops nei	Marin	1276770
<i>Mytilidae</i>	Sea mussels nei	Marin	637373
<i>Rapana spp</i>	Sea snails	Marin	203795
<i>Anodonta cygnea</i>	Swan mussel	Eau douce	88984

CHAPITRE II.
Matériel et méthodes

1. Echantillonnage et milieu d'étude

Un échantillon de 76 individus de mollusque bivalve a été effectué le 22 avril 2022 au niveau de barrage d'El Agrem de la région de Jijel en Algérie (Fig. 5 A et B) par un plongeur.

L'échantillonnage nécessite l'adoption de la technique utilisée pour les moules d'eau douces, pratiquée par plusieurs auteurs (Macan, 1950 ; Harman, 1972 ; Watson & Ormerod, 2004) en utilisant une épuisette de taille moyenne. Le prélèvement des bivalves des longueurs totales comprises entre 102 mm et 201 mm, et des poids totaux de 102,9 g - 628,4g, a été réalisé au hasard à 2 m de profondeur d'un seul site au niveau de barrage qui se situe à environ 15 km au Sud-est de la willaya de Jijel. Il s'étend sur une superficie de 4558 Ha (Anonyme, 2022).

L'échantillon est transporté au laboratoire pendant une période de 12 h dans une cuve de 50 L rempli d'eau et fermé, pour que les moules restent vivantes et en bonne état ; afin d'effectuer une série de manipulations.



Figure 5. Vue d'ensemble (A) et localisation (B) du barrage El Agrem de la willaya de Jijel (www.googleMap.org).

Comme n'importe quelle étude d'inventaire, les paramètres environnementaux essentiels considérés sont la nébulosité (0: pas de nuage, 1: de moins de couverture nuageuse, 2 à 8 : couverture nuageuse), l'état du site (0: calme sans ride, 1: calme ridée, 2: belle, 3: peu agitée, 4: agitée, 5: forte, 6: très forte, 7: grosse, 8: très grosse, 9: énorme, - 1: pas d'observation) et la turbidité (0: très claire, 1: clair, 2: trouble, 3: très trouble, 4: trouble à caractère particulier ou plancton, - 1: pas d'observation) (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985).

2. Analyse des captures

2.1. Biométrie

Au laboratoire, les captures sont d'abord triées d'après des critères morphologiques classiques (forme, couleur, critères numériques essentiellement) afin de séparer les différents groupes ichthyologiques au niveau de l'ordre ou de la famille. La seconde étape consiste à identifier les espèces de moules en utilisant le guide de Daget (1998), les informations fournies par le cahier technique des malacofaune d'Alsace (Bichain, 2017) et l'ouvrage de Killeen *et al.* (2004). Sur la base des différents critères dont la forme générale de la valve (Fig. 6 A), de la marge postérieure et ventrale (Fig. 6 A), la forme, la couleur et les rides au niveau de l'umbo (Fig. 6 B), la position des siphons (Fig. 6 A), le rapport Longueur totale (Lt)/largeur de la valve (Lt/La) (Khalloufi & Boumaiza, 2005) ou le contraire (Bogatov *et al.*, 2005) (Fig. 7 A et B) et la position de l'axe postéro-antérieur médian (m) qui passe par les deux points les plus éloignés des valves par rapport à l'axe d qui passe par le bec de l'umbo et la jonction dorsale entre les deux valves (Fig. 6 A).

Une attention particulière a été réservée aux individus de petites tailles qui doivent être traités délicatement à cause de la plus grande ressemblance entre les espèces à ce stade de vie pour ne pas confondre entre ces dernières ce qui pourrait compliquer l'identification.

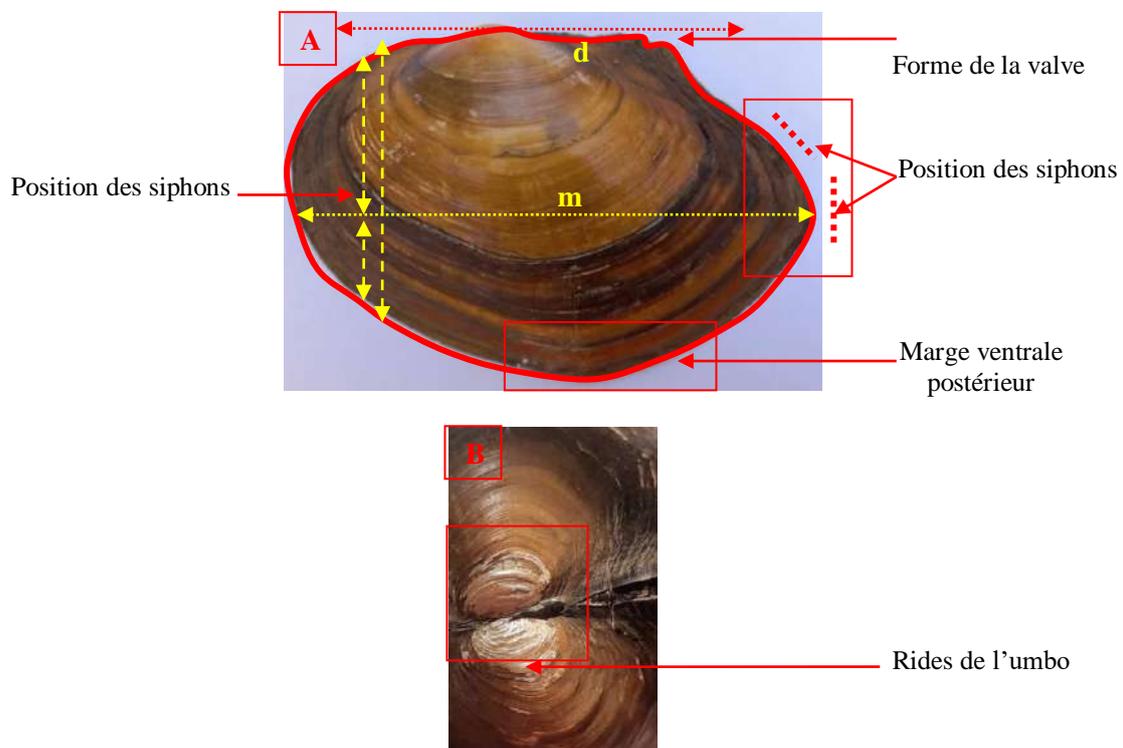


Figure 6. Critères d'identifications des espèces de la famille Unionidae (A. forme, position des axes (m : axe postéro-antérieur médian ; d : axe de l'umbo à la jonction dorsale) ; B : nombre et forme des rides de l'umbo).

CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une fois la position systématique déterminée, toutes les moules de l'espèce la plus abondante ont été mesurées au millimètre près et pesées au centième de grammes près avec une balance électronique (précision $\pm 0,01$ g). La longueur totale (Lt), la largeur (La), l'épaisseur des deux valves (Ev) ont été mesurées avec pieds à coulisse, en plus du poids total (Pt), le poids de masse viscérale (Pmv), le poids des coquilles vides (Pcv) ainsi que la détermination du sexe (Fig. 7 A et B). Ces paramètres linéaires et pondéraux ont pour objectif de recueillir des informations utiles pour l'âge et la croissance de la population d'*A. anatina* de barrage El Agrem de Jijel.

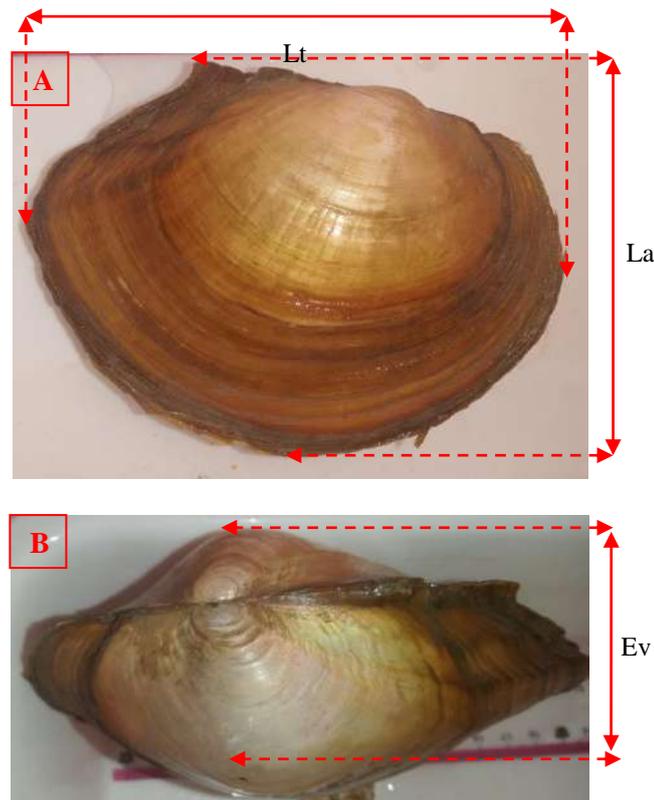


Figure 7. Paramètres métriques mesurés d'*Anodonta anatina* de la région de Jijel (Lt : longueur totale de la valve ; La largeur de la valve ; Ev : épaisseur de la valve).

2.2. Indices écologiques

Afin de mieux comprendre la structure du peuplement malacologique en place et son degré d'organisation, nous avons déterminé le statut spécifique et calculé certains indices écologiques :

▪ *Richesse spécifique*

La richesse spécifique totale est un paramètre reflétant la diversité des échantillons en taxons à été déterminé par le nombre total d'espèces différentes identifiées dans un

échantillon. La richesse spécifique est fréquemment utilisée comme une variable reflétant l'état d'un système et intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la

▪ **Abondance**

L'abondance est le nombre d'individus de l'espèce i dans un prélèvement.

▪ **Dominance**

La dominance d'une espèce dans un prélèvement est le nombre d'individus d'une espèce dans le prélèvement par rapport au nombre d'individus de toutes les espèces présentes dans ce même prélèvement. Elle est exprimée en pourcentage selon l'expression suivante:

$$D_a = \frac{N_a}{N_a + N_b + N_c + \dots + N_n}$$

D_a : dominance de l'espèce a .

$N_a + N_b + N_c + \dots + N_n$: nombre d'individus des espèces a, b, c, \dots, n .

3. Croissance

La connaissance du processus de croissance et de l'âge sont des facteurs biologiques indispensable à une meilleure connaissance de la démographie, la dynamique des populations marines et dulçaquicoles et la gestion des stocks chez les mollusques par les pièces calcifiées (Panfili *et al.*, 2002; Santana *et al.*, 2006) ; ce qui est similaire chez les mollusque bivalves d'où Secor *et al.* (1995) ont indiqué que le suivi de la croissance chez les bivalves est réalisé par la lecture des coquilles.

3.1. Détermination de l'âge

La détermination de l'âge peut se faire suivant deux méthodes:

- Les méthodes de détermination collectives, dites indirectes, donnent statistiquement l'âge moyen d'un groupe d'individus ou l'âge le plus probable d'un individu de taille donnée (Daget et Le Guen, 1975).
- Les méthodes de détermination individuelles, dites directes, donnent l'âge d'un individu à partir d'une marque naturelle ou expérimentale.

Les premières postulent que la distribution des tailles d'individus nées durant une même période est de type gaussien; leur but est la séparation, ou l'identification, des composants

d'un mélange de distributions normales (Do Chi, 1977). Ces techniques sont les seules qui soient applicables aux invertébrés.

Il existe plusieurs méthodes de décomposition des histogrammes de fréquence de longueur: Harding (1949), Cassie (1954), Tanaka (1962), Bhattacharya (1967), Gheno et Le Guen (1968).

Les deux méthodes directes et indirectes ont été utilisées pour déterminer l'âge de moulettes *A. anatina*. Ces deux méthodes sont complémentaires et permettent ainsi d'affirmer ou d'infirmer les résultats obtenus.

3.1.1. Méthode directe (étude de marques)

L'estimation de l'âge des bivalves peut être réalisée soit à partir de l'observation de la structure externe, soit à partir de la structure interne (Nyström *et al.*, 1995). Chez la moulette *A. anatina*, les 2 méthodes ont été utilisées et l'analyse de la structure interne permet d'obtenir une plus grande précision dans l'estimation de l'âge. Des observations au binoculaire permettent de détecter la succession de stries qui permettent d'estimer l'âge (Nyström *et al.*, 1995).

Tout d'abord, le nombre de stries externes de croissance visibles sur la coquille a été compté (Fig. 8 A) dont certaines coquilles étant très sombres ; ce qui rend la détermination de l'âge par les stries externes difficile et nous oblige d'utiliser la lecture des stries internes (Fig. 8 B) qui sont plus claires que ceux externes. L'analyse des structures internes permet soit de valider l'estimation de l'âge observé sur la coquille externe soit d'estimer l'âge car les structures externes ne le permettent pas. L'analyse de la structure interne permet d'obtenir une plus grande précision dans l'estimation de l'âge.

3.1.1.1. Relation entre la longueur totale et le rayon total de la valve

Pour estimer l'âge par la méthode directe, nous avons tout d'abord vérifié le mode d'association entre la longueur de la valve et ses rayons à travers le test de corrélation. Par la méthode des moindres carrés, nous avons calculé l'équation de la droite représentative de tous les points à partir d'un compas et une règle, de 35 couples de données. L'équation est déterminée en utilisant l'expression suivante :

$$L_t = bR_t + a$$

CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Lt : longueur totale de la valve (mm) ;

Rt : rayon total de la valve (mm) ;

b : pente de la droite de régression ;

a : ordonnée à l'origine de la droite de régression.

Cela nous a permis d'établir une relation permettant d'apprécier la taille des glochidies à la formation de la coquille (moment de métamorphose).

Les mesures biométriques qui ont été réalisées sur la valve gauche après avoir confirmé l'homogénéisation des deux valves ($F=5,25$; $P<0,001$) (Sellami et Othmani, en cours), permis d'étudier la périodicité d'apparition des stries par l'intermédiaire de la relation entre le rayon de la valve mesuré suivant l'axe dorso-médian de la coquille et sa longueur totale (Fig. 8 A et B).

Chez la plupart des individus, les stries de croissance externe et internes sont lisibles et bien définis. Une fois les moules éviscérées et nettoyées, nous avons pris les différentes mesures en respectant une direction définie qui passe par l'umbo de la valve (Fig. 8 C).

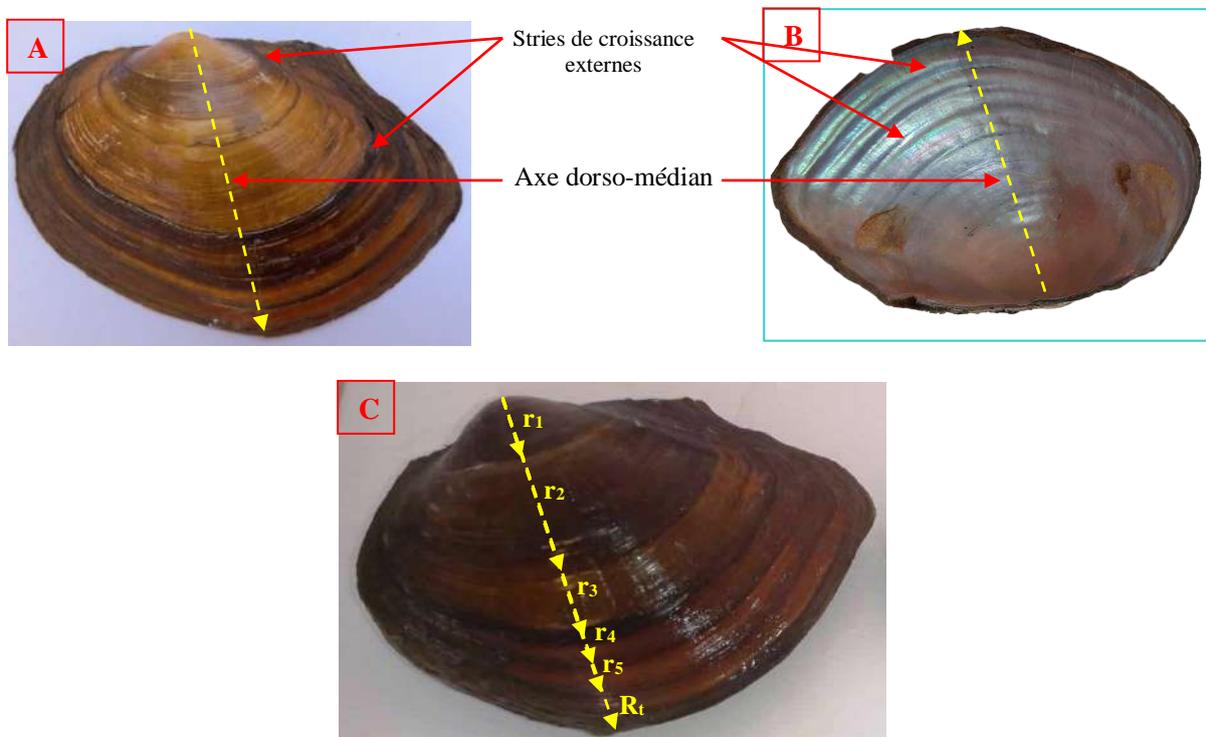


Figure 8. Valve gauche avec les stries de croissance externes (A) et interne (B), l'axe dorso-médian et mesures effectuées des rayons de chaque âge (r_1, r_2, \dots, r_n) (C) de l'*Anodonta anatina* de barrage El Agrem de Jijel.

3.1.1.2. Calcul des tailles aux stries (méthode de rétrocalcul)

La détermination des âges individuels de de l'Anodonte de rivière *A. anatina* à partir de la lecture directe des leurs coquille, nous a permis d'établir des clés âge-longueurs. Les individus mesurés sont répartis en classes de tailles d'amplitude de 10 mm d'intervalle.

La classification des individus après la détermination de l'âge nécessite le calcul de l'amplitude (h) et le nombre des classes de tailles (NC) en fonction des tailles minimales et maximales échantillonnées (NC) et l'amplitude (h) qui sont calculés par la formule de (Scherrer, 1984):

$$NC = 1 + (3,3 \cdot \log_{10} N)$$

NC : nombre de classe de taille de l'échantillon ;

N: nombre total de spécimens examinés.

$$h = \frac{L_{t \max} - L_{t \min}}{NC}$$

h: amplitude ;

$L_{t \min}$: longueur totale minimale ;

$L_{t \max}$: longueur totale maximale ;

NC: nombre total de classes.

Si l'amplitude calculée par la formule de Scherrer, (1984), ne permet pas la bonne séparation des cohortes, on peut choisir une autre amplitude.

3.2. Modélisation de la croissance

3.2.1. Croissance linéaire absolue

Il existe plusieurs équations de croissance, mais le modèles les plus classiques et les plus anciens est de VonBertalanffy (1938), c'est le modèle adopté ici. C'est celui qui décrit la croissance linéaire dans le temps et sa formule s'adapte à la plupart des données de croissance observées. Cette formule s'exprime comme suit :

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)}) \text{ avec :}$$

L_t : longueur totale à l'âge t (cm).

L_∞ : longueur asymptotique ou longueur théorique maximale (cm).

K : taux de croissance ou coefficient instantané de la croissance ($K > 0$).

t_0 : âge théorique (année) que le mollusque aurait eu à la taille zéro ($L_t = 0$)

t : âge.

Seul K a une signification biologique précise, puisque ce coefficient présente la diminution de la vitesse de croissance lorsque la taille augmente. L'expression mathématique de Von Bertalanffy (1938) fait apparaître trois paramètres d'ajustement L_∞ , t_0 et K qui sont déterminés dans le cas présent à l'aide du logiciel FiSat (version 1.2.2) (Gayanilo et Pauly, 1996) et les tests statistiques ont été traités avec le Logiciel R.

Pour comparer les paramètres de croissance obtenus dans différentes localités, nous avons utilisé l'indice de performance de croissance de Munro et Pauly (1983) qui s'écrit comme suit :

$$\varphi = \log K + 2 \log L_\infty$$

3.2.2. Croissance relative ou relation taille-poids

L'expression mathématique de la croissance relative permet, pour sa part, de connaître l'embonpoint des bivalves (Richter *et al.*, 2000) et constitue une donnée nécessaire pour l'estimation des biomasses des moules et l'analyse des changements ontogénétiques (Safran, 1992) et différents aspect de la dynamique des populations. La croissance relative s'applique dans divers domaines de la biologie, de la physiologie, de l'écologie et dans la gestion des ressources halieutiques. Ses variations mensuelles peuvent nous renseigner sur l'activité sexuelle, notamment sur la période de reproduction. Dans les sciences halieutiques, cette croissance permet d'estimer le poids à partir de la taille (Beyer, 1991), le poids à partir de l'âge (Petrakis et Stergiou, 1995), et d'exprimer l'équation de la croissance linéaire en croissance pondérale (Pauly, 1993). Elle permet aussi de distinguer l'histoire de vie et la morphologie d'une espèce à une autre et entre les populations des différents habitats et ou régions.

D'une manière générale, la croissance relative permet de vérifier l'existence d'une corrélation liant le poids à la taille du bivalve et de modéliser la relation. Si l'organisme vivant garde la forme générale et le même poids durant toute son existence, son poids sera

CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

proportionnel au cube de sa longueur. Donc, la relation liant la taille au poids est une fonction exponentielle de forme:

$$P_t = a.L_t^b \text{ où :}$$

P_t : poids total de la coquille (g).

L_t : longueur totale (mm).

a : constante.

b : coefficient d'allométrie.

Les paramètres a et b sont déterminés par le programme Fishparm[®] version 3 (Prager *et al.*, 1987). Cette équation peut être linéarisée par transformation logarithmique des données :

$$\text{Log } P_t = \text{Log } a + b \text{ Log } L_t$$

L'ajustement de ce modèle linéaire aux données longueur-poids observées est réalisé par la méthode des moindres rectangles. La valeur de coefficient b est comparée statistiquement à $b_0 = 3$ au seuil $\alpha = 5\%$, 1% et $0,1\%$, à l'aide d'un test t de Student (Dagnelie, 1975) selon la formule suivante :

$$t_{\text{obs}} = \frac{|b^2 - b_0^2| \sqrt{n-2}}{2b_0 \cdot b \sqrt{1-r^2}} \text{ avec :}$$

n : effectif.

b : pente.

r : coefficient.

b_0 : pente théorique (= 3).

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de " t " théorique: $t_{1-\alpha/2}$ (donnée par le table de Student) où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5% pour $n - 2$ degré de liberté.

- Si $t_{\text{obs}} \leq t_{1-\alpha/2}$ donc il y a une isométrie $b=3$ (le poids croît proportionnellement au cube de la longueur).
- Si $t_{\text{obs}} > t_{1-\alpha/2}$ on rejette l'hypothèse, la différence est significative entre la pente et la valeur théorique, donc il y a deux cas : si $b < 3$, l'allométrie est minorante (le poids

croît moins vite que le cube de la longueur) et si $b > 3$, l'allométrie est majorante (le poids croît plus vite que le cube de la longueur).

Pour éviter les aléas pondéraux dus à la quantité d'eau qui reste à l'intérieur de la coquille, nous avons considéré le poids de la masse viscérale (P_{mv}) et le poids des valves vides (P_{vv}).

3.2.3. Croissance pondérale absolue

Connaissant tous les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy et le coefficient d'allométrie "b", nous avons calculé le poids théorique à chaque âge. L'équation de la croissance pondérale absolue s'écrit de la manière suivante :

$$P_t = P_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})^b \text{ avec :}$$

P_t : poids total du bivalve à l'âge t (g).

P_∞ : poids asymptotique ou poids théorique maximal (g).

b : pente de la droite exprimant la relation taille-poids.

K et t_0 sont identiques à ceux de l'équation de la croissance linéaire absolue.

CHAPITRE III.

Résultats

1. Données environnementales

Le tableau 4 résume les valeurs moyennes des paramètres environnementaux prises lors de l'échantillonnage ainsi que sa superficie. Durant une période d'échantillonnage de 8h 45 min pendant la journée du 22 avril, l'eau était généralement trouble (2) et la couverture nuageuse était faible (1). Dans l'ensemble, le site d'étude dont la superficie globale échantillonnée est estimée à 20 m², le barrage était ridé (1).

Tableau 4. Données environnementales recueillies au cours de l'échantillonnage (SE : surface échantillonnée ; EP : effort de pêche).

Site	Nébulosité	Etat de barrage	Turbidité	SE	EP (h, min)
Barrage El Agrem	1	1	2	20	8h 45min

2. Inventaire qualitatif

Pendant une durée de 8h 45 min, nous avons échantillonné un total de 76 individus de mollusques bivalves (Fig. 9) rattachés à 2 genres différents *Anodonta* et *Sinanodonta*. Le premier genre est représenté par deux espèces *Anodonta anatina* et *A. cygnea* alors qu'une seule espèce (*Sinanodonta woodina*) représente le second.



Figure 9. Echantillon de bivalves d'eau douce de barrage El Agrem de la région de Jijel.

2.1. Diversité, taxonomie et critères de diagnoses

2.1.1. *Anodonta anatina*

Anodonte des rivières *A. anatina* a une coquille marron à noir jaunâtre, mince et peu solide. Elle a une forme globale allongée, l'axe d très divergent de l'axe médian m. La marge postérieure avec des ondulations tandis que la marge ventrale est convexe (Fig. 10 B). En revanche, les rides de l'umbo qui sont presque droites et presque parallèle avec les ligaments,

varie 4-8 rides par individus (Fig. 10 B). La taille moyenne est de $141,48 \pm 22,87$ avec des rapports Lt /La ou La/Lt variant de 1,3 à 1,7 et de 0,58 à 0,75 respectivement (Tab. 5).

Elle se trouve dans les courantes à faible courant et même stagnantes.

La position systématique d'*A. anatina* est précisée dans le chapitre I (Généralités).

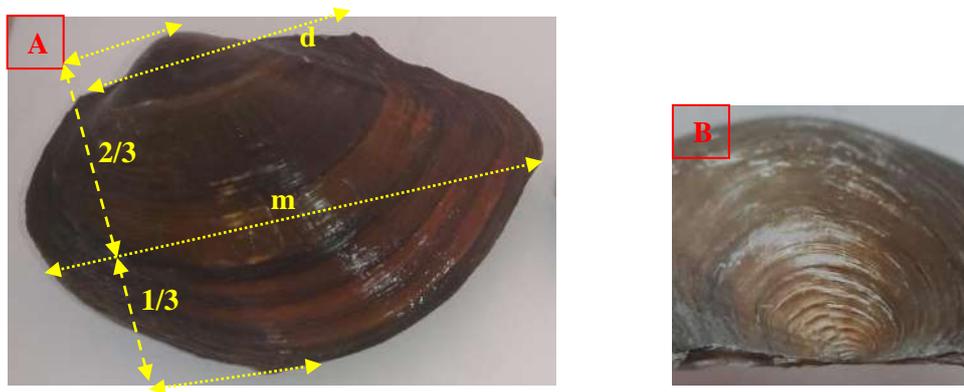


Figure 10. Photo des critères distinctifs d'*Anodonta anatina* (A) et les rides de son umbo (B) échantillonné dans le barrage El Agrem de la région de Jijel.

2.12. *Anodonta cygnea*

A. cygnea (Linnaeus, 1758) ou Anodonte des étangs est une espèce menacée qui vit dans les eaux vaseuses, stagnantes ou à débit lent, les mares poissonneuses, les bras de rivière et les grands marécages. Sa position systématique est la suivante :

Règne : Animalia

Sous-Règne : Eumetazoa

Embranchement : Mollusca

Classe : Bivalvia

Sous-classe: Palaeoheterodonta

Ordre : Unionida

Famille : Unionidae

Genre : *Anodonta*

Espèce : *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758)

La coquille est ovulaire, allongée, peu ventrue, de couleur brune, plus ou moins sombre, à valves égales (Fig. 11A). La région antérieure, courte, est inférieure à la moitié de la région postérieure. Le test est léger, mince, lisse, finement strié, transparent, fragile et très

peu nacré, à nacre saumoné. *A. cygnea* ont des tailles et des largeurs comprises entre 130 mm et 191 mm et 97 mm et 121 mm respectivement. Le rapport L_t / L_a varie entre 1,45 et 1,80. (Tab. 5). Cette espèce se caractérise par une charnière, mince, complètement dépourvue de dents, de lamelles latérales et de plis, une cavité umbonale large et peu profonde. Les impressions musculaires sont très peu marquées, en particulier la palléale et celles des muscles adducteurs antérieurs. Le sommet est très peu proéminent et l'umbo est garnie de 5 à 10 rides fines concentriques et parallèles aux stries d'accroissement (Fig. 11 B).

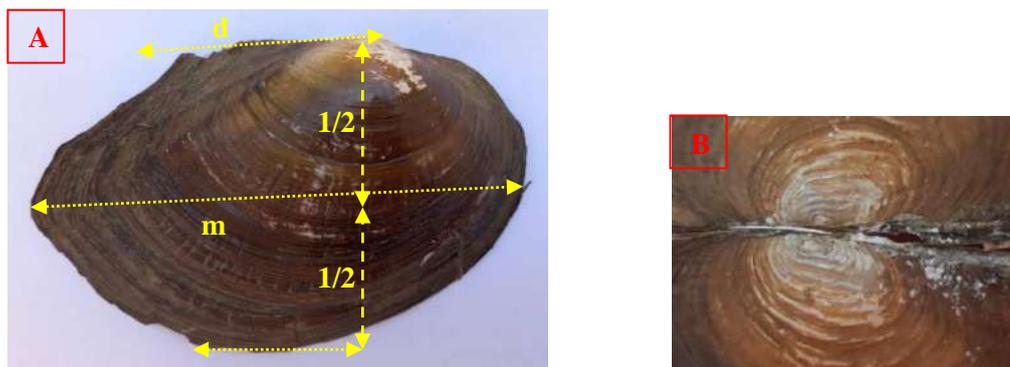


Figure 11. Photo des critères distinctifs d'*Anodonta cygnea*(A) et les rides de son umbo (B) échantillonné dans le barrage El Agrem de la région de Jijel.

2.1.3. *Sinanodonta woodina*

La position taxonomique de *S. woodina* (Lea, 1834) est la suivante :

Règne : Animalia

Sous-Règne : Eumetazoa

Embranchement : Mollusca

Classe : Bivalvia

Sous-classe: Palaeoheterodonta

Ordre : Unionida

Famille : Unionidae

Genre : *Sinodonta*

Espèce : *Sinodonta woodina* (Lea, 1834).

La coquille de *S. woodina* ou l'anodonte chinoise est très grande et épaisse fortement arrondie sur le bord ventral ; le bord dorsal est relativement court (Fig. 12 A). Elle se distingue des autres espèces de la famille Unionidae par l'absence de dents et des plis au

niveau de la charnière, 5 à 8 stries de l'umbo fortes, transverses à subconcentriques et concentrique bien espacées (Fig. 12 B) ainsi que de par sa coloration jaune à verdâtre et son nacre rose orangée. Les moules *S. woodina* dépassent largement 150 mm et sa longueur atteint 200 mm (Tab. 5). Contrairement aux autres Anodontes, la coquille est relativement peu variable quelque soit l'habitat. Ses caractères en font une espèce que l'on ne peut pas confondre avec les autres bivalves de la région. L'Anodonte chinoise habite les étangs, les fleuves et les canaux.

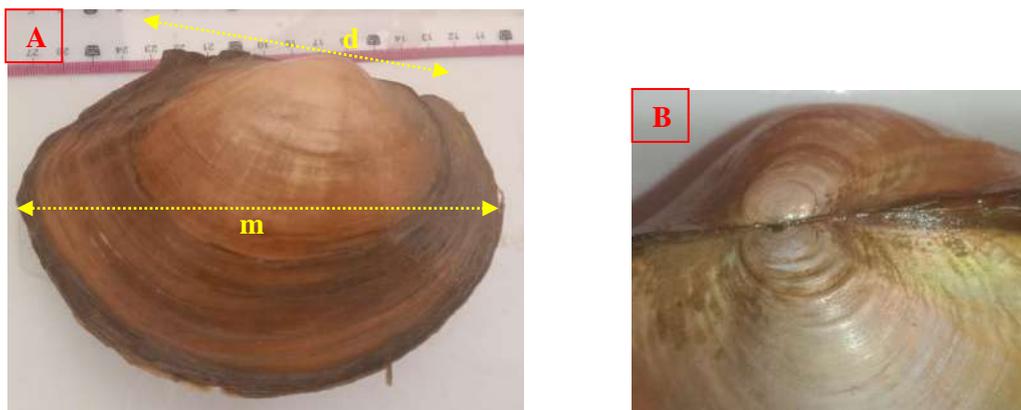


Figure 12. Photo des critères distinctifs de *Sinanodonta woodina*(A) et les rides de son umbo (B) échantillonné dans le barrage El Agrem de la région de Jijel.

Tableau 5. Comparaison morphologique des différents critères d'identification entre les 3 espèces d'Unionidae (*Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea* et *Sinanodonta woodina*) de barrage El Agrem de la région d Jijel (Lt : longueur totale ; La : largeur totale ; NR : nombre de rides de l'umbo ; C : couleur).

Espèces	Critères	Lt (mm)	La (mm)	C
<i>Anodonta anatina</i>		102 - 201	68 - 137	Marron Noir verdâtre
<i>Anodonta cygnea</i>		130 - 191	97 - 121	Brun Jaunâtre Verdâtre
<i>Sinanodonta woodina</i>		150 - 200	132 - 145	Jaune Verdâtre

2.2. Indices écologiques

Tous les individus d'espèces inventoriées ont été provenus de la pêche expérimentale réalisée dans le barrage El Agrem de la région de Jijel à une profondeur de 2 m. Le tableau 3 en annexes résume la richesse spécifique, l'abondance totale, la fréquence et la biomasse des

différentes espèces des Unionidae pêchées dans le barrage. En effet, nous n'avons dénombré que 3 espèces dans l'échantillon.

Le genre *Anodonta* domine avec environ 86,84% de la quantité échantillonnée. L'espèce *A. anatina* est la plus abondante (46 individus, soit une dominance 60,52 %) suivie d'*A. cygnea* avec 20 individus et une dominance de 26,31 %. L'Anodonte chinoise *S. woodina* vient en troisième position avec une abondance dominance de 13,15 % (Fig. 13).

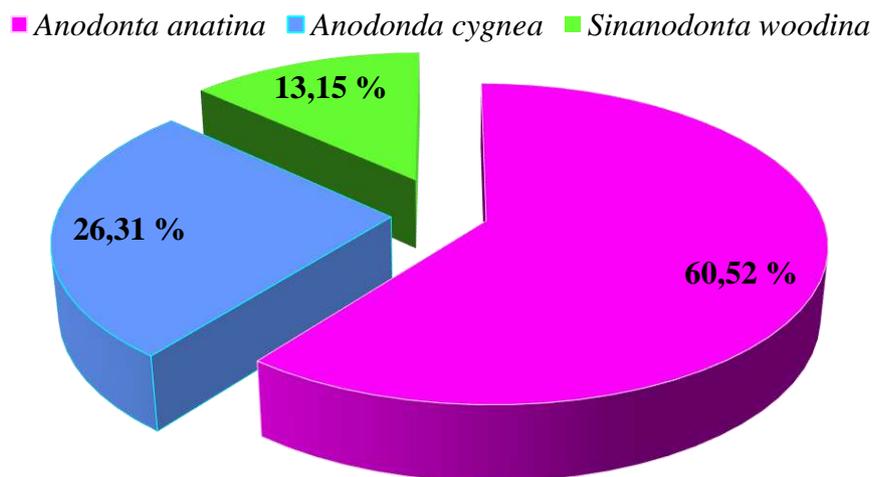


Figure 13. Dominance des différentes espèces échantillonnées de barrage El Agrem de Jijel.

3. Etude de l'âge

La détermination de l'âge s'intéresse à la population totale de l'espèce la plus commune, ce qui est le cas d'*A. anatina*. Le choix de cette espèce est justifié par sa fréquence et son abondance dans les captures réalisées dans le barrage El Agrem de Jijel. 86 % de la population sont des femelles alors que 14 % représente la fraction des hermaphrodites.

Sur 46 coquilles examinées, 11 (23,91 %) étaient illisibles et incertaines. Parmi ces derniers 8 avec des valves complètement lisses et 3 cassées. 76,08 % nous a contraints à opter pour la détermination directe de par la lecture des valves dont la lecture a été très satisfaisante dans l'ensemble.

La procédure respectée a été la suivante : après une première lecture, toutes les valves irrégulières (difficulté d'observation ou d'interprétation) ont été réexaminées par plusieurs lecteurs sous une binoculaire.

3.1. Relation entre la longueur et ou la largeur de la valve et les rayons

La régression linéaire de la longueur totale des moules *A. anatina* (L_t) en fonction du rayon totale des valves (R_t) est exprimée par l'équation suivante : $L_t = 1,49 R_o - 0,15$ (mm) avec un coefficient de corrélation significatif ($r = 0,93$; $P \leq 0,001$), où la valeur de l'ordonnée à l'origine ($b = 0,15$ mm) correspond à la taille mathématique des valves de glochidies au moment de l'accumulation au niveau du benthos après avoir quitté son hôte. Elle sert à corriger les résultats du rétrocalcul. Sa valeur est variable selon l'échantillon considéré.

3.2. Clé âge longueur

La détermination des âges individuels de la population totale des Anodontes de rivières à partir de la lecture directe des stries de croissance au niveau des valves, nous a permis d'établir des clés âge-longueurs (Tab.6) et d'isoler 5 groupe d'âge (de 1⁺ à 9⁺) pour des tailles comprise entre 102 mm et 201 mm, dont on note l'absence du groupe d'âge 8⁺, répartis en classes de tailles d'amplitude égale à 1 cm. Ces données traduisent l'allure générale de la distribution des tailles pour un âge déterminé et indiquent leurs valeurs extrêmes pour chaque âge.

L'échantillon analysé est constitué en majorité d'individus des groupes d'âge 4⁺, représenté par 31,42 %. Tandis que les groupes d'âge 5⁺ et 6⁺ ne représentent que 25,71 % et 28,57 % respectivement. Les moules des groupes d'âges de 7⁺ et 9⁺ sont plus rares, surtout l'âge 9⁺ qui représente 2,85 % (Fig. 14).

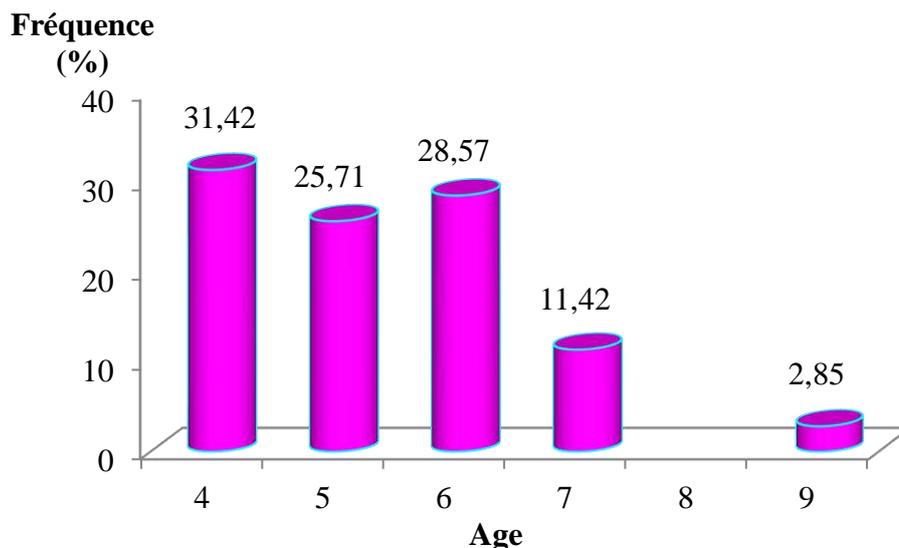


Figure 14. Distribution de fréquences de chaque groupe d'âge de la population totale d'*Anodonta anatina* de barrage El Agrem de la région de Jijel.

3.3. Calcul des tailles aux stries (rétrocalcul)

L'application de la formule de Lee à chaque valve visible, permet de calculer les longueurs moyennes rétrocalculées pour chaque âge chez la population totale d'*A. anatina* (Tab. 7).

La comparaison statistique en appliquant le test t de Student montre qu'il n'existe pas une différence significative ($P > 0,05$) entre les longueurs totales observées avec celles rétrocalculées déterminées à partir de la lecture directe des stries de croissance des valves de la population totale d'Anodonte des rivières quelques soit le groupe d'âge (Tab. 8)

Tableau 8. Comparaison des longueurs totales en (mm) rétrocalculées avec celles déterminées par le comptage du nombre d'anneaux d'arrêt de croissance d'*Anodonta anatina* de barrage El Agrem de Jijel d'après la lecture directe des valves.

Âge	Lecture directe	rétrocalcul	t	P
IV	120,18	111,58	0,32	0,31
V	134,22	131,99	1,23	1,02
VI	153,50	148,02	0,68	0,10
VII	171,50	165,89	1,01	0,98
IX	201,00	200,65	0,98	0,15

4. Modélisation de la croissance

4.1. Croissance linéaire absolue

La relation qui résulte de l'application du modèle de Von Bertalanffy aux couples âge-longueur obtenus par l'étude rétrospective (méthode de LEA) (Fig. 15 A et B), s'exprime de la manière suivante :

Méthode	Equations
Lecture directe	$Lt = 226,07 (1 - e^{-0,19(t + 0,07)})$

Les valeurs théoriques des longueurs correspondantes à chaque âge sont représentées graphiquement dans la figure 15 (Tab. 4 en annexes) pour la population d'*A.anatina* du barrage El Agrem de la wilaya de Jijel. La taille maximale théorique est égale à 180,72 mm légèrement inférieur de celle observée 201 mm. La valeur de la longueur asymptotique est égale à 226,07 mm est supérieure à la taille maximale de l'échantillon.

Les accroissements linéaires moyens annuels, montrent un allongement de la coquille notable au cours de la première année de vie au bout de laquelle une taille de 41,93 mm est atteinte. Cet accroissement diminue constamment avec 17,05 mm à 4 ans ; 10,93 mm à 6 ans et 10,21 mm à 8 ans pour atteindre sa valeur de 9,45 mm/an à 9 ans (Fig. 16 ; Tab. 4 en annexes).

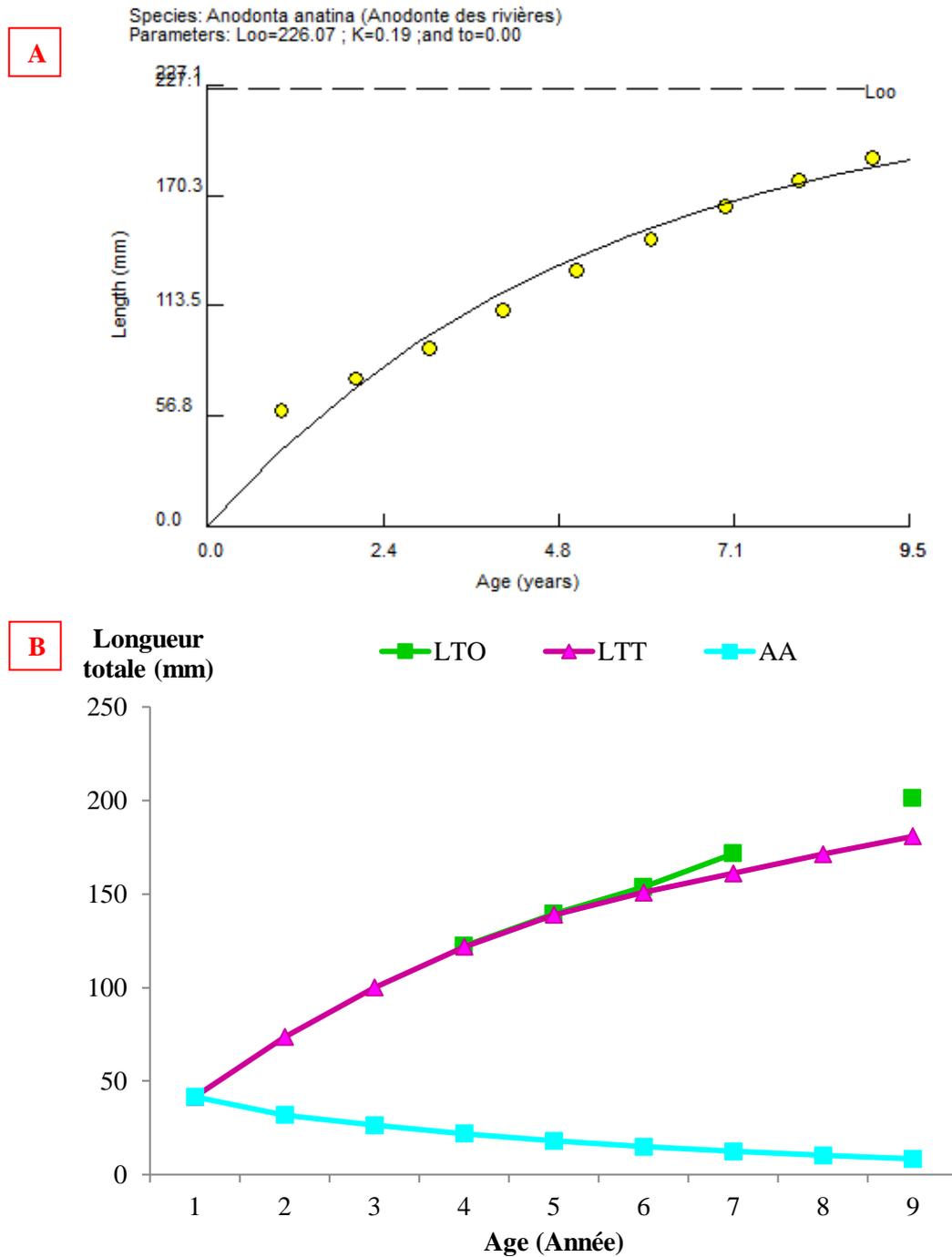
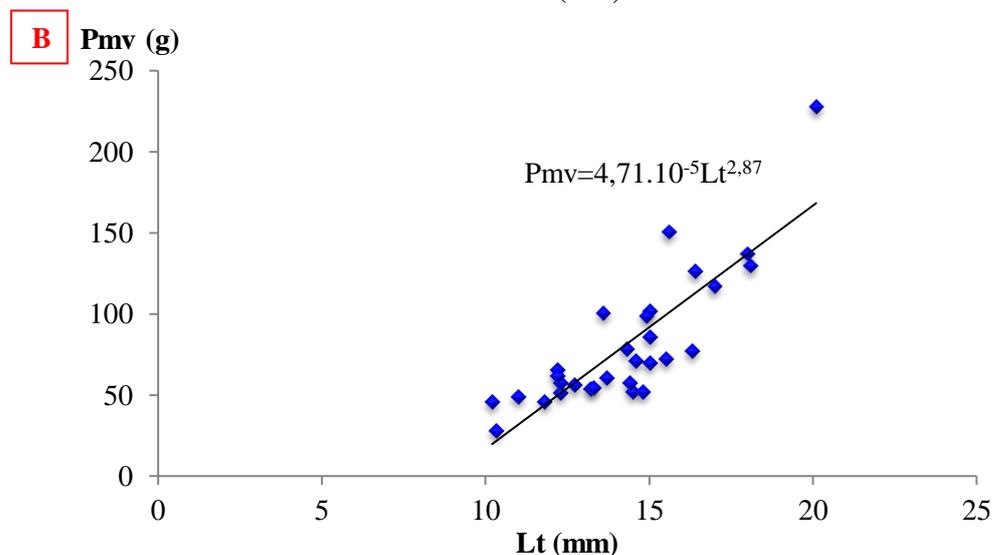
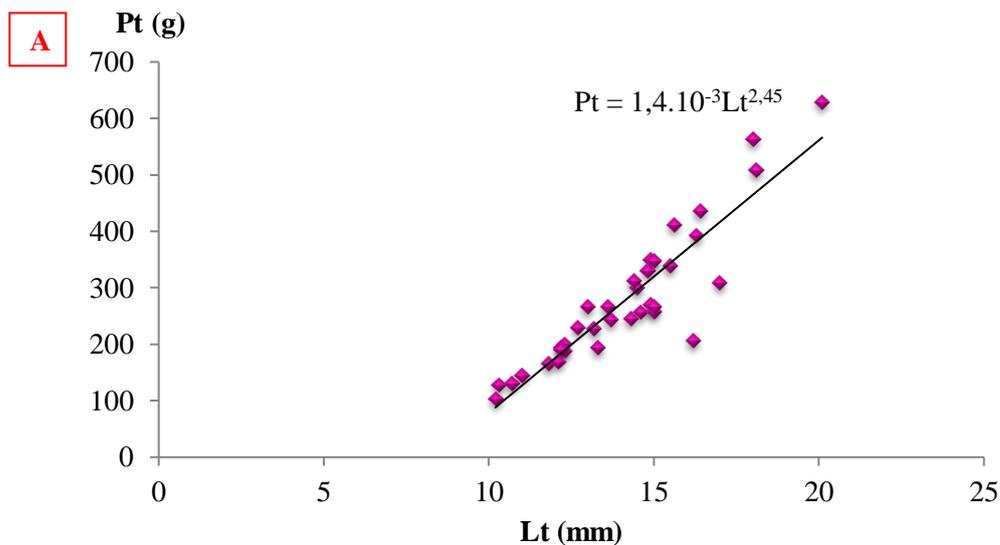


Figure 15. Modélisation de la croissance linéaire (A) et croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire théorique (AA) chez la population totale d'*Anadonta anatina* de barrage El Agrem de Jijel.

4.2. Croissance relative (relation taille-poids)

L'expression mathématique de la relation taille poids est établie chez *Anodonte des rivières* pour le poids totale (Pt), le poids de la masse viscérale (Pmv) et le poids des valves vides (Tab. 9 ; Fig. 16 A, B et C).

Les résultats obtenus mettent en évidence une corrélation très hautement significative entre la longueur totale de cette moules et son poids totale (0,84 ; $P \leq 0,001$) (Fig. 16 A), poids de la masse viscérale (0,75 ; $P \leq 0,001$) (Fig. 16 B) ainsi que son poids des valves vides (0,74 ; $P \leq 0,001$) (Fig. 16 C). L'analyse statistique révèle une allométrie minorante pour la relation taille-poids (Pt/Lt) ($b = 2,929$; $P \leq 0,01$). Ceci s'explique par le fait que la croissance pondérale d'*Anodonte des rivières* évolue moins vite que sa croissance linéaire. Toutefois, l'isométrie de croissance est constaté pour le poids de la masse viscérale ($b = 2,87$; $P \leq 0,001$) et le poids de valves vides ($b = 3,01$; $P \leq 0,001$).



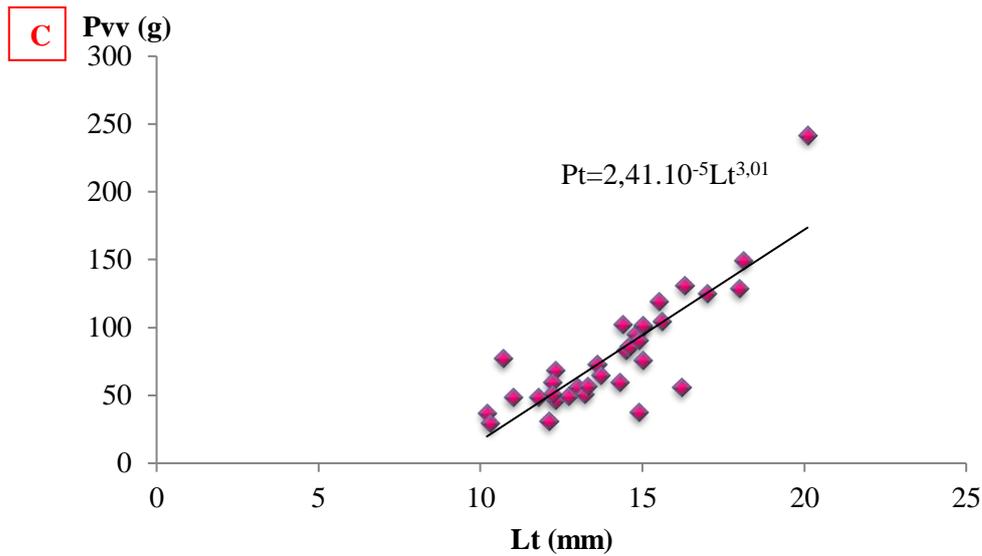


Figure 16. Droites de régression exprimant les relations entre La longueur totale et les différents paramètres pondéraux de la muette *Anodonta anatina* de barrage El Agrem de la région de Jijel (Pt : poids totale (A) ; Pmv : poids de masse viscérale (B) ; Pvv : Poids des valves vides (C)).

4.3. Croissance pondérale absolue

Connaissant le coefficient d'allométrie de la relation taille poids et les paramètres de Von Bertalanffy (L_{∞} , K et t_0), le modèle de la croissance pondérale absolue est représenté graphiquement par la figure 17 et exprimé par les équations suivantes :

Méthode	Equations
Lecture directe	$Pt = 817,99 (1 - e^{-0,19(t + 0,07)})^{2,45}$

Les poids total asymptotiques P_{∞} chez la population totale des Anodontes des rivières *A. anatina* est égale à 817,99 g dont il est considéré supérieur par rapport au poids total maximaux échantillonnés 628,4 g.

Le poids et l'accroissement annuel théorique correspondant à chaque âge sont ainsi calculés (Tab. 5 en annexes) et représentés graphiquement par la figure 17.

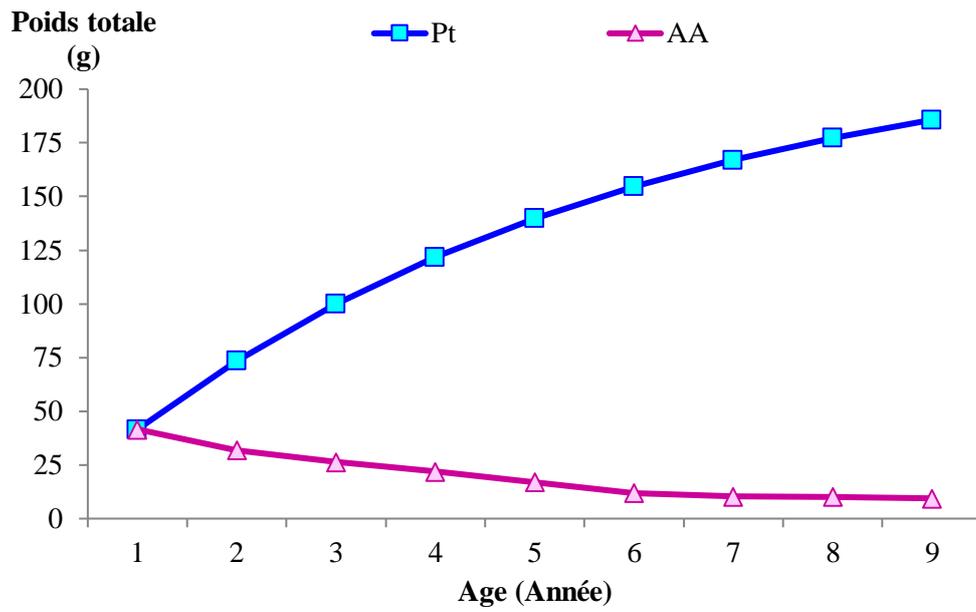


Figure 17. Croissance pondérale théorique (CPT) et accroissement pondérale théorique (AA) chez la population totale d'*Anodonta anatina* de barrage El Agrem de la wilaya de Jijel.

CHAPITRE IV.
Discussion

1. Identification

L'identification des espèces des macro-bivalves de la région de Jijel s'effectue en se basant sur des critères morphologiques, morphométrique (Sellami et Othmani en cours), anatomiques en se basant sur différents guides (Daget, 1998 ; Killeen *et al.*, 2004 ; Bichain, 2017) et bases de données des mollusque (INPN et GBIF et ARCTOS), nous ont permis d'identifier 3 espèces (*A. anatina*, *A. cygnea* et *S. woodina*), appartiennent à deux genres (*Anodonta* et *Sinanodonta*) de la famille Unionidae.

Quantitativement, *A. anatina* domine l'échantillon avec 60,52 % contre 26,31 % (*A. cygnea*) et 13,15 % (*S. woodina*). La première et la deuxième espèce s'intègrent dans la liste des espèces protégées suite à l'effet néfaste de l'environnement (Bogan 1993 ; Klishko 2012 ; Lopes-Lima *et al.*, 2014).

Olga *et al.* (2018) ont pu identifier les différentes espèces de la famille Unionidae par le rapport La/Lt dont ils classent les individus qui ont un rapport compris entre 0,52 et 0,62 dans la catégorie d'*A. anatina*. Ces résultats sont comparables à celles déterminés dans le barrage El Agrem de la région de Jijel (0,58-0,75). Alors que, *S. woodina* présente un rapport de 0,1-0,8 (pyra *et al.*, 2012) (Tab. 10).

A. anatina à été signalée environs la Calle en Algérie et oued Grou au Maroc (Daget, 1998). Des *Anodonta* fossiles ont été signalées du Miocène de l'oued Smendou au nord de Constantine en Algérie par Coquand en 1854 (Pailary, 1901) sous les noms d'*A. smendovensis* (Coquand, 1854) et *A. aquensis* (Matheron, 1842). Elle est largement répondeue dans les fleuves, les rivières et les lacs (Hinzmann *et al.*, 2013) de l'Europe et de l'Asie à une latitude de moins d 65 ° Nord de Portugal, Sicile et la Turquie jusqu'à lac Baïkal en Sibérie (Graf, 2007), sur des substrats vaseux ou sableux d'une profondeur qui varie entre 20 et 30 cm de profondeur. Elle habite les eaux lenticues et lotiques (Hinzmann *et al.*, 2013).

A. cygnea a été décrite sur les côtes algériennes depuis 1847 par Deshayes dans les marécages boisés de la Calle, lac Fetzara près de Bône et les cours d'eau de la forêt d'Edough (Bourguignat, 1864), marocaine (Bédé, 1932) et Tunisienne (Khalloufi & M. Boumaïza, 2005). Tandis que, l'anodonte chinoise *S. Woodiana* est considérée comme une espèce invasive dont l'introduction est possible dans la région alors que l'autre (*A. anatina*) est citée comme une forme juvénile d'*A. cygnea* par Daget (1998). Cette espèce se confond avec *A. anatina* à cause de ses grandes ressemblances où Haas (1969) le considère comme une seule espèce (*A. anatina*). Van Damme (1984) considère que *A. cygnea* et *A. anatina* sont deux

formes proches et que les différences qui existent ne permettent pas de les séparer en deux espèces. De même Mandahl-Barth (1982) les considère deux formes de la même espèce. Elle se trouve dans les eaux vaseuses, stagnantes ou à débit lent, mares poissonneuses, bras de rivière, grands marécages. Son aire de distribution s'étend du Nord et Centre de l'Europe jusqu'en Grèce, Ouest de la Russie, Ukraine, Nord de la Turquie et Caucasse (Vrignaud, 2009 ; Buchant, 2017). La forme et la taille de ces coquilles varient considérablement selon le milieu colonisé (stagnant ou courant) et selon le taux de carbonate de Calcium dissous dans l'eau (Buddensiek, 1995 ; Moorkens, 2000 ; Rudzite, 2004). La forme de l'Anodonte des étangs, changera d'une forme allongée vers une forme ovale avec l'âge (Dranreb, 2019).

S. woodina n'a jamais été signalé dans nos plans d'eau douce et même en Afrique (Daget, 1998). Son origine est de l'Est de l'Asie (fleuve Amour et fleuve Yangtze) (Dudgeon & Morton 1983; Watters, 1997). Elle est signalée également en Amérique centrale (Watters, 1997) et certains pays Européens (Spyra *et al.*, 2012) dont elle est apparue au début en Roumanie dans les étangs piscicoles (Sárkány-kiss, 1986) et après en Hongrie (Petró, 1984) pour se propager dans la plupart des pays Européens à la suite. Sa présence dans le barrage d'El Agrem de Jijel peut être expliquée par une introduction accidentelle à travers les espèces de poissons introduites (Cohen & Carlton, 1998; Everett, 2000) comme il a été déclaré en Europe tels que la carpe herbivore *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), *Aristichthys nobilis* (Richardson, 1836) et *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) (Kraszewski & Zdanowski, 2001). Elle a été disséminée par l'intermédiaire des poissons hôtes. La moule chinoise est considérée comme espèce invasive ce qui est signalée en Europe (Douda *et al.*, 2011) et peuvent perturber le fonctionnement des biocénoses locales (Hakenkamp *et al.*, 2001 ; Karatayev *et al.*, 2006 ; Sousa *et al.*, 2009). En Pologne par exemple, elle menace les espèces endémiques en particulier celles de la même famille (Kraszewski and Zdanowski, 2010). L'Anodonte chinoise *S. woodina* n'habite pas les eaux de basses températures (Domagała *et al.*, 2007 ; Urbańska & Mizera, 2009). En dehors de son aire de distribution d'origine, la présence de *S. woodina* dans nos plans d'eau est sous l'effet de certains facteurs influençant la répartition spatiale des espèces benthiques ; qui sont complexes et d'une approche difficile dont la granulométrie des substrats qui a été démontrée par de nombreux auteurs (Sanders, 1958 ; Rhoads & Young, 1970 ; Bloom *et al.*, 1972 ; Thomassin, 1978 ; Chardy et Clavier, 1988). De ce fait, la moule chinoise s'adapte aux différents plans d'eau douce (lacs eutrophes, étangs piscicoles, barrage) (Popa *et al.*, 2007; Beran, 2008 ; Mouthon, 2008). L'introduction de cette espèce peut être due à l'introduction

des espèces de carpes (empoisonnement), effectuées depuis 1990. En effet, son transport se fait accidentellement par des poissons hôtes des glochidies qui sont le vecteur de son introduction (Gherardi *et al.*, 2008), ce qui signalé également dans le lac Maggiore en Italy (Kamburska *et al.*, 2013). Ses captures ont été effectuées à des profondeurs comparable de notre travail (3 m) ; de 0,3 m à 6 m en France (Adam, 2010) et de 1,5 à 2,5 m dans lac Konin en Pologne (Zdanowski, 2007).

L'ensemble de ces résultats ne sont pas directement comparables puisque la richesse et la composition spécifiques dépendent en partie de la méthode utilisée destructives (filets maillants, senne de plage, chalut de pêche) et non destructives (comptage visuel, télémétrie acoustique, vidéo sous-marine) et de l'effort d'échantillonnage dans l'espace et dans le temps (Gray et Bell, 1986 ; Leber et Greening, 1986 ; Bouchon-Navaro *et al.*, 1992).

Il est généralement recommandé d'utiliser une large variété de méthodes directes et indirectes ainsi que techniques complémentaires pour l'identification des populations malacologique, dont la puissance et la faiblesse dépendent de l'espèce étudiée (Cadrin *et al.*, 2005). Afin d'aboutir une définition correcte d'un stock et de résoudre les anomalies apparentes entre les différentes méthodes, on utilise la technique « Holostic approach » (Begg et Waldman, 1999; Swain *et al.*, 2005). Les méthodes d'identification des stocks peuvent être groupées en trois catégories (Cadrin *et al.*, 2005):

- Des méthodes basées sur les traits d'histoire de vie de bivalve comme la reproduction,
- La mortalité, la croissance et la distribution.
- Des méthodes basées sur les marqueurs comme la morphologie du corps, leur composition chimique, les caractères génétiques et les parasites.
- Des méthodes basées sur l'application de marquage comme le marquage recapture «tagging».

La majorité des individus d'Anodonte des rivières *A. anatina* sont des femelles (35) et 11 cas d'hermaphroditismes avec absence de sexe male. Le comportement sexuel des mulettes *A. anatina* est sous l'effet des conditions environnementales. Elles deviennent gonochoriques dans les eaux courantes alors que le taux d'hermaphroditisme augmente dans les eaux stagnantes ce qui est signalée par Hinzmann *et al.* (2013).Le caractère d'hermaphroditisme est largement signalé chez la famille des Unionidae (Bauer, 2001) en générale, dont 14 % de la population d'*A. cygnea* sont des hermaphrodites dans le lac Çıldır en Turquie et 86 % de

femelles (Başçınar & Düzgüneş, 2009). L'étude de Girgibo (2013) a montré la présence des deux sexes dans l'échantillon du lac Kojjärvi et Päijänne en Finlande.

2. Âge

Une des caractéristiques des Unionidae, est leurs longues durées de vie. Il existe cinq groupes d'âge dans la population totale d'*A. anatina* du barrage d'El Agrem de la région de Jijel (4+ - 9+) avec absence de l'âge 8+ suite aux contraintes d'échantillonnage. L'utilisation de méthode indirecte pour la détermination de l'âge a été limitée par l'effectif, l'absence des petites classes de tailles et de même des tailles intermédiaires.

Les résultats du présent travail concernant la détermination de l'âge diffèrent à ceux trouvés dans le lac Kojjärvi et Päijänne en Finlande, dont Girgibo (2013), a pu isoler 7 groupes d'âge (2+ à 9+) au lac Kojjärvi contre 6 au lac Päijänne (2+ à 8+). La croissance est rapide dans le lac Kojjärvi par rapport au lac Päijänne. Une différence significative a été observée dans tous les groupes d'âge à l'exception des âges 3+ à 6+ ($F = 1,47$; $P > 0,05$ (lac Kojjärvi), $F = 2,91$, $P > 0,05$ (lac Päijänne)). A l'âge de 4+ ($F = 21,13$; $P < 0,001$) et 5+ ($F = 20,29$; $P < 0,001$), la croissance diffère et les moules du lac Kojjärvi sont les plus grandes par rapport au lac Päijänne. Cependant, la croissance des femelles est plus rapide par rapport aux mâles et les groupes d'âge 4+ (29,50 %), 5+ (22,95 %) et 6+ (26,22 %) sont les mieux représentés dans le lac Kojjärvi contre 2+ (29,62 %) et 3+ (37,03 %) au Päijänne. Le même auteur signale l'absence du groupe d'âge 8+ dans son échantillon ce qui est identique à celui du barrage El Agrem de la région de Jijel (Tab. 11). En Norvège, *A. anatina* peut atteindre l'âge de 10 ans dans des lacs eutrophes (Økland 1963) et se reproduire entre 4 à 5 ans (Heard 1975) à l'exception de quelques cas où cette espèce arrive à maturité sexuelle précocement à sa 2^{ème} année (Haukioja & Hakala, 1978).

Concernant *S. woodina*, Spyra *et al.* (2012) déclare la présence de 5 groupes d'âges dans le système Konin en Pologne en Parkowy (1+, 2+, 4+, 5+ et 9+) et Maciek Kanalow (1+, 2+, 7+, 8+ et 9+). Tandis que, que l'âge 8+ et 9+ sont présent à Kychlik (Tab. 11). La durée de vie d'*Anodonta* chinoise est estimée à 10 ans (Kraszewski & Zdanowski, 2007) et peuvent atteindre un âge maximale de 12 ans (Dudgeon & Morton, 1983). Dans le système aquatique Konin, les plus vieux bivalves 9 ans et les groupe les plus abondants sont 3-5 ans (70 %).

L'espérance de vie des différentes espèces de la famille Unionidae est aussi variable dont quelques genres vivent seulement 8 à 9 ans, alors que d'autres peuvent atteindre 30 ans

sous de bonnes conditions, à l'exception de *Margaritifera margaritifera* qui vit jusqu'à plus de 100 ans. Bauer (2001) suggère que le taux métabolique est le facteur clé affectant la longévité des espèces. Où les moules qui ont un taux métabolique ont une faible durée de vie. De ce fait, les Unionidae vivant dans les grandes rivières ont un taux métabolique élevé à cause de l'abondance de la nourriture et une durée de vie courte (Bauer, 2001).

La formation des stries externes de croissance peut avoir une périodicité journalière (famille des Pectinidés, Clark, 1975) ou annuelle (*Clinocardium ciliatum*, Tallqvist & Sundet, 2000) selon l'espèce étudiée. En fait, des stries surnuméraires peuvent être déposées ; soit après une perturbation environnementale (variations brusques de température, tri au moment de la mise en poche...etc.), soit aux phénomènes physiologiques (ponte) (Rhoads et Pannella, 1970). Chaque stress étant accompagné d'un arrêt de croissance sur la coquille qui n'a aucune signification relative à l'âge des individus.

Buddensiek (1995), Moorkens (2000) et Rudzite (2004) ont étudié la mortalité et la croissance des juvéniles des moules de la famille d'Unionidae en fonction de différents paramètres physico-chimiques de l'eau. Cette étude montre que la croissance et la survie sont négativement corrélées à la conductivité, la concentration en ammoniacale, nitrate, phosphate, sodium, potassium, calcium et magnésium ; tous ces paramètres étant des indicateurs d'eutrophisation.

La régression linéaire de la longueur totale des moules *A. anatina* (Lt) en fonction du rayon total des valves (Rt) exprime une corrélation significative ($r = 0,93$; $P \leq 0,001$) permet de déterminer la valeur 0,15 mm, qui correspond à la taille mathématique corporelle à la longueur des valves de glochidies au moment de l'accumulation au niveau du benthos après avoir quitté son hôte. Cette valeur est comparable à celle signalées par plusieurs auteurs. Wächler *et al.*, (2001) décrit la phase parasitaire des *A. cygnea* dont la ponte donne des œufs qui se développent en larve glochidies de 0,1-0,4 mm qui s'attache à *Cyprinus carpio* et *Barbus plebejus lacerta*. Alors que, sa taille est égale à $354 \pm 4,59 \mu\text{m}$ dans le lac Çıldır en Turquie (Başçınar & Düzgüneş, 2009). La taille des glochidies dépend des espèces des Unionidae (Wächler *et al.*, 2001). Chez *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1758), les juvéniles de 0,5 mm se libèrent des branchies des poissons et se laissent tomber sur le sédiment avant de s'enfoncer dans le sous-écoulement pour poursuivre leur croissance (Prié *et al.*, 2017). La droite de régression illustrée dans le tableau 12, montre une très forte corrélation entre la longueur totale et la largeur des valves chez *A. anatina* ($0,95$; $P < 0,001$) et *A. cygnea* ($0,97$;

$P < 0,001$) de la Finlande (Aldridge, 1999). Ce qui est le cas pour *S. woodina* ($r=0,91$; $P < 0,001$) (Spyra *et al.*, 2012)

En générale, un seul anneau de croissance se forme par année (Crowley, 1957 ; Negus, 1966 ; Müller & Patsner, 1996). L'étude de la détermination de l'âge d'*A. anatina*, *Unio pictorum* et *U. tumidus* de la rivière de Tamise en Angleterre (Negus, 1966) montre la formation d'un seul anneau annuel en été pour toutes les espèces de la famille Unionidae. Par contre, d'autres travaux suggèrent qu'un anneau s'installe sur la coquille dans une période de moins d'une année (Kesler & Downing, 1997).

3. Croissance

La croissance est définie comme la mesure de l'augmentation de taille et de poids d'un individu, en fonction du temps et des variables environnementales. Selon Seed (1973) la dynamique pondérale des moules est étroitement liée à l'activité reproductrice des individus dans une population donnée ; elle est perturbée par des processus liés à la reproduction (Le Pennec, 1980).

Les tailles théoriques déterminées sont très proches de celles que nous avons obtenues par le rétrocalcul ou par le dénombrement des stries externes et internes de la croissance. Le modèle de Von Bertalanffy décrit donc parfaitement la croissance de la moule des rivières. La valeur de la longueur asymptotique L_{∞} (222,07 mm) est nettement supérieure à celle observée chez *A. anatina* (125,2 mm) et *A. cygnea* (161,4 mm) de la Finlande (Aldridge, 1999). L'estimation des paramètres de croissance par le modèle de Von Bertalanffy varie en fonction des régions et de la méthode utilisée. Les paramètres de croissance obtenus dans notre région diffèrent de ceux trouvés dans différentes régions (Tab. 12).

Durant les 5 premières années de vie des moules d'eau douce *A. anatina*, la croissance est relativement rapide. Il est très avantageux pour les moules que leurs coquilles grandissent rapidement, car c'est la seule barrière qui le protège de son environnement. Après cette période, la croissance de la coquille ralentit. Le gain de croissance linéaire annuel est élevé durant la première année de vie (proche de 32 mm). Ce taux chute sensiblement avant de se stabiliser autour de 10 à 11 mm/an entre la cinquième et la neuvième année. Ce ralentissement de la croissance linéaire coïncide avec l'âge de la première maturité sexuelle (4-5 ans) (Heard 1975). Ces résultats sont nettement supérieurs à ceux de l'*Anodonta* de rivière de la Finlande

où un accroissement de 20 mm durant la première année et diminue avec l'âge avec 5 cm/ans pour le reste les 10 ans (Aldridge, 1999). Ces données sont comparables à celles d'*A. cygnea* du même site. Cette différence de croissance peut être sous l'effet de la disponibilité de l'alimentation et de la température (Negus, 1966).

L'indice de performance de croissance linéaire (ϕ') de Munro et Pauly (1983) de la mulette des rivières est égale à 3,98. Ce taux est relativement faible par rapport à ceux obtenus chez *A. anatina* (4,15) en Finlande et supérieur à celui d'*A. cygnea* (3,27) de la même région (Aldridge, 1999).

Notre espèce *A. anatina* est plus grande que celle signalée par Van Damme (1984) avec une taille maximale de 85 mm, Khalloufi & Boumaïza (2005) (80,56 mm), Girgibo (2013) (122 mm), Buchant (2017) (150 mm) et Olga et al. (2018) (112 mm). En Ibérie, la taille maximale enregistrée de la mulette d'étang *A. cygnea*, est de 170 mm (Pavon, 2011) alors que celle de la Tunisie est en moyenne de 72,44 mm. La mulette chinoise est considérée comme la plus grande des Unionidae et peut atteindre 300 mm en Italy (Cianfanelli *et al.* 2007) (Tab. 13). La densité et la biomasse de *S. woodina* de notre échantillon qui varie de 150 mm à 200 mm diffère de celles de son habitat endémique. Ce là est dû à plusieurs facteurs tels que l'hydrodynamique de l'eau, la température, types de substrat et la présence des macrophytes (Kraszewski & Zdanowski 2007). Le plus grand individu de 200 mm, à l'âge de 8 ans pouvons suggérer que la population de l'Anodonte chinoise de barrage El Agrem à au moins 8 ans d'existence dans ce plan d'eau douce. Selon Kraszewski et Zdanowski (2007), une longueur totale maximale de 241 mm a été enregistré dans le lac Konin contre 166,5 mm au lac Maggiove en Italy (Kamburska *et al.*, 2013) (Tab. 13). En revanche dans les eaux chaudes du lac Majeur en Italy (6-27 °C), sa taille maximale ne dépasse pas 125 mm (Ambrosetti *et al.*, 2006). Cependant, les fluctuations climatiques agissent sur la distribution des espèces (Hewitt, 1999).

La croissance relative indique une allométrie minorante pour la population totale d'*A. anatina* et une isométrie de croissance pour la relation taille-poids de la masse viscérale et le poids des valves vides. La croissance relative est variable dans le temps sous l'influence de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques, notamment la disponibilité de la nourriture au niveau de l'habitat, le développement des gonades et la période de reproduction (Bagenal et Tesch, 1978) et la température de l'eau (Jobling, 1997 ; Campana et Neilson, 1985). Le poids

CHAPITRE IV. DISCUSSION

maximal d'*A. anatina* échantillonnée (628,4 g) est nettement inférieure à celui des deux lacs de la Pologne (Maciek Kanalow y Pologne (1006 g) ; Kychlik (1091 g)) (Spyra et al.,2012). Cependant, la croissance pondérale est importante chez les mulettes femelles *A. anatina* du lac Päijänne par rapport aux mâles (Girgibo, 2013). Une corrélation significative a été signalée dans le même lac (Femelles : $r = 0,709$; Mâles : $0,319$) et dans le lac Kojjärvi (Femelles : $r = 0,644$; Mâles : $0,902$).

Conclusion et perspectives

CONCLUSION & PERSPECTIVES

A partir des pêches expérimentales par une plongée, réalisées le 2 Avril 2022, nous avons échantillonné un total de 74 individus rattachés à 2 genres de la famille d'Unionidae (*Anodonta* et *Sinanodonta*) et 3 espèces (*A. anatina* (60,52 %), *A. cygnea* (26,31 %) et *S. woodina* (13,15 %)) avec une dominance de la moule *A. anatina*. L'anodonte des rivières à été déjà décrite par des travaux antérieurs aussi bien sur les côtes Algériennes que dans certains pays du bassin Méditerranéen avec des proportions numériques qui diffèrent d'une aire géographique à une autre. Contrairement à ces deux représentants du genre *Anodonta* ; *S. woodina* est signalée pour la première fois en Algérie. Ces différences de la richesse spécifique ou des abondances sont attribuées à de nombreux facteurs tels que la méthode, la stratégie et l'effort d'échantillonnage ainsi que les caractéristiques et les particularités environnementales locales. La diversité spécifique peut être biaisée parfois par l'action conjuguée de ces facteurs. Comparé à d'autres espèces des moules d'eaux douce, le genre *Anodonta* et *Sinanodonta*, mérite une attention toute particulière dans nos plans d'eau.

La détermination de l'âge par la lecture des stries de croissance internes et externes au niveau des coquilles est une méthode valide pour estimer l'âge de l'espèce la plus abondante Anodonte des rivières *A. anatina* du barrage El Agrem de la région de Jijel en Algérie ; nous ont donné 5 groupes d'âges. La longueur totale (Lt) et le poids total (Pt) varient entre 102 - 201 mm et entre 102,9 - 628,4 g, respectivement. Les limites d'âges déterminées par cette méthode sont entre 4+ et 9+ ans avec l'absence de l'âge 8+. Le suivi de la croissance par la lecture des stries de croissance a montré l'individualisation d'un seul anneau d'arrêt de croissance par an.

Une étroite relation entre la longueur totale de la moule (Lt) et le rayon total de la valve gauche (Rt) qui est sa largeur (La) a été mise en évidence, ce qui nous a permis d'effectuer un rétrocalcul des tailles de coquilles aux différents âges. La valeur de l'ordonnée à l'origine 0,15 mm, correspond à la taille mathématique des valves de glochidies au moment de l'accumulation au niveau du benthos après avoir quitté son hôte.

Les valeurs observées et théoriques de la croissance linéaires et pondérales sont très proches ce qui indique une description satisfaisante de la croissance d'*A. anatina* de barrage El Agrem de la région de Jijel. La comparaison des paramètres de croissance de Von Bertalanffy ($L_{\infty} = 226,07$; $L_{\infty} = 817,99$; $k = 0,19$; $t_0 = 0,07$), de l'indice de performance de

croissance ($\phi' = 3,98$) démontre une croissance relativement lente de la population du barrage El Agrem par rapport à celles des autres régions.

La croissance relative d'Anodonte des rivières est minorante ($b = 2,45$). Elle est globalement isométrique pour la relation poids de la masse viscérale ($b = 2,87$) et des valves vides ($b = 3,01$) en fonction de la longueur totale.

Perspective

Afin de mieux inventorier les différentes espèces de mollusques bivalves de nos plans d'eau, un échantillonnage plus serré et étalé dans le temps, en utilisant des méthodes de prélèvement différentes mais complémentaires, permettrait non seulement de capturer d'autres espèces des Unionidae et d'autres familles, mais éventuellement de mettre en évidence : le rôle de nurserie de la zone d'étude pour cette famille, son maintien et sa durabilité dans le temps et la croissance favorable des glochidies et des stades juvéniles fera l'intitulé d'autres travaux.

Pour mieux caractériser et déterminer l'âge par des méthodes indirecte (Battacharya), un effectif de plus de 200 individus appartient à toutes les classes de tailles, doivent être échantillonné dans une période restreinte.

Références bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adam, B., 2010. L'Anodonte chinoise *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca, Bivalvia, Unionidae): une espèce introduite qui colonise le bassin Rhône-Méditerranée. *Journal électronique de la malacologie continentale* 6: 278–28.
- Aldridge DC, Fayle TM, Jackson N., 2007. Freshwater mussel abundance predicts biodiversity in UK lowland rivers. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 17: 554–564.
- Aldridge DC, Fayle TM, Jackson N., 2007. Freshwater mussel abundance predicts biodiversity in UK lowland rivers. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 17: 554–564.
- Ambrosetti W, Barbanti L, Rolla A., 2006. Il clima dell'areale del lago Maggiore durante gli ultimi 50 anni. *Journal of Limnology* 65 (suppl 1), 62 pp.
- Anonyme, 2022. Agence Nationale des barrages et transfert. Soudoud-Dzair.
- Araujo R., Reis J., Machordom A., Toledo C., Madeira M. J., Gómez I., Velasco J.C., Morales J., Barea J. M., Ondina P. & Ayala I., 2009. The naiads of the Iberian Peninsula. *Sociedad Española de Malacología. Iberus*, 27 (2): 7-72.
- Backlund M., 2022. Dyntaxa. Svensk taxonomisk databas. SLU Artdatabanken. Checklist dataset.
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. 1978. Age and growth. In: Bagenal, T. (eds.), *Methods for Assessment of Fish in Freshwaters*, 3rd Edition. IBP Handbook No. 3. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 101-136.
- Barrington, E.J.W. 1967. Invertebrate structure and function. First published in Great Britain 1967. Thomas Nelson and Sons Ltd. *Nairobi Kenya*. 436–438
- Başçınar, N. S. & Düzgüneş, E., 2009. A Preliminary Study on Reproduction and Larval Development of Swan Mussel [*Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758)] (Bivalvia: Unionidae), in Lake Çıldır (Kars, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 9: 23-27.
- Bauer, G. 2001. Frame work and driving forces for the evolution of Naid life histories in Bauer G., Wachtler K. eds, *Ecological studies: Ecology and evolution of the fresh water mussels unionida*, vol. 145, Berlin: *Springer-Verlag*, 233-255.
- Beran, L., 2008: Expansion of *Sinanodonta woodiana* (LEA, 1834) (Bivalvia, Unionidae) in the Czech Republic.– *Aquat. Inv.* 3: 91–94.
- Bertalanffy, L. Von. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, Vol. 10 (2), 181-213.
- BEYER, J.E. 1991. On length-weight relationships. 2. Computing mean weights from length statistics. *Fishbyte* 9, 50-54.
- Bhattacharya G.G., 1967. A sample method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, Vol. 137 (1), 137-143.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bieler, R.; Carter, J. G.; Coan, E. V. (2010). Classification of Bivalve families. Pp. 113-133, in: Bouchet P. & Rocroi J.-P. (2010), Nomenclator of Bivalve Families. *Malacologia*. 52(2): 1-184.

Bloom, S.A. Simon, J.L., Hunter, V.D., 1972. Animal-sediment relations in community analysis of a Florida estuary. *Mar. BioL*. 13 : 43-56.

Bogan AE., 1993. Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionoida) a search for causes. *American Zoologist* 33: 599–609.

Bogatov, V. V., Starobogatov, Y. I. & Prozorova, L. A., 2005. Mollusks of the genus *Colletopterum* (Anodontinae, Bivalvia) from Russia and adjacent territories. *ZoolZhurnal*. 84: 1050–1063.

Bontes, B., Verschoor, A., Pires, M.D., Van Donk, E., Ibelings, B.W., 2016. Functional response of *Anodonta anatina* feeding on a green alga and four strains of cyanobacteria, differing in shape, size and toxicity Functional response of *Anodonta anatina* feeding on a green alga and four strains of cyanobacteria, differing in sha.

Bouchon-Navaro Y., Bouchon C. & M. Louis, 1992. - L'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines de la baie de Fort-De-France (Martinique, Antilles Françaises). *Cybiurn*, 16 (4): 307-330.

Bourguignat, J.R., 1864 - Malacologie de l'Algérie, Paris, Challamel aîné éd., vol. 2, 380 p., 26 pl.

Bourguignat, J.R., 1883 - Histoire malacologique de l'Abyssinie. *Annls Sei. nat. (Zool.)*, (6) 15 (2): 1-154, pl. 7-11; id., *Soc. Anon. Impr. Réunion*, Paris, 162 p.

Bourguignat, J.R., 1888 - Monographie malacologique des animaux mollusques fluviatiles du lac Tanganika. *Corbeil*, 82 p., 35 pl.

Buddensiek, V. 1995. - The culture of juveniles freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirement. *Biological Conservation* 74: 33-40.

Cadrin S.X., Friedland K.D., Waldman J.R., 2005. Stock identification methods: applications in Fishery Science. *Elsevier Academic Press*, 719 pp.

Campana, S.E. & Neilson, J.D. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Cah. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1014-1032

Camusso, M., Balestrini, R., Muriano, F., Mariani, M., 1994. Use of freshwater mussel *Dreissena polymorpha* to assess trace metal pollution in the lower River Po (Italy). *Chemosphere* 29, 729–745.

Cassie R.M., 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Marine and Freshwater Research*, 5: 513-522.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chardy, P., Oavier, J., 1988. Biomass and trophic structure of the macrobenthos in the south-west lagoon of New Caledonia. *Mar. BioL*, 99 : 195-202.
- Chowdhury, G. W., Zieritz, A., & Aldridge, D. C. (2016). Ecosystem engineering by mussels supports biodiversity and water clarity in a heavily polluted lake in Dhaka, Bangladesh. *Freshwater Science*, 35, 188–199.
- Cianfanelli S, Lori E, Bodon M. 2007. Non-indigenous freshwater molluscs and their distribution in Italy. In: Gherardi F (ed), *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution and threats*. Springer, the Netherlands, pp 103–121.
- Clark, G.R., 1975. Periodic growth and biological rhythms in experimentally grown bivalves. *In.*: Rosenberg, G.D. & Runcorn, S.K., *Growth rhythms and the history of the earth's rotation* : 103-107. John Wiley & Sons (eds), London.
- Cumming, K.S. and Mayer, C.A. 1992. Field guide to freshwater mussel of the Midwest Illions Natural History Survey Manuel, 5: 194 pp.
- Daget J., 1998. Catalogue raisonné des Mollusques bivalves d'eau douce africains. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands / Orstom, Paris, France. 329p.
- Daget J., Le Guen J.C., 1975b. Dynamique des populations exploitées de poissons. *In* : Problèmes d'écologie: la dynamique des populations de vertébrés. Lamotte M., Bourlière F. (eds.), *Masson et Cie, Paris* : 395-443.
- Dagnelie, P. 1975. Théorie et méthodes statistiques. 2: les méthodes de l'inférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux. 451 p.
- Davy, F.B., Graham, M., 1983. Bivalve culture in Asia and the Pacific. Proc. Singapore Workslwp, 16-19 Feb. 1982, Ottawa, Ont. IDRC, 1983: 8-18.
- De Blainville H. M. D. 1825. Oculina. *Dictionnaire des Sciences naturelles* 35: 78
- De Blainville H. M. D. 1827. *Dictionnaire des Sciences naturelles* 50: 283-284. 31 pls.
- Deshayes, G.P., 1847 - Histoire naturelle des Mollusques. In: *Exploration scientifique de l'Algérie. Paris, Imp. natn., Atlas*: 135 pl.
- Dionisio Pires, L.M., Bontes, B.M., Samchyshyna, L., Jong, J., Van Donk, E., Ibelings, B.W., 2007. Grazing on microcystin-producing and microcystin-free phytoplankters by different filter- feeders: implications for lake restoration. *Aquatic Sciences* 69, 534–543.
- Do-Chi T., 1977. Détermination statistiques de l'âge: quelques méthodes de décomposition d'un échantillon en composantes gaussiennes. *Océanis*, 3: 503-527.
- Dodge, H., 1952 -A historical review of the Mollusks of Linnaeus. Part 1. The classes Loricata and Pelecypoda. *Bull. Amer. Nat. Hist.*, 100 (1): 1-264.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Domagała, J., A. M. Łabęcka, B. Migdalska & M. Pilecka-rapacz, 2007: Colonization of the channels of Międzyodrze (North-Western Poland) by *Sinanodonta woodiana* (LEA, 1834) (Bivalvia, Unionidae). – *Pol. J. Nat. Sci.* 22: 679–690.
- Douda, K., M. Vrtilek, O. Slavik and M. Reichard, 2011: The role of host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel *Anodonta woodiana* in Europe. – *Biol. Inv.* Published online 09 April 2011.
- Dranreb, B., 2019. Anodonte des cygnes (*Anodonta cygnea*, Linné) Moule géante d'eau douce connue des Romain.
- Drouet, H., 1895 - Unionidae nouveaux ou peu connus. *Journ. De Conchyl.*, 43: 26-40.
- Dudgeon, D. & B. Morton, 1983: The population dynamics and sexual strategy of *Anodonta woodiana* (Bivalvia, Unionacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. – *J. Zool.* 201: 161–183.
- Fao 1981. Développement de l'aquaculture continentale en Chine. Rapport du Voyage d'Etude FAO/PNUD organisé pour les pays africains francophones. 22 avril – 20 mai 1980. FAO *Doc. Tech.Pêches*, (215): 152 p.
- Fao, 2019. Global Fishery and Aquaculture Production Statistics 1950–2017 (v2019.1.0), published through FishStatJ. www.fao.org/fshery/statistics/software/fshstatj/en.
- Fulton, J.W. 1911. The sovereignty of the sea. Edinburgh and London
- Gayanilo, F.C & Pauly, P.1996. F.A.O.ICLARM Stock assesment Tools (FISAT). Reference Manual. F.A.O. Comtuterized information Service N° 8.
- Gheno Y., Le Guen J.C., 1968. Détermination de l'âge et de la croissance de *Sardinella eba* (Val.) dans la région de Pointe Noire. *Cahiers ORSTOM*, serie Oceanographique, 6: 70-82.
- Gherardi F, Bertolino S, Casellato S, Cianfanelli S, Ferraguti M, Lori E, Mura G, Nocita A, Riccardi N, Rossetti G, Rota E, Scalera R, Zerunian S, Tricarico E (2008) Animal xenodiversity in Italian inland waters: distribution, modes of arrival, and pathways. *Biological Invasions*10: 435–454.
- Girgibo N., 2013. Morphological variation of the unionidae mussel *Anodonta anatina*.Mémoire de master. University of Jyväskylä, Faculty of Science. 36p.
- Goldfuss G. A. 1820. *Handuch der Zoologie*: v. 3, no. 1, xlvi+696 p., 2 pl. (Nürnberg).
- Graf D L. 2007. Palearctic fresh wáter mussel (Mollusca: Bivalvia: Unionoida) diversity and the Comparatory Method as a species concept. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 156:71–88.
- Graf, DL., Cummings KS. 2006. Palaeoheterodont diversity (Mollusca: Trigonioida + Unionoida): what we know and what we wish we knew about freshwater mussel evolution. *Zool J Linn Soc* 148:343-394.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Gray C.A. & J.D. BELL, 1986. - Consequences of two common techniques for sampling vagile macrofauna associated with the seagrass *Zostera capricorni*. *Mar Ecol Prog Ser*, 28: 43-48
- Gray, I.E., 1847 -A list of the genera of recent Mollusca, their synonyma and types. Proc. 2001. Soc. London: 129-219.
- Haag, W.R., 2012. North American Freshwater Mussels: Natural History, Ecology, and Conservation.
- Hakenkamp, C. C., S. G. Ribblett, M. A. Palmer, C. M. Swan, J. W. Reid & M. R. Goodison, 2001: The impact of an introduced bivalve (*Corbicula fluminea*) on the benthos of a sandy stream. – *Freshw. Biol.* 46: 491–501.
- Harding J.P., 1949. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 28: 141-153.
- Harman, W. N. 1972. Benthic substrates: their effects on freshwater mollusca. *Ecology*, 53: 271-277.
- Harmelin J.G., Vacelet J. & P. Vasseur, 1985. - Les grottes sous-marines obscures: un milieu extrême et un remarquable biotope refuge. *Tdthys*, 11 (3-4): 214-229.
- Haukioja, E., & Hakala T. 1978. Life-history evolution in *Anodonta piscinalis* (Mollusca, Pelecypoda) - correlation of parameters. *Oecologia* 35:253-266.
- Heard, WH., 1975. Sexuality and other aspects of reproduction in *Anodonta* (Pelecypoda:Unionidae). *Malacologia* 15:81-103.
- Hewitt G M. 1999. Postglacial recolonization of European biota. *Biological Journal of the Linnean Society* 68:87–112.
- Hinzmann M, Lopes-Lima M, Teixeira A, Varandas S, Sousa R, Lopes A, Froufe E, Machado J. 2013. Sexual strategy and reproductive cycle of *Anodonta anatina* (L.,1758): notes on hermaphroditism. *Journal of Experimental Zoology Part A* 309:378–390.
- Hinzmann, M., Lopes-Lima, M., Teixeira, A., Varandas, S., Sousa, R., Lopes, A., Froufe, E., Machado, J., 2013. Reproductive Cycle and Strategy of *Anodonta anatina* (L., 1758): Notes on Hermaphroditism. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology* 319, 378–390.
- Howard, J. K., & Cuffey, K. M., 2006. The functional role of native fresh-water mussels in the fluvial benthic environment. *Freshwater Biology*, 51, 460-474.
- Huber M.,2010. Compendium of Bivalves. A Full-color Guide to 3'300 of the World's Marine Bivalves. A Status on Bivalvia after 250 Years of Research, Hackenheim, ConchBooks, 901 pp. + CD p.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Jean-Michel Bichain, J-M., 2017. Les macro-bivalves du Haut- et du Bas-Rhin. Malacofaune d'Alsace. Cahier technique - Volume 3. 46 p.

Jobling, M. 1997. Temperature and growth: modulation of growth rate via temperature change. *In*: Wood, C.M. McDonald, D.G. (eds.), *Fish. Society for Experimental Biology*, Seminar Series No. 61, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 225-253.

Jones, R. 1950. Propagation of fresh-water mussels, the progressive fish-culturist, U.S. Fish and wildlife service craborchard national wildlife refuge carterville. *Illinois*: 13-25.

Jones, R. 1950. Propagation of fresh-water mussels, the progressive fish-culturist, U.S. Fish and wildlife service craborchard national wildlife refuge carterville. *Illinois*: 13-25.

Jonsson, A., Bertilsson, A. & Rydgård, M., 2013. Spatial distribution and age structure of the freshwater unionid mussels *Anodonta anatina* and *Unio tumidus*: implications for environmental monitoring. *Hydrobiologia* 711, 61–70.

Kamburska et al.2013.Lyudmila Kamburska, Rosaria Lauceri and Nicoletta Riccardi, 2013. Establishment of a new alien species in Lake Maggiore (Northern Italy): *Anodonta* (*Sinanodonta*) *woodiana* (Lea, 1834) (*Bivalvia*: *Unionidae*). *Aquatic Invasions (2013) Volume 8, Issue 1*: 111–116.

Kamburska L, Lauceri R, Beltrami M, Boggero A, Cardeccia A, Guarneri I, Manca M, Riccardi N (2013) Establishment of *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) in Lake Maggiore: a spatial approach to trace the invasion dynamics. *BioInvasions Records* 2: 11–23.

Karatayev, A. Y., L. E. Burlakova and D. K. Padilla, 2006: Growth rate and longevity of *Dreissena polymorpha* (Pallas): a review and recommendations for future study. – *J. Shellfish Res.* 25: 23–32

Kenmuir, D.H.S., 1980 - Aspects of the biology and population dynamics of freshwater mussels in Lake Kariba and Lake McIlwaine. Lake Kariba Fisheries Research Institute, Project Rept nO 36, Thesis Univ. Natal., xviii + 381 p., 100 fig.

Khalloufi, N. & Boumaïza, M. 2005. Première note sur la présence d'*Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) (*Mollusca*, *Bivalvia*, *Unionidae*) en Tunisie. *Zool. baetica*, 16: 21-29.

Killeen, I.J., D. Aldridge & G. Oliver, 2004. Freshwater bivalves of Britain and Ireland. FSC/AIDGAP, London, 144 pp.

Klishko OK 2012. Mollusca. *In*: Kovaleva TC, Andreev AV (Eds) Red Book of the Zabaikalsky Territory: Animals. Novosibirsky Publishing House, Novosibirsk, 207–238. [In Russian].

Kraszewski A, Zdanowski B, 2007. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (*Mollusca*) – a new mussel species in Poland: occurrence and habitat preferences in the heated lake system. *Polish Journal of Ecology* 55(2): 337–356.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Kraszewski, A. & B. Zdanowski, 2008–2010: *Sinanodonta woodiana* (LEA, 1834) szczeżuja chińska – In: Z. GŁOWACIŃSKI, H. OKARMA, J. PAWŁOWSKI and W. SOLARZ (eds.), Księga gatunków obcych inwazyjnych w faunie Polski.

Lamarck, J.B., 1799 - Prodrôme d'une nouvelle classification des coquilles. Mém. Soc. Hist. nat. Paris: 63-91.

Leber K.M. & H.S. Greening, 1986. -Community studies in seagrassmeadows: a comparison of two methods for sampling macro-invertebrates and fishes: Fish. Bull., 84 (2): 443-450.

Linnaeus, c., 1758 - Systema Naturae, 10e éd., vol. 1 (1-6): 824 p.

Lopes-Lima 2017. Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges. *Biological Reviews* 92, 572–607.

Lopes-Lima M, Teixeira A, Froufe E, Lopes A, Varandas S, Sousa R (2014) Biology and conservation of freshwater bivalves: past, present and future perspectives. *Hydrobiologia* 735: 1–13.

Lopes-Lima, M., Burlakova, L. E., Karatayev, A. Y., Mehler, K., Seddon, M., & Sousa, R. 2018. Conservation of freshwater bivalves at the global scale: Diversity, threats and research needs. *Hydrobiologia*, 810, 1–14.

Lopes-Lima, M., Sousa, R., Geist, J., Aldridge, D. C., Araujo, R., Bergengren, J., Zogaris, S. 2017. Conservation status of freshwater mussels in Europe: State of the art and future challenges. *Biological Reviews*, 92, 572–607.

Lopes-Lima, M., Teixeira, A., Froufe, E., Lopes, A., Varandas, S., & Sousa, R. 2014. Biology and conservation of freshwater bivalves: Past, present and future perspectives. *Hydrobiologia*, 735, 1–13.

Lukashov, D. V., 2009. QUANTITATIVE ASSESSMENT OF POLYMETALLIC POLLUTION.

Lyudmila Kamburska, Rosaria Lauceri and Nicoletta Riccardi, 2013. Establishment of a new alien species in Lake Maggiore (Northern Italy): *Anodonta (Sinanodonta) woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae). *Aquatic Invasions* (2013) Volume 8, Issue 1: 111–116.

Lyudmila Kamburska, Rosaria Lauceri and Nicoletta Riccardi, 2013. Establishment of a new alien species in Lake Maggiore (Northern Italy): *Anodonta (Sinanodonta) woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae). *Aquatic Invasions* (2013) Volume 8, Issue 1: 111–116.

Macan, T. T. 1950. Ecology of freshwater Mollusca in the English Lakes District. *Journal of Animal Ecology*, 19: 124-146.

Madill, J., 2005. Cycle de vie de *Pyganodon grandis* [WWW Document]. Projet sur la biodiversité de la rivière Frenchman. URL <https://nature.ca/en/photo/1515> (accessed 10.19.18).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Mandahl-Barth, G. 1982. Studies on African freshwater bivalves. 1. The Unionidae. Danish Bilharziasis Laboratory ed., Denmark. 33 pp

Marlene, E., C. Fabbro, R. S. Schneider & Foster, W., 2005. Journal of great lakes research: devoted to research on large lakes of the world and their watersheds. Volum 31, number 1. ISSN 0380-1330.

McIvor, A., 2004. Freshwater Mussels As Biofilters [WWW Document]. The malacological society of London.

Moorkens, E. A. 2000. - Conservation Management of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*. Part 2: Water Quality Requirements. Irish Wildlife Manuals, No. 9, 44 pp.

Morelet, A., 1864 - Description de coquilles inédites. *Journ. De Conchyl.*, 12: 155-159.

Mousson, A., 1887 - Coquilles recueillies dans le Sud-Ouest de l'Afrique par M. le Dr H. Schinz. *Journ. de Conchyl.*, 35: 291-301, pl. 12.

Mouthon, J., 2008. Discovery of *Sinanodonta woodiana* (LEA, 1834) (Bivalvia: Unionacea) in an eutrophic reservoir: the Grand Large upstream from Lyon (Rhône, France). – *MalaCo*. 5: 241–243.

Munro, J.L. & Pauly, D. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertbrates. *Fishbye*, 1: 5-6.

Økland, J., 1963. Notes on population density, age distribution, growth and habitat of *Anodonta piscinalis* Nilss. (Moll., Lamellibr.) in a eutrophic Norwegian lake. *Nytt Magasin for Zoologi* 11:19-43.

Olga K. Klishko, Manuel Lopes-Lima, Arthur E. Bogan, Dmitry V. Matafonov, Elsa Froufe, 2018. Morphological and molecular analyses of Anodontinae species (Bivalvia, Unionidae) of Lake Baikal and Transbaikalia.

Pallary, P., 1901 - Sur les Mollusques fossiles terrestres et fluviatiles de l'Algérie. *Mém. Soc. géol. Fr., Paléont.*, 22: 206 p., 6 pl.

Panfili, J., DE Pontual, H., Troadec, H. & Wright, P.J. 2002. Manual of fish sclerochronology. Ifremer-Ird (eds.). Paris, France, 463 pp.

Pauly, D. 1993. Fishbyte section editorial. *Naga, ICLARM Quart.* 16, 26.

Pavon, D., 2011. MEMENTO POUR L'AIDE A LA DETERMINATION DES MOLLUSQUES CONTINENTAUX DU DEPARTEMENT DES BOUCHES-DU-RHONE. 1^{re} EDITION. ISSN 0373-0875.

Peres, J. M., 1938 - Sur une nouvelle espèce marocaine du genre *Anodonta*. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.*, Paris, (2) 10: 425-428, 2 fig.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Petrakis, G. & Stergiou, K.I., 1995. Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fish. Res.*, 21: 465-469.
- Petró, E., 1984: Occurrence of *Anodonta woodiana* (LEA, 1834) (Bivalvia: Unionacea) in Hungary. – *All köz.*, 71: 181–191.
- Popa, O. P., B. S. Keleman, D. Murariu & L. O. Popa, 2007: New record of *Sinanodonta woodiana* (LEA, 1834) (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) from Eastern Romania. – *Aquat. Inv.* 2(3): 265–267.
- Prager M.H., Saila, S.B., Recksiek, C.W., 1989. FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. 2nd edition, Old Dominion University, Oceanography technical report 87-10, Norfolk, Virginia, 36pp.
- Prié V., Laurent P. & Gilbert C., 2017. Plan National d'Action pour la Mulette perlière *Margaritifera margaritifera* Biotope 2011. 79 p.
- Pusch, M., Siefert, J. and Norbert, W. (2001) 'Filtration and Respiration rates of two Unionid Species and Their Impact on the Water Quality of a Lowland River', in Baue, G. and Wächtler, K. (eds) Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida. Springer Berlin Heidelberg, pp. 317– 326.
- Rafinesque, CS., 1815 - Analyse de la Nature ou tableaux de l'Univers et des corps organisés. Palerme, 224 p.
- Rhoads. O.C. Young. O.K. 1970. The influence of deposit-feeding benthos on bottom sediment stability and community trophic structure. *J. Mar. Res.* 28: 150-178.
- Richter, H.C., Luckstadt, C., Focken, U. & Becker, K. 2000. An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 48: 255-264.
- Rudzîte, M. 2004. - Distribution of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1758) in Latvia in relation to water quality. *Acta Universitatis Latviensis, Biology* 676: 79-85.
- Safran, P. 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Mar. Biol.*, 112: 545-551.
- Sanders, H.L., 1958. Benthic studies in Buzzards bays. Animal-sediment relationships. *Limn. oceanogr.*, 3: 245-258.
- Santana F.M., Morize E., and Lessa R., 2006. Age and growth of the spotted goatfish, *Pseudupeneus maculatus* (Bloch, 1793) in Brazil, validated through marginal increment and oxytetracycline dyes in the sagitta. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 132-137.
- Santos, M.N., Gaspar, M.B., Vasconcelos, P. & Monteiro, C.C. 2002. Weight-length relationships for 50 selected fish species of the Algrave coast (southern Portugal). *Fis. Res.*, 59: 289-295.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Sárkány-Kiss, A., 1986: *Anodonta woodiana* (LEA, 1834) a new species in Romania (Bivalvia: Unionacea). – *Trav. Mus. Hist. Nat. 'Grigore. Antipa.'*, 28: 15–17
- Scherrer B., 1984. Biostatistique. Gaetan Morin, Boucherville, Quebec, Canada, 850 pp.
- Schneider J. A. 2001. Bivalve systematics during the 20th century. *Journal of Paleontology* 75: 1119-1127.
- Servain, G., 1890 - Des Acéphales Lamellibranches fluviatiles du système européen. *Bull. Soc. malac. Fr.*, 7: 281-323, pl. 5-7.
- Skipper L, Calabuig I, Møller J, Wenøe Breddam D, Skovgaard Mathorne J., 2020. National checklist of all species occurring in Denmark. Version 9.3. Miljøstyrelsen / The Danish Environmental Protection Agency.
- Słodkiewicz-Kowalska, A., Majewska, A.C., Rzymyski, P., Skrzypczak, Ł., Werner, A., 2015. Human waterborne protozoan parasites in freshwater bivalves (*Anodonta anatina* and *Unio tumidus*) as potential indicators of fecal pollution in urban reservoir. *Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters* 51, 32–36.
- Sousa, R., J. L. Gutierrez & D. C. Aldridge, 2009: Non-indigenous invasive bivalves as ecosystem engineers. – *Biol. Inv.* 11: 2367–2385.
- Spyra A., Strzelec M., Lewin I., Krodkiewska, Michalik-Kucharz Mariola A. & Gara M., 2012. Characteristics of *Sinanodonta woodiana* (LEA, 1834) Populations in Fish Ponds (Upper Silesia, Southern Poland) in Relation to Environmental Factors. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 97:12-25.
- Swhalb, A., Pusch, M., 2007. Horizontal and vertical movements of unionid mussels in a lowland river. *Journal of the North American Benthological Society* 26, 261–272.
- Tallqvist, M.E. & Sundet, J.H., 2000. Annual growth of the cockle *Clinocardium ciliatum* in the Norwegian Arctic (Svalbard area). *Hydrobiologia*, 440: 331–338.
- Tanaka S., 1962. A method of analysing a polymodal frequency distribution and its application to the length distribution of the porgy, *Taius tumifrons* (T. and S.). *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 19: 1143-1159.
- Thomassin. B.A., 1978. Les peuplements des sédiments coralliens de la région de Tuléar (SW de Madagascar). Leur insertion dans le contexte côtier indo-Pacifique. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille IL 494 p. + annexes.
- Throp, J.H and Covich, A.P, 1991. Ecology and classification of Northern American Freshwater invertebrates, published by Academic Press, Inc., London, UK. ISBN 0-12-690645-9.
- Urbańska, M. and T. Mizera, 2009: Szczeżują chińska *Sinanodonta woodiana* (LEA, 1832) – jak ją rozpoznać? – *Przeegl. Przyr.* 20: 51–58.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Van Damme, D., 1984. The freshwater Mollusca of Northern Africa. Distribution, Biogeography and Palaeoecology. Dordrecht, *Junk éd.*, 164 p., 144 fig.

Vaughn CC, Hackenkamp CC. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* 46: 1431–1446.

Vrignaud, S., 2009. Les Unionidés de France. *Rev.Sci.Bourgogna-Nature*-9/10, 180-187.

Wächtler, K., Dreher-Mansur, M.C., Richter, T. 2001. Larval types and early postlarval biology in naiadas (unionoida), In: G. Baver and K. Wächtler (Eds.), Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida, Ecological Studies. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, 145: 94-125.

Watson, A. L. & Ormerod, S. J. 2004. The distribution of three uncommon freshwater gastropods in the drainage ditches of British grazing.

Watters, T., 1997: A synthesis and review of the expanding range of the Asian freshwater mussel *Anodonta woodiana* (LEA, 1834) (Bivalvia: Unionidae). – *Veliger* 40: 152–156.

Wright, S. H. & Wright, B. H. (1892). On the revision of the Unionidae. *The Nautilus*. 6(7): 80-81 Wright & Wright (1892).

Ziugganov, V. V., Zotin, A. A., Nezhlin, L. P. & Tretiakov, V., 1994. The freshwater pearl mussels and their relationship with salmonid fish. Moscow, 104 pp.

Résumés

Age et croissance d'un mollusque bivalve *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) de barrage El Agrem de Jijel

Cette étude est consacrée à l'identification et la détermination de l'âge des Unionidae du barrage El Agrem de la région de Jijel. Sur un échantillon totale de 74 individus nous avons identifié 2 genres de la famille Unionidae (*Anodonta* et *Sinanodonta*) rattachés à 3 espèces (*A. anatina* (60,52 %), *A. cygnea* (26,31 %) et *S. woodina* (13,15 %)). Le genre *Anodonta* dominance avec environ 87 %. L'âge d'*A. anatina* est déterminé par la lecture directe des stries de croissance externes et internes des coquilles en utilisant la méthode du rétrocalcul. La population échantillonnée se compose de 5 groupes d'âge (4+ à 9+). La croissance de la moule de rivière a été bien décrite par le modèle classique de Von Bertalanffy. L'indice de performance (ϕ) montre une croissance relativement faible de la population locale. La croissance relative de cette espèce est globalement minorante ($b = 2,45$).

Mots clés:

Unionidae, *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea*, *Sinanodonta woodina*, identification, âge, croissance.

تحديد عمر و نمو ثنائية الصدفة *Anodonta anatina* في سد العقرم بمنطقة جيجل

هذه الدراسة مكرسة لتصنيف و تحديد عمر عائلة Unionidae في سد العقرم بمنطقة جيجل. من بين 74 فرد في العينة الإجمالية، حددنا 3 انواع ((*A. anatina* (60,52%) و (*A. cygnea* (26,31%) و (*S. woodina* (13,15 %)) تنتمي الى فصيلتين (*Anodonta* و *Sinanodonta*). تهيمن فصيلة *Anodonta* العينة بحوالي 87%. يتم تحديد عمر *A. anatina* من خلال القراءة المباشرة لخطوط النمو الخارجية و الداخلية للصدفة باستخدام طريقة الحساب بالتراجع. حيث تتألف العينة من 5 فئات عمرية (4- + 9+). يصف النموذج الكلاسيكي Von Bertalanffy نمو البلح النهري جيداً بينما يظهر مؤشر النمو الخطي (ϕ) نمو منخفضاً ل *A. anatina* لسد العقرم. و متناقص بشكل عام فيما يخص الطول و الوزن لثنائية الصدفة ($b = 2,45$).

الكلمات الدالة:

Unionidae, *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea*, *Sinanodonta woodina* ، التصنيف، العمر، النمو.

Age and growth of El Agrem Dam *Anodonta anatina* Shell (Linnaeus 1758) in Jijel

This study is devoted to the identification and age determination of the Unionidae of the El Agrem Dam in the Jijel region. Out of a total sample of 74 individuals, we identified 2 genera of the family Unionidae (*Anodonta* and *Sinanodonta*) belonging to 3 species (*A. anatina* (60.52%), *A. cygnea* (26.31%) and *S. woodina* (13.15%)). The genus *Anodonta* dominates with about 87%. The age of *A. anatina* is determined by the direct reading of the outer and inner growth streaks of the shells using the backcalculation method. The sampled population consists of 5 age groups (4+ to 9+). The growth of the river mussel has been well described by the classic Von Bertalanffy model. The performance index (ϕ) shows relatively low growth in the local population. The relative growth of this species is generally minor ($b = 2.45$).

Key words:

Unionidae, *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea*, *Sinanodonta woodina*, identification, age, growth.