

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPubLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة باجي مختار - عنابة
Université Badji Mokhtar - Annaba
Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Mer



Année: 2017

THESE
Présentée en vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT
en Sciences de la Mer
Option: Bioressources Marines

Thème:

Reproduction, âge et croissance de deux Téléostéens pélagiques des côtes de l'extrême Est algérien (El Kala): l'anchois, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) et la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

Par: LADAIMIA Souâd

Directeur de thèse:

Pr. DJEBAR A.B.

Université Badji Mokhtar - Annaba.

Jury d'examen:

Pr. BENSOUILAH M.

Président Université Badji Mokhtar - Annaba

Pr. AMARA R.

Examineur Université du Littoral - Côte d'Opale - Dunkerque

Pr. DERBAL F.

Examineur Université Badji Mokhtar - Annaba

Dr. REFES W.

Examineur ENSSMAL - Alger

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	01
2. MATERIEL ET METHODES.....	06
2.1. Zone d'étude.....	06
2.2. Provenance des échantillons.....	07
2.3. Matériel biologique.....	08
2.3.1. Caractéristiques éco-biologiques de l'anchois européen, <i>Engraulis encrasicolus</i>	09
2.3.1.1. Position systématique.....	10
2.3.1.2. Noms scientifiques.....	10
2.3.1.3. Morphologie et caractères distinctifs.....	11
2.3.1.4. Habitat et biologie.....	12
2.3.1.5. Répartition géographique.....	12
2.3.2. Caractéristiques éco-biologiques de la sardine européenne, <i>Sardina pilchardus</i>	13
2.3.2.1. Position systématique.....	13
2.3.2.2. Noms scientifiques.....	14
2.3.2.3. Morphologie et caractères distinctifs.....	14
2.3.2.4. Habitat et biologie.....	15
2.3.2.5. Répartition géographique.....	15
2.4. Méthode d'étude.....	16
2.4.1. Méthode d'étude de la reproduction chez <i>Engraulis encrasicolus</i> et <i>Sardina pilchardus</i>	16
2.4.1.1. Calcul du sex-ratio.....	17
2.4.1.2. Etude du cycle sexuel.....	17
2.4.1.2.1. Calcul des indices pondéraux.....	17
2.4.1.2.1.1. Le Rapport Gonado-Somatique (RGS).....	18
2.4.1.2.1.2. Le Rapport Hépat-Somatique (RHS).....	18
2.4.1.2.1.3. Le coefficient de condition (K).....	18
2.4.1.2.2. Examen et suivi macroscopique des gonades.....	19
2.4.1.2.3. Estimation de la taille à la 1 ^{ère} maturité sexuelle.....	21
2.4.1.2.4. Examen microscopique des ovaires.....	22
2.4.1.2.5. Techniques utilisées pour l'étude de la fécondité.....	22
2.4.1.2.5.1. Méthode d'étude de la fécondité individuelle absolue.....	22

2.4.1.2.5.2. Méthode d'étude de la fécondité relative.....	24
2.4.1.2.5.3. Relations liant la fécondité absolue et les paramètres métriques et pondéraux.....	24
2.4.2. Méthode d'étude de l'âge et de la croissance chez <i>Engraulis encrasicolus</i> et <i>Sardina pilchardus</i>	25
2.4.2.1. Méthode d'étude de l'âge.....	25
2.4.2.2. Choix du modèle de croissance.....	25
2.4.2.2.1. Croissance linéaire absolue.....	25
2.4.2.2.2. Croissance relative (relation taille – poids).....	27
2.4.2.2.3. Croissance pondérale absolue.....	28
3. RESULTATS	29
3.1. Résultats de la reproduction chez <i>Engraulis encrasicolus</i> et <i>Sardina pilchardus</i>	29
3.1.1. Tailles et poids moyens	29
3.1.2. Structure de la population.....	30
3.1.3. Sex-ratio.....	31
3.1.3.1. Variations du sex-ratio en fonction de la taille.....	32
3.1.3.2. Variations du sex-ratio en fonction des saisons.....	33
3.1.4. Cycles sexuels	35
3.1.4.1. Indices pondéraux.....	35
3.1.4.1.1. Rapport gonado-somatique.....	35
3.1.4.1.2. Rapport hépato-somatique.....	37
3.1.4.1.3. Coefficients de condition.....	39
3.1.4.2. Examen macroscopique des gonades et stades de maturité sexuelle.....	41
3.1.4.2.1. Variations mensuelles des stades de maturité sexuelle.....	44
3.1.4.2.2. Taille à la 1 ^{ère} maturité sexuelle.....	46
3.1.4.3. Examen microscopique des ovaires et stratégie de ponte.....	49
3.1.4.3.1. Aspect microscopique des ovaires d' <i>Engraulis encrasicolus</i> et de <i>Sardina pilchardus</i>	49
3.1.4.3.1.1. Structure histologique des ovaires immatures.....	50
3.1.4.3.1.2. Structure histologique des ovaires en maturation.....	50
3.1.4.3.1.3. Structure histologique des ovaires matures.....	51
3.1.4.3.1.4. Structure histologique des ovaires en reproduction.....	51
3.1.4.3.1.5. Structure histologique des ovaires en post-ponte partielle.....	52
3.1.4.3.1.6. Structure histologique des ovaires en post-ponte finale.....	52
3.1.4.3.1.7. Structure histologique des ovaires en repos sexuel.....	53

3.1.4.3.2. Diamètres ovocytaires.....	56
3.1.4.3.3. Dynamique ovocytair e	56
3.1.4.3.4. Fécondité chez <i>Engraulis encrasicolus</i> et <i>Sardina pilchardus</i>	59
3.1.4.3.4.1. Fécondité individuelle absolue et fécondité relative chez <i>Engraulis encrasicolus</i>	59
3.1.4.3.4.2. Fécondité individuelle absolue et fécondité relative chez <i>Sardina pilchardus</i>	62
3.1.4.3.5. Stratégie de ponte chez <i>Engraulis encrasicolus</i> et <i>Sardina pilchardus</i>	64
3.2. Résultats de l'âge et de la croissance chez <i>Engraulis encrasicolus</i> et <i>Sardina pilchardus</i>	66
3.2.1. Estimation de l'âge	66
3.2.2. Modélisation de la croissance.....	68
3.2.2.1. Croissance linéaire absolue.....	68
3.2.2.1.1. Courbes de croissance linéaire.....	70
3.2.2.1.2. Accroissement linéaire théorique.....	72
3.2.2.2. Croissance relative.....	74
3.2.2.3. Croissance pondérale absolue.....	78
3.2.2.3.1. Courbes de croissance pondérale.....	79
3.2.2.3.2. Accroissement pondéral théorique	81
4. DISCUSSION	83
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	95
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	98

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Carte satellitaire montrant la localisation de la zone d'étude située à l'extrême Nord Est de l'Algérie (LEA) entre Cap Roux à l'Est et Cap Rosa à l'Ouest (Google earth, 2015 modifié).	06
2	Image satellitaire montrant les 2 ports de pêche d'El Kala (A) (Google earth, 2015 modifié) et photographie montrant la flottille de pêche et les types d'embarcations de l'ancien port d'El Kala (B). CO, la côte; PI, presqu'île; JP, jetée principale; JS, jetée secondaire; pointillés rouges, chalutiers; pointillés verts, sardiniers; pointillés jaunes, petits métiers.	08
3	Photographies montrant des spécimens d'anchois, <i>E. encrasicolus</i> (A) et de sardine, <i>S. pilchardus</i> (B) lors d'un échantillonnage.	09
4	Photographies montrant la morphologie externe d' <i>E. encrasicolus</i> . A, corps très élancé et mince; B, dos bleu-vert à gris clair; C, tête avec museau pointu (pointillés jaunes) et une bouche oblique (pointillés rouges) largement fondue (flèche verte).	11
5	Répartition géographique d' <i>E. encrasicolus</i> (www.fishbase.org). L'échelle des couleurs illustre l'occurrence d'apparition de l'espèce dans les zones indiquées. Noter que pour l'Algérie cette occurrence oscille entre 0.8 et 1.	12
6	Photographies montrant la morphologie externe de <i>S. pilchardus</i> . A, corps couvert d'écailles caduques sauf sur la tête; B, tête avec museau légèrement pointu (pointillés jaunes) et opercule orné de stries rayonnantes (pointillés rouges); C, rangée horizontale de taches sombres peu accentuées sur le flanc (pointillés verts).	14
7	Répartition géographique de <i>S. pilchardus</i> (www.fishbase.org). L'échelle des couleurs illustre l'occurrence d'apparition de l'espèce dans les zones indiquées. Noter que pour l'Algérie cette occurrence est comprise entre 0.8 et 1.	16
8	Photographies de dissections d'abdomens d' <i>E. encrasicolus</i> (A) et de <i>S. pilchardus</i> (B) en période de reproduction, montrant la localisation et l'aspect macroscopique des ovaires d' <i>E. encrasicolus</i> (pointillés jaunes) et de <i>S. pilchardus</i> (pointillés verts) dans la cavité abdominale. Noter la différence de taille entre les 2 ovaires (O* et O**) reliés par un filament d'attache (cercle rouge) passant par dessus la vessie natatoire (v) (C).	19
9	Structure de la population d' <i>E. encrasicolus</i> et de <i>S. pilchardus</i> du LEA. M, proportion des mâles; F, proportion des femelles; I, proportion des individus immatures et à sexe non déterminé; TM, taux de masculinité; TF, taux de féminité.	31
10	Variations du sex-ratio en fonction de la taille chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA. N.S, différence non significative; S*, différence significative; S**, différence hautement significative; S***, différence très hautement significative.	32
11	Variations du sex-ratio en fonction de la taille chez <i>S. pilchardus</i> du LEA. N.S, différence non significative; S*, différence significative; S**, différence hautement significative; S***, différence très hautement significative.	33
12	Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA. S**, différence hautement significative; S***, différence très hautement significative.	34
13	Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez <i>S. pilchardus</i> du LEA. N.S, différence non significative; S***, différence très hautement significative.	34

14	Variations mensuelles du RGS chez les mâles et les femelles d' <i>E. encrasicolus</i> (A) et de <i>S. pilchardus</i> (B) du LEA.	36
15	Variations mensuelles du RHS chez les mâles et les femelles d' <i>E. encrasicolus</i> (A) et de <i>S. pilchardus</i> (B) du LEA.	38
16	Variations mensuelles du coefficient de condition chez les mâles et les femelles d' <i>E. encrasicolus</i> (A) et de <i>S. pilchardus</i> (B) du LEA.	40
17	Variations mensuelles des proportions des 5 stades de maturité sexuelle chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	45
18	Variations mensuelles des proportions des 5 stades de maturité sexuelle chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	46
19	Taille à la 1 ^{ère} maturité sexuelle chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) d' <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	47
20	Taille à la 1 ^{ère} maturité sexuelle chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) de <i>S. pilchardus</i> du LEA.	48
21	Microphotographies optiques de la structure histologique des ovaires d' <i>E. encrasicolus</i> à différents stades de maturité. A: Ovaire immature, B: Ovaire en maturation, C: Ovaire mature (pré-ponte), D: Ovaire en reproduction (ponte), E: Ovaire en post-ponte finale, F: Ovaire en repos sexuel. Coloration à l'Hémalun-Eosine. Flèche, ovocyte immature prépérinucléaire (Opp) et périnucléaire (Op); Flèche brisée, ovocytes pré-vitellogénique; Ov I, ovocyte vitellogénique primaire; Ov II, ovocyte vitellogénique secondaire; Ov III, ovocyte vitellogénique tertiaire; Oh, ovocyte hyalin détaché de son follicule (en expulsion); Tête de flèche, thèque externe décollé; Fpo, follicule post-ovulatoire; Ova, ovocyte vitellogénique atrétique; Fo, follicule atrétique; Lo, lumière ovarienne; Nu, noyau avec nucléoles périphériques; Zr, <i>zona radiata</i> ; g, vésicule germinative; Od, gouttelettes lipidiques; Es, espace interfolliculaire.	54
22	Microphotographies optiques de la structure histologique des ovaires de <i>S. pilchardus</i> à différents stades de maturité. A: Ovaire immature, B: Ovaire en maturation, C: Ovaire mature (pré-ponte), D: Ovaire en reproduction (ponte), E: Ovaire en post-ponte finale, F: Ovaire en repos sexuel. Coloration à l'Hémalun-Eosine. Flèche, ovocyte immature prépérinucléaire (Opp) et périnucléaire (Op); Flèche brisé, ovocyte pré-vitellogénique; Ov I, ovocyte vitellogénique primaire; Ov II, ovocyte vitellogénique secondaire; Ov III, ovocyte vitellogénique tertiaire; Oh, ovocyte hyalin irrégulier en expulsion; Ova, ovocyte vitellogénique atrétique; Tête de flèche, thèque externe décollé; Fo, follicule atrétique; Zr, <i>zona radiata</i> ; Nu, noyau avec nucléoles périphériques; g, vésicule germinative; Od, gouttelettes lipidiques; Es, espace interfolliculaire.	55
23	Distribution des fréquences des diamètres ovocytaires chez les ovaires d' <i>E. encrasicolus</i> du LEA. A: Avril (Lt = 13.5 cm); B: Mai (Lt = 15.2 cm); C: Juin (Lt = 14.7 cm); D: Juillet (Lt = 16.4 cm); E: Août (Lt = 15.3 cm); F: Août (Lt = 15.3 cm).	57
24	Distribution des fréquences des diamètres ovocytaires chez les ovaires de <i>S. pilchardus</i> du LEA. A: Janvier (Lt = 16.5 cm); B: Novembre (Lt = 15 cm); C: Décembre (Lt = 14.5 cm); D: Janvier (Lt = 14.6 cm); E: Février (Lt = 15.7 cm); F: Décembre (Lt = 16.5 cm).	58
25	Microphotographies d'œuf d' <i>E. encrasicolus</i> (A), avec espace péri-vitellin restreint, et de <i>S. pilchardus</i> (B), avec espace péri-vitellin large. Boules jaunes, vitellus abondant et lâche; petite boule rouge, espace péri-vitellin restreint; grande boule rouge, espace péri-vitellin large.	59

26	Relations d'allométrie entre la fécondité individuelle absolue et le poids total (A), le poids somatique (B), le poids des gonades (C) et la longueur totale (D) d' <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	61
27	Relations d'allométrie entre la fécondité individuelle absolue et le poids total (A), le poids somatique (B), le poids des gonades (C) et la longueur totale (D) de <i>S. pilchardus</i> du LEA.	63
28	Schéma récapitulatif des 3 phases du cycle sexuel et de la dynamique de ponte chez <i>E. encrasicolus</i> et <i>S. pilchardus</i> du LEA. I: Phase de maturation, II: phase de ponte, III: phase de récupération. 1, immature; 2, maturation; 3, mature; 4, en reproduction (ponte); 5a, post-ponte partielle; 5b, post-ponte finale; 6, repos sexuel.	65
29	Décomposition des fréquences de tailles, chez <i>E. encrasicolus</i> (A) et <i>S. pilchardus</i> (B), en cohortes par la méthode de Bhattacharya (1967).	67
30	Proportion des 4 groupes d'âge par rapport à la population totale chez <i>E. encrasicolus</i> et chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	68
31	Courbe de croissance linéaire théorique chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA, montrant la croissance linéaire d' <i>E. encrasicolus</i> (Lt, cm) vers sa taille asymptotique (L_{∞} , cm) en fonction du temps (âge, an).	70
32	Courbe de croissance linéaire théorique chez <i>S. pilchardus</i> du LEA, montrant la croissance linéaire de <i>S. pilchardus</i> (Lt, cm) vers sa taille asymptotique (L_{∞} , cm) en fonction du temps (âge, an).	71
33	Courbes de croissance linéaire observée et théorique et de l'accroissement linéaire théorique chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	72
34	Courbes de croissance linéaire observée et théorique et de l'accroissement linéaire théorique chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	73
35	Relation taille - poids chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) d' <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	75
36	Relations taille - poids chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) de <i>S. pilchardus</i> du LEA.	77
37	Courbe de croissance pondérale théorique chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA, montrant la croissance pondérale d' <i>E. encrasicolus</i> (Pt, g) vers son poids asymptotique (P_{∞} , g) en fonction du temps (âge, an).	79
38	Courbe de croissance pondérale théorique chez <i>S. pilchardus</i> du LEA, montrant la croissance pondérale de <i>S. pilchardus</i> (Pt, g) vers son poids asymptotique (P_{∞} , g) en fonction du temps (âge, an).	80
39	Courbes de croissance pondérale théorique et de l'accroissement pondéral théorique chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	81
40	Courbes de croissance pondérale théorique de l'accroissement pondéral théorique chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	82

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Caractéristiques techniques des 2 ports de pêche d'El Kala (DPRH, 2014). ml, mètre linéaire; ha, hectare.	07
2	Position systématique de l'anchois européen.	10
3	Position systématique de la sardine européenne.	13
4	Echelle macroscopique de maturité sexuelle choisie pour les mâles et les femelles d' <i>E. encrasicolus</i> et de <i>S. pilchardus</i> (Fontana, 1969).	20
5	Distribution des tailles (Lt) et des poids (Pt) chez la population totale (PT), les mâles (M) et les femelles (F) d' <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	29
6	Distribution des tailles (Lt) et des poids (Pt) chez la population totale (PT), les mâles (M) et les femelles (F) de <i>S. pilchardus</i> du LEA.	30
7	Sex-ratio global, en période de reproduction et hors période de reproduction chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA . SR, sex-ratio; CA, cycle annuel; PR, période de reproduction; HPR, hors période de reproduction; χ^2_{obs} , valeur observée de khi-deux; $\chi^2_{1-\alpha}$, valeur théorique de khi-deux; N.S, différence non significative; S***, différence très hautement significative.	31
8	Sex-ratio global, en période de reproduction et hors période de reproduction chez <i>S. pilchardus</i> du LEA. SR, sex-ratio; CA, cycle annuel; PR, période de reproduction; HPR, hors période de reproduction; χ^2_{obs} , valeur observée de khi-deux; $\chi^2_{1-\alpha}$, valeur théorique de khi-deux; S**, différence hautement significative; S***, différence très hautement significative.	32
9	Aspect macroscopique des ovaires d' <i>E. encrasicolus</i> et de <i>S. pilchardus</i> à différents stades de maturité sexuelle.	42
10	Aspect macroscopique des testicules d' <i>E. encrasicolus</i> et de <i>S. pilchardus</i> à différents stades de maturité sexuelle.	43
11	Diamètres ovocytaire chez <i>E. encrasicolus</i> et chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	56
12	Valeurs de la fécondité individuelle absolue et de la fécondité relative estimées chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	60
13	Relations entre la fécondité individuelle absolue et les paramètres pondéraux et métriques chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	60
14	Valeurs de la fécondité individuelle absolue et de la fécondité relative estimées chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	62
15	Relations entre la fécondité individuelle absolue et les paramètres pondéraux et métriques chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	62
16	Représentation des groupes d'âges chez <i>E. encrasicolus</i> et <i>S. pilchardus</i> du LEA, obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967).	66
17	Représentation des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy établis chez la population d' <i>E. encrasicolus</i> du LEA. L_{∞} , longueur asymptotique; K, coefficient de croissance; t_0 , âge théorique.	69
18	Représentation des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy établis chez la population de <i>S. pilchardus</i> du LEA. L_{∞} , longueur asymptotique; K, coefficient de croissance; t_0 , âge théorique.	69
19	Représentation des longueurs moyennes théoriques aux différents âges (Clé âge - longueur) et équations de croissance linéaire chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	70
20	Représentation des longueurs moyennes théoriques aux différents âges (Clé âge - longueur) et équations de croissance linéaire chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	71

21	Représentation des valeurs de la longueur observée et théorique et de l'accroissement linéaire chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	72
22	Représentation des valeurs de la longueur observé et théorique et de l'accroissement linéaire chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	73
23	Relations liant la taille au poids et types d'allométrie chez la population totale (PT), les mâles (M) et les femelles (F) d' <i>E. encrasicolus</i> du LEA. AM, allométrie majorante; t_{obs} , valeur observée (calculée) de t ; $t_{(1-\alpha/2)}$, valeur théorique de t .	74
24	Relations liant la taille au poids et types d'allométrie chez la population totale (PT), les mâles (M) et les femelles (F) de <i>S. pilchardus</i> du LEA. AM, allométrie majorante; ISO, isométrie; t_{obs} , valeur observée de t ; $t_{(1-\alpha/2)}$, valeur théorique de t .	76
25	Représentation des paramètres de l'équation de croissance pondérale établis chez la population d' <i>E. encrasicolus</i> du LEA. P_{∞} , Poids asymptotique; K , t_0 , paramètres de l'équation de Von Bertalanffy; b , coefficient d'allométrie.	78
26	Représentation des paramètres de l'équation de croissance pondérale établis chez la population de <i>S. pilchardus</i> du LEA. P_{∞} , Poids asymptotique; K , t_0 , paramètres de l'équation de Von Bertalanffy; b , coefficient d'allométrie.	78
27	Représentation des poids moyens théoriques aux différents âges et équations de croissance pondérale chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	79
28	Représentation des poids moyens théoriques aux différents âges et équations de croissance pondérale chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	80
29	Représentation des valeurs du poids théorique et de l'accroissement pondéral théorique chez <i>E. encrasicolus</i> du LEA.	81
30	Représentation des valeurs du poids théorique et de l'accroissement pondéral théorique chez <i>S. pilchardus</i> du LEA.	82

Liste des acronymes

CGPM: Commission Générale des Pêches en Méditerranée.

CNEPRU: Commission Nationale d'Evaluation et de Prospective de la Recherche Universitaire.

CNRDPA: Centre National de Recherche de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

CNUDM: Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer.

CNUED: Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement.

COPEMED: Projet de Coopération en matière de Pêche en Méditerranée.

DPRH: Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

EGPP: Entreprise de Gestion des Ports de Pêche d'Algérie.

ENSSMAL: Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organisation).

Ifremer: Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.

ISTPM : Institut Spécialisé de Technologie des Pêches Maritimes

LEA: Littoral Extrême Est Algérien

MADRP: Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.

MPRH: Ministre de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

PNEK: Parc National d'El Kala.

PNR: Programme National de Recherche.

PP: Petit pélagique.

Résumé

La biologie de la reproduction, l'âge et la croissance de l'anchois, *Engraulis encrasicolus* et de la sardine, *Sardina pilchardus* du littoral extrême Est algérien (LEA) ont été étudiés durant un cycle annuel. Chez ces 2 Téléostéens pélagiques, le pourcentage des mâles et des femelles varie en fonction de la taille et des saisons avec un sex-ratio constant chez l'anchois et en faveur des femelles chez la sardine. Chez la population totale d'*E. encrasicolus*, la taille à la 1^{ère} maturité sexuelle (L_{m50}) est atteinte à une longueur totale de 10.40 cm avec 10.71 cm chez les mâles et 9.86 cm chez les femelles alors que chez *S. pilchardus*, la L_{m50} est atteinte à 11.09 cm avec 11.56 cm chez les mâles et 11,37 cm chez les femelles. Les variations mensuelles du RGS couplé aux observations macro et microscopiques des ovaires situent la période de reproduction chez l'anchois entre mars et octobre avec une ponte estivale début mai alors que la sardine se reproduit entre octobre et avril et pond en janvier. L'anchois comme la sardine sont des poissons gras à grand potentiel reproductif qui émettent leurs œufs pélagiques d'une manière fractionnée. La fécondité individuelle absolue chez *E. encrasicolus* varie entre 5222 et 50390 ovocytes / femelle mature avec une moyenne de 24757 ± 13222 ovocytes alors que la fécondité relative fluctue entre 387 et 1976 ovocytes / g de poids somatique. Chez *S. pilchardus*, la fécondité individuelle absolue est comprise entre 10288 et 45386 ovocytes avec une moyenne de 21433 ± 9067 ovocytes. La fécondité relative de la sardine oscille entre 487 et 1508 ovocytes / g de poids somatique. Chez les 2 espèces, il existe une forte corrélation entre la fécondité individuelle absolue et le poids total, le poids somatique, le poids des ovaires et la longueur totale ($P < 0.05$). Les longévités de l'anchois et de la sardine sont proches l'une de l'autre et estimées à 4 ans. Les paramètres des croissances linéaire et pondérale sont: $L_{\infty} = 18.25$ cm, $K = 0.74$ an⁻¹, $P_{\infty} = 35.09$ g chez l'anchois et $L_{\infty} = 20.02$ cm, $K = 0.34$ an⁻¹, $P_{\infty} = 57.31$ g chez la sardine. Les relations liant la taille au poids sont de type allométrie majorante avec $b > 3$.

Mot-clés: Anchois, Sardine, Maturité sexuelle, Reproduction, Croissance, Algérie.

Abstract

Reproduction, age and growth of anchovy, *Engraulis encrasicolus* and sardine, *Sardina pilchardus*, from El Kala area off the extreme Eastern Algeria were studied during an annual cycle. In anchovy, annual sex ratio is not significantly different from the 1:1 ratio. In sardine, the sex-ratio is in favor of females. For both species, male and female percentages varied with size and with season. The size at 50% maturity (L_{m50}) of anchovy was 10.40 cm in both sexes, 10.71cm in males and 9.86 cm in females. In sardine, the value of L_{m50} was 11.09 in both sexes, 11.56 cm in males and 11,37cm in females. When sexual maturity is reached, anchovies spawn between March and October with one peak spawning in May. Sardines spawn between October and April with one peak spawning in January. Ovary histological analysis showed that vitellogenesis extends from March to October in anchovy and from October to April in sardine. Anchovy and sardine are multiple-spawning small pelagic fishes which reproduce by asynchronous oocyte development. In anchovy, absolute fecundity ranged between 5222 and 50390 (mean 24757 ± 13222) oocytes per spawning female. Anchovy relative fecundity ranged between 387 and 1976 oocytes /g of somatic weight. In sardine, absolute fecundity ranged between 10288 and 45386 (mean 21433 ± 9067) oocytes per spawning female. Sardine relative fecundity ranged between 487 and 1508 oocytes per gram of somatic weight. In both species, a strong correlation exists between absolute fecundity and total weight, somatic weight, ovary weight and total length ($P < 0.05$). The anchovy and sardine populations reached 4 years. Anchovy growth parameters are: $L_{\infty} = 18.25$ cm, $K = 0.74$ yr/cm, $P_{\infty} = 35.09$ g. Sardine growth parameters are: $L_{\infty} = 20.02$ cm, $K = 0.34$ yr/cm, $P_{\infty} = 57.31$ g. Length-weight relationships of anchovy and sardine indicated a positive allometric growth ($b > 3$).

Keywords: Anchovy, Sardine, Sexual maturity, Spawning, Growth, Algeria.

ملخص

تمت دراسة بيولوجيا التكاثر، العمر ونمو الأنشوجة والسردين في أقصى الساحل الشرقي الجزائري خلال دورة سنوية. لدى هذه الأسماك، نسبة الذكور والإناث تختلف تبعا للطول والمواسم بنسبة جنس ثابتة في الأنشوجة ونحو الإناث في السردين. بلغ طول أول نضج جنسي لدى الأنشوجة 10.40 سم إلى 10.71 سم للذكور و 9.86 سم عند الإناث بينما في السردين طول أول نضج جنسي 11.09 سم مع 11.56 سم للذكور و 11.37 سم عند الإناث.

إلى جانب الملاحظات العيانية والمجهريّة من المبايض تبين الفترة الإنجابية في الأنشوجة بين مارس وأكتوبر في حين يتكاثر السردين بين أكتوبر وأبريل.

الأنشوجة والسردين هي أسماك دهنية ذات إمكانية إنجابية كبيرة. الخصوبة الفردية المطلقة للأنشوجة تتراوح ما بين 5222 و 50390 بويضة ناضجة بمعدل 24757 ± 13222 بويضة بينما الخصوبة النسبية تتقلب بين 387 و 1976 بويضة / غرام من الوزن الجسدي. في السردين الخصوبة الفردية المطلقة ما بين 10288 و 4538 بويضة بمتوسط 21433 ± 9067 بويضة.

الخصوبة النسبية لدى السردين تتراوح ما بين 487 و 1508 بويضة / غرام من الوزن الجسدي.

هناك علاقة قوية بين الخصوبة المطلقة الفردية والوزن الكلي، الوزن الجسدي، وزن المبيض و الطول الإجمالي

عمر السردين والأنشوجة هي قريبة من بعضها البعض، وتقدر ب 4 سنوات. معايير النمو الطولي و الوزني

عند الأنشوجة. $L_{\infty} = 18.25 \text{ cm}$, $K = 0.74 \text{ an}^{-1}$, $P_{\infty} = 35.09 \text{ g}$

عند السردين. $L_{\infty} = 20.02 \text{ cm}$, $K = 0.34 \text{ an}^{-1}$, $P_{\infty} = 57.31 \text{ g}$

كلمات البحث: الأنشوجة، السردين، النضج الجنسي، التكاثر، النمو، الجزائر.

1. INTRODUCTION

Le poisson est une source importante de protéines animales. Une portion de 150 g de poisson peut fournir de 50 à 60% environ des besoins protéiques journaliers d'un adulte. En 2010, le poisson a représenté 16.7% de l'apport en protéines animales de la population mondiale et 6.5% de toutes les protéines consommées (FAO, 2014).

Le poisson et les pêcheries font partie intégrante de la plupart des sociétés et contribuent à la santé et au bien-être économiques et sociaux dans de nombreux pays et régions. La production mondiale de poisson a régulièrement augmenté au cours des 5 dernières décennies et l'offre de poisson destiné à la consommation a progressé avec un taux de croissance annuel moyen de 3.2%, soit un taux plus élevé que celui de la population mondiale qui s'est établi à 1.6% (FAO, 2014). En 2008, près de 81% de la production mondiale de poisson sont destinés à la consommation humaine et la consommation par habitant est passé de 9.9 kg par habitant en 1960 à 19.2 kg en 2012 (FAO, 2014). Pour répondre à cette demande croissante en poisson et autres produits de la mer, la production mondiale de la pêche maritime a augmenté de manière constante, passant de 19 millions de tonnes en 1950 pour atteindre son niveau maximal en 1996, avec 86.4 millions de tonnes, avant d'amorcer une tendance à la baisse qui se poursuit depuis. Selon les chiffres officiels, la production mondiale était de 82.6 millions de tonnes en 2011 et de 79.7 millions de tonnes en 2012 (FAO, 2014).

Malgré l'importance et la valeur considérable des pêcheries, les ressources halieutiques souffrent des conséquences conjuguées de l'exploitation massive et, dans certains cas, de la dégradation de l'environnement. Selon les statistiques de la FAO, il a été estimé qu'en 2011, 28.8% des stocks de poissons sont surexploités, ce qui signifie que les captures sont supérieures au niveau qui permettrait aux stocks halieutiques d'atteindre un niveau de stock durable, 61.3% sont pleinement exploités, c'est-à-dire que les prises atteignent ou avoisinent le rendement constant maximal, et seulement 9.9% sont sous-exploités (FAO, 2014). Selon Worm *et al.* (2009), 63% des stocks de poissons évalués dans le monde entier ont encore besoin de reconstruction, et des taux d'exploitation plus faibles sont nécessaires pour éviter l'effondrement des espèces vulnérables. La situation est plus inquiétante en Méditerranée où 78% des stocks de poissons font l'objet d'une surpêche (CGPM, 2011). Cette situation inacceptable tient à de nombreuses raisons, mais les motifs essentiels se résument tous en une mauvaise gestion des pêcheries dans la plupart des pays.

La nécessité d'assurer un développement durable des pêcheries est prescrite à la fois par la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer (CNUDM) et la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED). Elle est expressément formulée dans le code de conduite pour une pêche responsable de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO, 1999) qui donne au concept et aux principes de développement durable un caractère plus opérationnel. Dans ce contexte, la préservation et la gestion raisonnée des ressources halieutiques sont devenues une priorité mondiale avec une attention particulière portée aux petits poissons pélagiques dont la pêche et l'industrie de transformation font vivre 10 à 12% de la population mondiale (FAO, 2014).

Les poissons pélagiques, également appelés «poissons bleus», vivant entre la surface et le fond (appelée zone pélagique où colonne d'eau) entre 0 et -200 m. Les petits poissons pélagiques (PP) regroupent plusieurs centaines d'espèces qui se caractérisent par des migrations horizontale et verticale dans les eaux côtières (Fréon *et al.*, 2005). Ils constituent la plus grande part des captures marines mondiales avec 19.9 million de tonnes en 2009 soit 22% des captures mondiales totales (FAO, 2011).

Les PP sont des espèces clés dans la chaîne trophique marine et leur présence est nécessaire pour maintenir l'équilibre des écosystèmes (Smith *et al.*, 2011). Étant planctonophages, ils peuvent exercer un contrôle sur l'abondance du zooplancton qu'ils consomment, contrôle «top-down» ou bien sur celle de leurs propres prédateurs, contrôle «bottom-up» selon les situations (Bakun, 1996). Des effondrements de populations de sardines et d'anchois ont été accompagnés par des fortes baisses de la quantité d'oiseaux et de mammifères marins (Chavez *et al.*, 2003). Par conséquent, des changements majeurs dans l'abondance de ces espèces peuvent être accompagnés par des changements marqués dans la structure de l'écosystème (Alheit *et al.*, 2009).

Les PP sont connus pour leur grande sensibilité aux variations saisonnières et annuelles de l'environnement et pour la forte variabilité de leur biomasse et de leur recrutement. Les exemples de l'anchois du Pérou (*Engraulis ringens*) et de la sardine du Pacifique (*Sardinops sagax*) illustrent bien les cas d'effondrements spectaculaires des pêcheries et d'économie halieutique (Durand, 1991; Schwartzlose *et al.*, 1999) rendant compte de la fragilité de ces ressources et de leur vulnérabilité à la surexploitation.

Dans le bassin Méditerranéen, les PP comme l'anchois, la sardine, l'allache, le maquereau ou encore le sprat totalisent, sur la période de 3 ans, entre 2009 et 2011, 54% des débarquements totaux annuels de pêche. Parmi eux, l'anchois et la sardine sont les espèces les

plus importantes en termes d'intérêt commercial et de biomasse (Lleonart, 2015). Ces dernières sont ciblées depuis 1950 par la pêche industrielle pour la fabrication de farine et d'huile de poisson (Jemaa, 2014).

En Méditerranée, les principaux stocks de PP sont soumis à une forte variation interannuelle de leur abondance, principalement pour des raisons environnementales. En général, ces stocks sont considérés comme étant pleinement exploités, en particulier en ce qui concerne les anchois et les sardines pour lesquels la demande sur les marchés s'est accrue (Mesnildrey *et al.*, 2010; FAO, 2014).

En Algérie, le secteur de la pêche et des ressources halieutiques revêt un caractère stratégique, de par ses capacités à contribuer à l'émergence d'une économie productive nationale et à la création et la préservation de l'emploi, mais également par son aptitude à participer à l'amélioration de la sécurité alimentaire du pays (MPRH, 2014).

L'Algérie a participé au projet COPEMED de la FAO, Projet de Coopération en matière de Pêche en Méditerranée dont le but principal était de renforcer la collaboration scientifique entre les pays de la Méditerranée Occidentale pour une gestion durable des pêcheries surtout les stocks de PP.

Depuis 1962, six campagnes d'évaluation des ressources halieutiques des côtes algériennes ont été effectuées. Quatre dans le cadre de coopération (FAO en 1974, institut Bergen en 1979, ISTPM en 1982 et Visconde de Eza en 2003 et 2004) et après l'acquisition d'un navire de recherche en 2010 (Grine Belkacem), 2 autres campagnes sont effectuées par des scientifiques algériens en 2011 et 2012 pour respectivement, les pélagiques et les démersaux. Les résultats de ces 2 dernières ne sont pas encore disponibles.

La campagne effectuée par le navire océanographique «Visconde de Eza» en 2003 et 2004, dans le cadre de la coopération Algéro-espagnole, a estimé le potentiel halieutique à 220 000 tonnes avec 187 000 tonnes de pélagiques soit 85% du total capturé (MPRH, 2004). Cette dominance de pélagique, est le facteur principal qui explique les fluctuations annuelles des débarquements totaux.

La pêche des PP en Algérie porte essentiellement sur l'anchois, *Engraulis encrasicolus*, la sardine, *Sardina pilchardus* et la sardinelle, *Sardinella aurita*, Téléostéens pélagiques dont l'exploitation a une importance stratégique sur le plan économique et social (Bacha et Amara, 2009).

Dans le littoral Est algérien, la pêche des PP s'effectue par 2 types d'engins bien distincts: les sennes tournantes avec coulisse et les chaluts pélagiques. Selon la Direction de la

Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya d'El Tarf (DPRH, 2012), les biomasses exploitables de l'anchois et de la sardine, débarquées au port de pêche d'El Kala, ont été évaluées et classées durant les 2 dernières décennies à la 1^{ère} place avec 75% des captures des PP et environ 40% de la production halieutiques totale. Dans la région d'El Kala, ces 2 espèces fond l'objet d'une commercialisation intense.

Outre l'intérêt socio-économique, *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* présentent un intérêt scientifique certain. La connaissance de la structuration des populations et l'identification des stocks sont une phase fondamentale du processus d'aménagement et de gestion d'une pêcherie (Quetglas *et al.*, 2012). Une mauvaise identification des stocks et de leurs paramètres biologiques peut entraîner une mauvaise gestion de ces stocks et, par conséquent, les mettre en péril. La connaissance des paramètres biologiques caractérisant les stocks exploités de l'anchois et de la sardine est un préalable utile pour alimenter les modèles d'évaluation des stocks afin de mettre en place une politique rationnelle de leur gestion, éviter leur surexploitation et assurer leur pérennité.

La biologie et l'écologie d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* ont depuis fort longtemps sollicité l'attention de nombreux auteurs dans différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique. Plusieurs aspects ont été traités dont la morphologie, la biologie et la physiologie de la reproduction, l'âge, la croissance, le recrutement ou encore la génétique.

Pour l'anchois, nous citerons entre autres les travaux de Fage (1911, 1920), Erkoyuncu et Ozdamar (1989), Palomera (1992), Giraldez et Abad (1995), Lisovenko et Andrianov (1996), Bellido *et al.* (2000), Sinovčić et Zorica (2006), Zarrad *et al.* (2006), Pecquerie *et al.* (2009), Morello et Arneri (2009), Tsikliras *et al.* (2010), Somarakis *et al.* (2012), Uriarte *et al.* (2012), Guidetti *et al.* (2013), Manzo *et al.* (2013), Zupa *et al.* (2013), Politikos *et al.* (2014), Zorica *et al.* (2014), Basilone *et al.* (2015).

Pour la sardine, de nombreuses études ont été réalisées, nous citerons celles de Fage (1920), Furnestin (1945), Lee (1961), Biaz et Rami (1978), Abad et Giraldez (1993), Barkova *et al.* (2001), Ettahiri *et al.* (2003), Ganas *et al.* (2003), Silva *et al.* (2004), Coombs *et al.* (2006), Bernal *et al.* (2007), Chlaïda *et al.* (2008), Amenzoui (2010), Nikolioudakis *et al.* (2011), Nunes *et al.* (2011), Tsagarakis *et al.* (2012), Gushchin et Corten (2015).

Malgré le rôle que peut jouer l'exploitation d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* en Algérie, il existe peu de données sur leur biologie à l'exception de quelques travaux menés dans les côtes Ouest et Centre du pays. Ces derniers portent essentiellement sur la biologie de la reproduction, l'écologie et le régime alimentaire de l'anchois (Arrignon, 1966; Hemida, 1987; Djabali et Hemida, 1989; Bacha et Amara, 2009; Benmansour, 2009; Bacha *et al.*, 2010; Bacha *et al.*, 2014) et de la sardine (Bouchereau, 1981; Mouhoub, 1986; Djabali et Mouhoub, 1989; Tomasini *et al.*, 1989; Brahmi *et al.*, 1998).

Dans le littoral Est algérien, les travaux réalisés sur *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* sont rares. La biologie et l'exploitation de la sardine ont été étudiées par Bedairia et Djebar (2009), Bedairia (2011), Ladaimia *et al.* (2013), Ladaimia *et al.* (2014) et Bouhali *et al.* (2015). Quant à l'anchois, à notre connaissance, la biologie de ce PP n'a jamais été abordée dans les côtes Est algériennes à l'exception des travaux réalisés dans les golfes de Béjaia (Bacha et Amara, 2012) et de Skikda (Mezedjeri *et al.*, 2013) et dans le littoral extrême Est algérien (El Kala) (Ladaimia et Djebar, 2012; Ladaimia *et al.*, 2012 (a, b); Ladaimia *et al.*, 2013; Ladaimia *et al.*, 2014; Ladaimia *et al.*, 2016).

Notre étude s'inscrit dans le cadre de 2 projets de recherche sur les PP de l'Est algérien (Projet CNEPRU: F01120100093 et PNR: N°1/2011/2013 en collaboration avec le CNRDPA), dont l'objectif est d'étudier le cycle vital d'*Engraulis encrasicolus* et de *Sardina pilchardus*. Pour cela, 2 grandes parties ont été traitées:

La 1^{ère} partie: concerne l'étude de la reproduction où nous avons abordé les cycles sexuels d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* à travers l'étude de plusieurs paramètres dont le sex-ratio, la maturité sexuelle, la période de reproduction, la taille de 1^{ère} maturité sexuelle, l'histologie des gonades, la fécondité et la stratégie de ponte.

La 2^{ème} partie: concerne l'étude de l'âge et la modélisation de la croissance qui nous ont permis d'estimer l'âge des échantillons d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* et de suivre leur de croissance en fonction du temps.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

La présente étude a concerné le **Littoral extrême Est Algérien (LEA)**, ce dernier est sous administration de la wilaya d'El Tarf et sa principale ville est El Kala, limitée à l'Est par Cap Roux (Segleb) aux coordonnées, $36^{\circ} 56' 45''$ N - $8^{\circ} 36' 57''$ E et à l'Ouest par Cap Rosa aux coordonnées, $36^{\circ} 57' 03''$ N - $8^{\circ} 14' 35''$ E (Fig. 1).

Située dans un Parc National (PNEK), la région d'El Kala se trouve à 65 km à l'Est d'Annaba, son aire maritime s'étend sur 1484 km^2 avec un plateau continental du rivage à 100 m de profondeur recouvrant une superficie de 328 km^2 . La partie supérieure du talus continental de 100 à 500 m s'étend sur 494 km^2 et la partie inférieure entre 500 et 1000 m couvre 662 km^2 . Le linéaire côtier de la région d'El Kala s'étale sur 70 km avec une orientation Ouest-Est. La géomorphologie côtière variée, est composée de falaises, de zones rocheuses, de plages et d'îlots entourant les principaux caps (Refes, 2011).

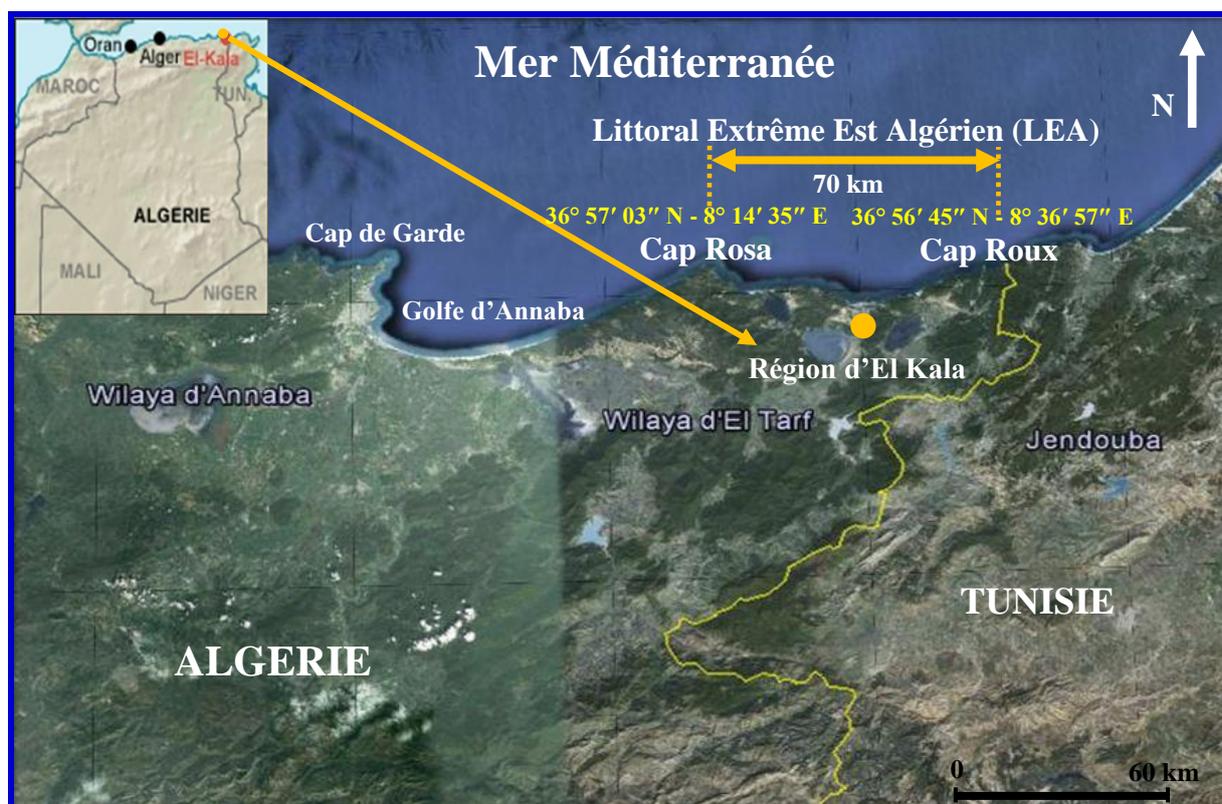


Figure 1: Carte satellitaire montrant la localisation de la zone d'étude située à l'extrême Nord Est de l'Algérie (**LEA**) entre Cap Roux à l'Est et Cap Rosa à l'Ouest (Google earth, 2015 modifié).

2.2. Provenance des échantillons

Nous avons réalisé tous nos échantillonnages, provenant des débarquements des sardiniers et des chalutiers dans l'ancien port de pêche d'El Kala, auprès des pêcheurs, des mareyeurs ou encore des poissonniers de la ville.

L'ancien port de pêche d'El Kala se trouve à 15 km du chef-lieu de la wilaya d'El Tarf aux coordonnées géographiques, 36° 54' 09" N - 06° 06' 24" E, il est rattaché à l'EGPP d'Annaba. Construit en 1925, ce port a été aménagé entre la côte et une presqu'île, ses fonds variant de 3 à 3.5 m dans les secteurs exploitables par la flottille. Il est protégé par 2 jetées, la principale de 240 m linéaire et la secondaire de 65 m linéaire en plus d'un quai de 570 m construit le long de la jetée principale (Tab. 1, Fig. 2). L'ancien port de pêche d'El Kala peut accueillir jusqu'à 80 embarcations, l'anarchie qui le règne et son exigüité influence directement sur son rendement. En plus, la pollution, l'exposition très élevée aux vents Nord-Ouest, la digue et la passe qui pénalisent les bateaux sont les principaux problèmes rencontrés. C'est pour ces raisons qu'un nouveau port, plus grand et mieux adapté, a été construit à l'Ouest de l'ancien port.

Le nouveau port d'El Kala, relancé par le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques (MPRH) en 2004, peut recueillir jusqu'à 142 embarcations. Ce port est situé aux coordonnées 36° 54' 02" N - 8° 25' 19" E. Il est protégé par 2 digues, la principale de 555 m linéaire et la secondaire de 350 m linéaire avec une longueur des quais de 780 m linéaire (Tab. 1, Fig. 2). Récemment inauguré par le Ministère de l'Agriculture, du développement Rural et de la Pêche (MADRP) et après la réalisation de son quai, le nouveau port d'El Kala est actuellement opérationnel.

Tableau 1: Caractéristiques techniques des 2 ports de pêche d'El Kala (DPRH, 2014). ml, mètre linéaire; ha, hectare.

Ancien port de pêche	
Digue principale	240 ml
Digue secondaire	65 ml
Passe d'entrée	100 m
Plan d'eau	3.9 ha
Terre-plein	1.47 ha
Capacité d'accueil	80 embarcations
Nouveau port de pêche	
Digue principale	555 ml
Digue secondaire	350 ml
Longueur des quais	780 ml
Plan d'eau	5.3 ha
Terre-plein	6.2 ha
Capacité d'accueil	142 embarcations



Figure 2: Image satellitaire montrant les 2 ports de pêche d'El Kala (A) (Google earth, 2015 modifié) et photographie montrant la flottille de pêche et les types d'embarcations de l'ancien port d'El Kala (B). CO, la côte; PI, presqu'île; JP, jetée principale; JS, jetée secondaire; pointillés rouges, chalutiers; pointillés verts, sardiniers; pointillés jaunes, petits métiers.

2.3. Matériel biologique

Deux espèces de petits pélagiques (PP) ont été étudiées, **l'anchois européen**, *Engraulis encrasicolus* (Fig. 3A) et **la sardine européenne**, *Sardina pilchardus* (Fig. 3B). Selon la DPRH de la wilaya d'El Tarf, ces dernières représentaient en 2012, 75% du total des captures de PP et environ 40% de la production halieutique totale débarquée dans l'ancien port d'El Kala.

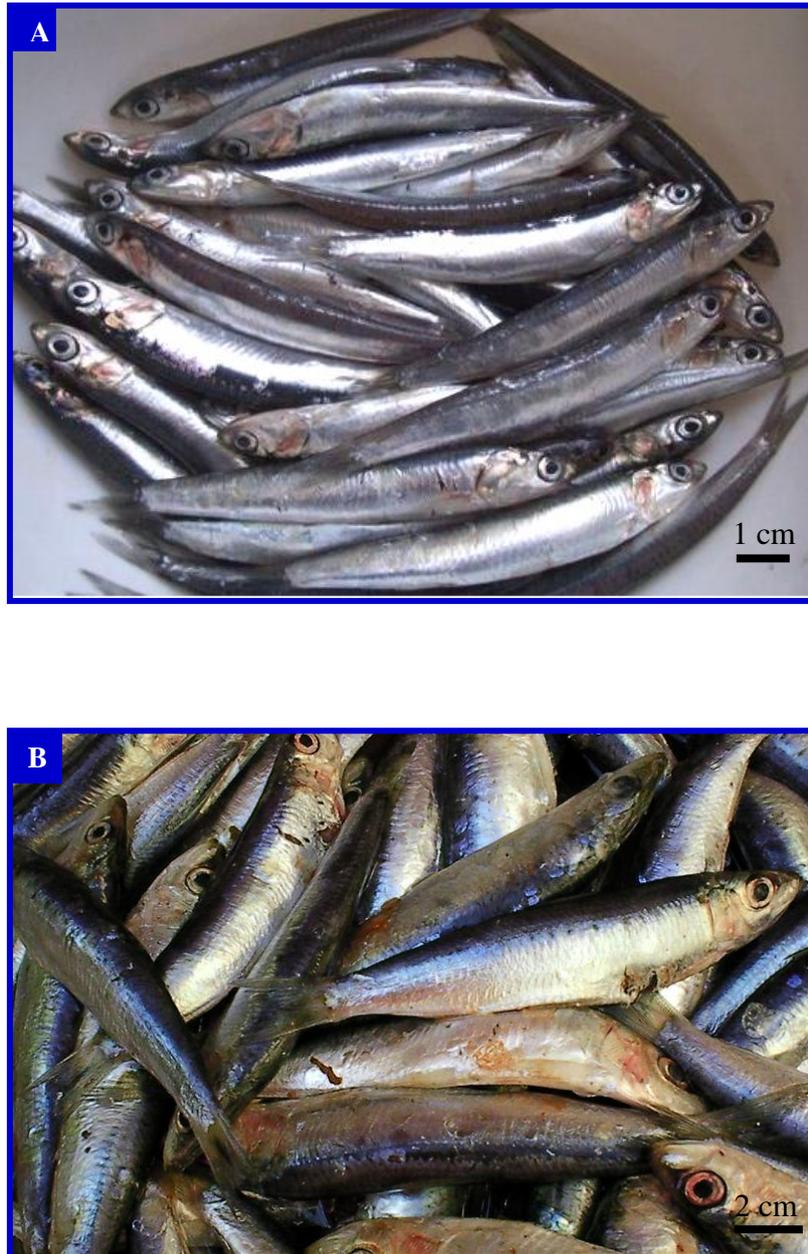


Figure 3: Photographies montrant des spécimens d'anchois, *E. encrasicolus* (A) et de sardine, *S. pilchardus* (B) lors d'un échantillonnage.

2.3.1. Caractéristiques éco-biologiques de l'anchois européen, *Engraulis encrasicolus*

L'anchois européen ou anchois commun, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) est un poisson Téléostéen, Clupéiforme de la famille des Engraulidés. Son caractère morphologique le plus remarquable est l'allongement de son museau en rostre au dessus d'une bouche inférieure largement fendue (Ba, 1988).

2.3.1.1. Position systématique

L'anchois, *Engraulis encrasicolus* occupe la position systématique suivante (Tab. 2).

Tableau 2: Position systématique de l'anchois européen.

Systématique	Noms scientifiques	Noms communs	Caractéristiques morphologiques
Embranchement	Chordata	Chordés	Animaux avec organisation complexe, définie par 3 caractères originaux: tube nerveux dorsal, chorde dorsale et tube digestif ventral. Il existe 3 grands groupes de Chordés: les Tuniciers, les Céphalocordés et les Vertébrés.
Sous-embranchement	Vertebrata	Vertébrés	Chordés possédant une colonne vertébrale et un crâne qui contient la partie antérieure du système nerveux.
Super-classe	Osteichthyes	Ostéichthyens	Vertébrés à squelette osseux.
Classe	Actinopterygii	Actinoptérygiens	Ossification du crâne ou du squelette tout entier. Poissons épineux ou à nageoires rayonnées.
Sous-classe	Neopterygii	Néoptérygiens	
Super-ordre	Teleostei	Téléostéens	Poissons à arêtes osseuses, présence d'un opercule, écailles minces et imbriquées.
Ordre	Clupeiformes	Clupéiformes	
Famille	Engraulidae	Engraulidés	Museau conique, dépassant la mâchoire inférieure, bouche infère. Poissons argentés similaires d'autres familles pas de carène de scutelles sur le profil ventral. Planctonophages.
Genre	<i>Engraulis</i>		
Espèce	<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)		

2.3.1.2. Noms scientifiques

L'anchois a reçu plusieurs dénominations citées par Demir (1965), parfois utilisées mais non valides:

Clupea encrasicolus (Asso, 1801).

Clupea encrasicolus (Ramis, 1814).

Engraulis encrasicolus (Cuvier, 1817).

Encrasicolus encrasicolus (Fleming, 1828).

Engraulis vulgaris (Nilson, 1832).

2.3.1.3. Morphologie et caractères distinctifs

L'anchois, *E. encrasicolus* est un petit poisson pélagique ayant un corps très élancé, mince et arrondi sans carène ventrale, ni de ligne de scutelles (Fig. 4A). Il possède un museau proéminent, allongé et pointu formant une sorte de rostre au dessus d'une bouche oblique et largement fendue. La mâchoire inférieure est très longue et la bouche dépasse très nettement le bord postérieur de l'œil (Fig. 4C). L'anchois possède une seule nageoire dorsale courte et insérée à peu près au milieu du corps. La nageoire caudale est fourchue avec 2 écailles modifiées et symétriques. Chez l'anchois, les écailles sont caduques, tombant facilement et la ligne latérale est invisible. La coloration bleu-vert du dos s'estompe à l'air et devient gris-claire (Fig. 4B). Quand le poisson n'a pas perdu ses écailles, les flancs ont une bande argentée bordée dorsalement d'une ligne sombre avec un ventre pâle. L'anchois peut atteindre une taille moyenne de 7 à 15 cm et un maximum de 20 cm (Fisher *et al.*, 1987).

Dans la région Est algérienne tous les Clupéidés: sardine, sardinelle, saurel, etc. sont facilement différenciés d'*E. encrasicolus* par leur corps plus haut, leurs museaux moins proéminents et leurs bouches moins fendues.

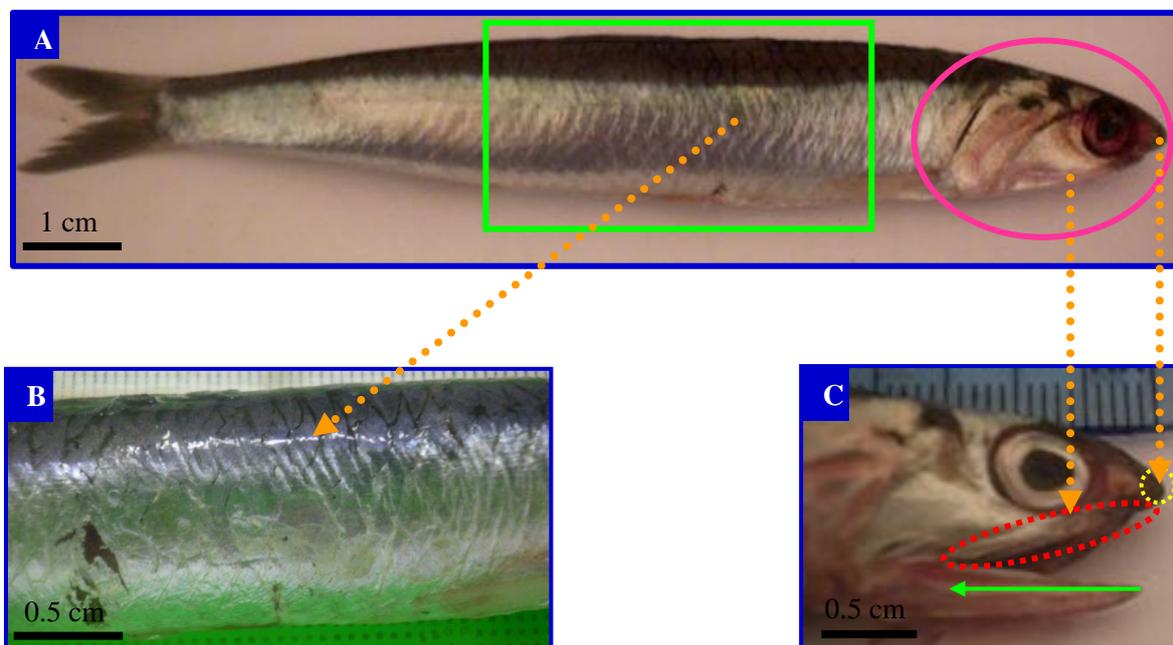


Figure 4: Photographies montrant la morphologie externe d'*E. encrasicolus*. **A**, corps très élancé et mince; **B**, dos bleu-vert à gris clair; **C**, tête avec museau pointu (pointillés jaunes) et une bouche oblique (pointillés rouges) largement fendue (flèche verte).

2.3.1.4. Habitat et biologie

L'anchois commun est un PP côtier qui vit dans des eaux peu profondes. Descendant en hiver entre -100 et -180 m de profondeur en Méditerranée et entre -60 et -70 m en mer Noire. Grégaire il forme souvent de grands bancs et effectue de longues migrations avec une affinité particulière pour les eaux légèrement dessalées. C'est une espèce euryhaline, qui apparaît régulièrement dans les estuaires et les lagunes (Fisher *et al.*, 1987; Whitehead *et al.*, 1988). L'anchois se caractérise par une croissance rapide, une maturité sexuelle précoce et une période de reproduction étalée. Sa 1^{ère} maturité sexuelle est atteinte à 1 an environ et ses œufs sont ovoïdes et pélagiques. Il se nourrit principalement de zooplancton, en particulier de copépodes, de larves de crustacés et de mollusques (Fisher *et al.*, 1987; Whitehead *et al.*, 1988; La Mesa *et al.*, 2009).

2.3.1.5. Répartition géographique

L'anchois européen, *Engraulis encrasicolus* est la seule espèce de la famille des Engraulidés qui présente une très large répartition géographique (Fig. 5). Il est réparti dans tout l'Atlantique oriental, depuis les côtes de Norvège au Nord de Bergen jusqu'en Afrique du Sud. On rencontre également cette espèce en mer Baltique, en mer du Nord, dans la Manche et dans tout le bassin méditerranéen y compris la mer Noire, la mer d'Azov, le canal et le golfe de Suez et même en Somalie (Fisher *et al.*, 1987; Whitehead *et al.*, 1988).

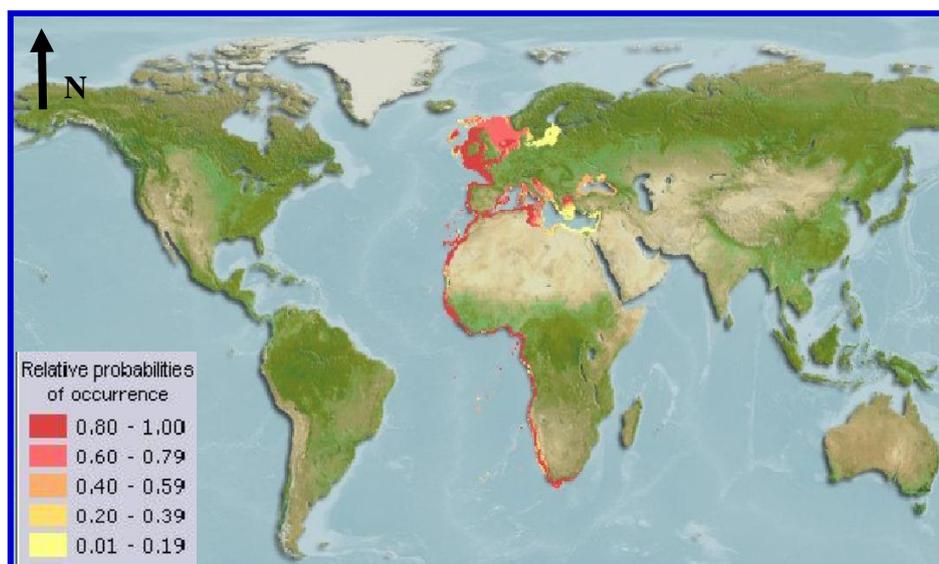


Figure 5: Répartition géographique d'*E. encrasicolus* (www.fishbase.org). L'échelle des couleurs illustre l'occurrence d'apparition de l'espèce dans les zones indiquées. Noter que pour l'Algérie cette occurrence oscille entre 0.8 et 1.

2.3.2. Caractéristiques éco-biologiques de la sardine européenne, *Sardina pilchardus*

La sardine européenne ou encore sardine commune, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) est un poisson Téléostéen, Clupéiforme de la famille des Clupéidés. Les espèces les plus communes de sardines correspondent aux genres *Sardina* et *Sardinops*.

2.3.2.1. Position systématique

La sardine dont la systématique a demeurée longtemps confuse, était d'abord considérée comme un petit hareng puis confondue avec le sprat. En 1792, Walbaum sépare la sardine du sprat et lui attribue son nom d'espèce, *Sardina pilchardus*. Les naturalistes qui lui succèdent, continuent à la nommer *Clupea sprattus*. En 1826, Risso a fait de la sardine méditerranéenne une espèce particulière et lui donne le nom de *Clupanodon sardina*, mais Cuvier, dans «le Règne animal», reprend le nom d'espèce, *Sardina pilchardus* (Lee, 1961). Dans le genre *Sardina*, il n'existe qu'une seule espèce, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), dont la systématique est la suivante (Tab. 3):

Tableau 3: Position systématique de la sardine européenne.

Systématique	Noms scientifiques	Noms communs	Caractéristiques morphologiques
Embranchement	Chordata	Chordés	Animaux avec organisation complexe, définie par 3 caractères originaux: tube nerveux dorsal, chorde dorsale, et tube digestif ventral.
Sous-embranchement	Vertebrata	Vertébrés	Chordés possédant une colonne vertébrale et un crâne qui contient la partie antérieure du système nerveux.
Super-classe	Osteichthyes	Ostéichthyens	Vertébrés à squelette osseux.
Classe	Actinopterygii	Actinoptérygiens	Ossification du crâne ou du squelette tout entier. Poissons épineux ou à nageoires rayonnées.
Sous-classe	Neopterygii	Néoptérygiens	
Super-ordre	Teleostei	Téléostéens	Poissons à arêtes osseuses, présence d'un opercule, écailles minces et imbriquées.
Ordre	Clupeiformes	Clupéiformes	
Famille	Clupeidae	Clupéidés	Poissons marins. Absence d'écailles sur la tête, certaines espèces en sont même dépourvues sur le corps. Ligne latérale courte ou absente, dents minuscules ou absentes. Planctonophages.
Genre		<i>Sardina</i>	
Espèce		<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	

2.3.2.2. Noms scientifiques

La sardine a reçu plusieurs dénominations parfois utilisées, mais non valides:

Clupea pilchardus (Bloch, 1795).

Clupanodon sardina (Risso, 1826).

Sardina pilchardus sardina (Risso, 1827).

Clupea sardinia (Lowe, 1837).

Sardina dobrogica (Antipa, 1904).

2.3.2.3. Morphologie et caractères distinctifs

La sardine commune, *S. pilchardus* est un PP, à corps élancé et de section transversale ovale avec une carène ventrale peu développée. Elle est couverte de grandes écailles, argentées et caduques sauf sur la tête (Fig. 6A). La sardine possède 2 opercules non échancrés ornés de stries rayonnantes bien marquées, avec un museau légèrement saillant (Fig. 6B), elle présente une rangée horizontale de taches sombres peu accentuées sur les flancs (Fig. 6C). La sardine ne possède pas de nageoire adipeuse et l'origine de sa nageoire dorsale est située en avant des pelviennes, son dos est verdâtre, ses flancs dorés et son ventre blanc argenté (Fischer *et al.*, 1987; Quero, 1997). Elle est commune de 15 à 20 cm et peut atteindre une taille maximale de 25 cm (Fischer *et al.*, 1987).

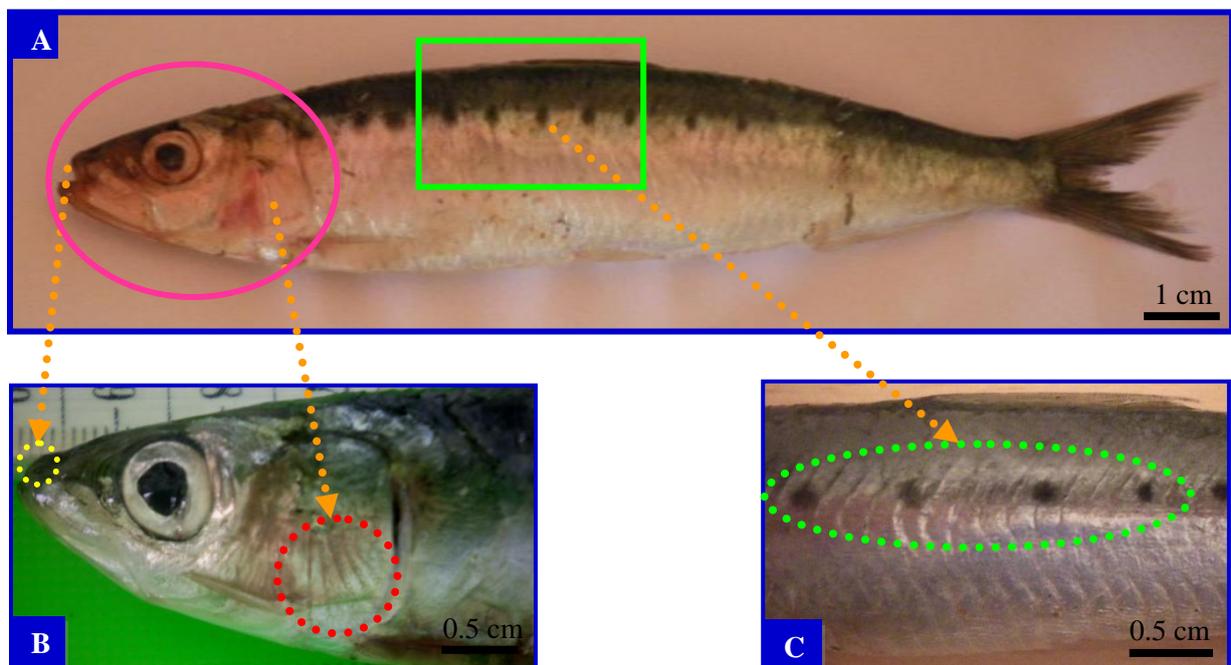


Figure 6: Photographies montrant la morphologie externe de *S. pilchardus*. **A**, corps couvert d'écailles caduques sauf sur la tête; **B**, tête avec museau légèrement pointu (pointillés jaunes) et opercule orné de stries rayonnantes (pointillés rouges); **C**, rangée horizontale de taches sombres peu accentuées sur le flanc (pointillés verts).

2.3.2.4. Habitat et biologie

La sardine commune est un poisson pélagique, grégaire qui forme de vastes bancs dans les couches supérieures des eaux côtières et effectue de grandes migrations, sa présence est souvent associée à celle de l'anchois (Fisher *et al.*, 1987; Abad *et al.*, 1998). Les bancs peuvent être composés d'individus d'âges et de sexes différents mais de tailles équivalentes (Cury *et al.*, 2000). En cas de fortes abondances, les bancs ont tendance à être monospécifiques. En revanche, si la sardine est moins abondante, les bancs seront composés de plusieurs espèces de petits pélagiques, notamment des anchois et/ou des chinchards (Laurent, 2005). Les individus âgés vivent plus au large que les jeunes (Mouhoub, 1986), ils se rapprochent de la côte pour frayer (Dieuzeid *et al.*, 1959). Les alevins retournent vers les côtes où ils passent le début de leur vie, puis repartent vers la pleine mer au début de l'hiver alors que les bancs reviennent vers les côtes au printemps à la recherche de nourriture (Aldbert et Carries, 1976). La sardine se nourrit de zooplancton essentiellement de mollusques et de crustacés microscopiques, dans sa jeunesse de phytoplancton, sans dédaigner les œufs pélagiques d'autres poissons (Lee, 1961). Elle tend à se disperser la nuit quand elle recherche sa nourriture et à se rassembler en banc plus ou moins compacts le jour. Selon Pichot et Aldbert (1978), ces déplacements dépendent de divers facteurs tels que l'influence du cycle lunaire (phase de pleine lune) et les conditions hydrologiques du milieu.

2.3.2.5. Répartition géographique

La sardine européenne, *Sardina pilchardus* est rencontrée tout le long des côtes atlantiques et méditerranéennes (Fig. 7). En Méditerranée, la sardine se trouve tout le long de la bordure Nord des bassins occidental et oriental, des côtes espagnoles jusqu'au sud de la Turquie, en mer Egée et en mer Noire. Sa présence est rare dans le bassin oriental et au large des côtes lybiennes (Fischer *et al.*, 1987). En Atlantique Est, son aire de distribution se prolonge de la mer du Nord au Sénégal (Fréon *et al.*, 1978; Mouhoub, 1986), aux archipels des Açores, de Madère et des Canaries (Furnestin, 1952; Silva, 2003). Sur la côte du Nord-Ouest de l'Afrique, l'aire d'extension des sardines est très liée à celle des Upwellings côtiers et sa distribution se limite aux isothermes de surface 12 à 20°C (Bauchot, 1980).

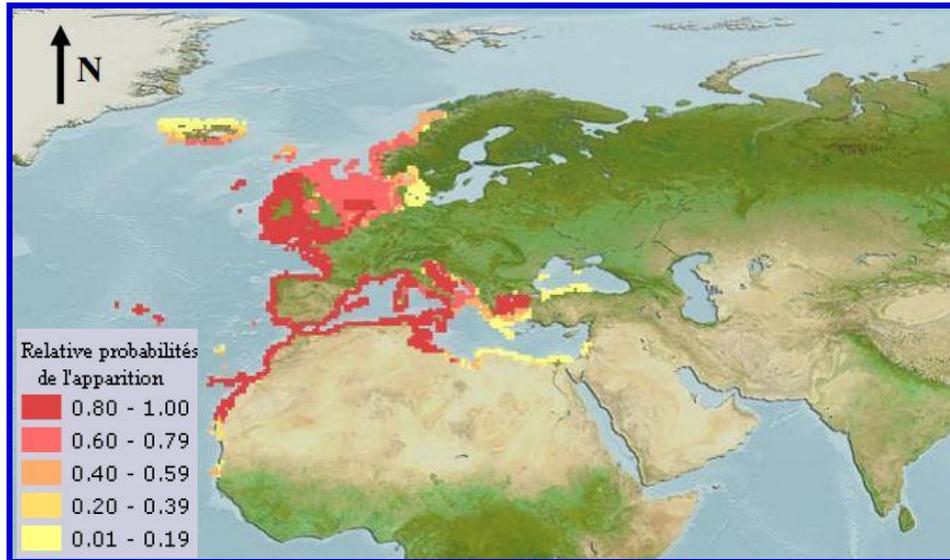


Figure 7: Répartition géographique de *S. pilchardus* (www.fishbase.org). L'échelle des couleurs illustre l'occurrence d'apparition de l'espèce dans les zones indiquées. Noter que pour l'Algérie cette occurrence est comprise entre 0.8 et 1.

2.4. Méthode d'étude

2.4.1. Etude de la reproduction chez *Engraulis encrasicolus* et *Sardina pilchardus*

Chez les poissons, la reproduction est un phénomène cyclique. La périodicité des cycles sexuels est annuelle chez la grande majorité des Téléostéens et se trouve régie par les variations saisonnières des conditions du milieu ambiant (Kartas et Quignard, 1984).

Les anchois, *E. encrasicolus* et les sardines, *S. pilchardus*, provenant de la flottille chalutière et des senneurs de l'ancien port de pêche d'El Kala, ont été collectés entre juillet 2011 et décembre 2012. Pour chaque espèce, un échantillonnage mensuel de 200 à 300 poissons a été effectué durant un cycle biologique de 12 mois. Pour l'anchois entre janvier et décembre 2012 et pour la sardine de juillet 2011 à juin 2012. Nous avons échantillonné un total de **6372** spécimens dont **3210** anchois, *E. encrasicolus* et **3162** sardines, *S. pilchardus*. Pour chaque individu, les paramètres suivants ont été évalués:

- La longueur totale (Lt) mesurée au mm près à l'aide d'un ichtyomètre entre l'extrémité du maxillaire et la nageoire caudale.
- Le poids total (Pt), le poids somatique (Ps) et le poids du poisson éviscéré (Pv) au 1/100 g près.
- Le poids du foie (Pf) et le poids des gonades (Pg) au 1/100 g près.

2.4.1.1. Calcul du sex-ratio

L'anchois et la sardine ne présentent pas de dimorphisme sexuel apparent, le sexe a été déterminé après dissection des poissons et observation macroscopiques de leurs gonades. Après élimination de l'inventaire de tous les poissons immatures et à sexe non déterminé, le sex-ratio retenu dans la présente étude est exprimé sous différentes formes (Kartas et Quignard, 1984):

- Pourcentage respectif de mâles ou taux de masculinité (TM):

$$TM = (M / M+F) \times 100$$

- Pourcentage respectif de femelles ou taux de féminité (TF):

$$TF = (F / M+F) \times 100$$

- Rapport du nombre de mâles au nombre de femelles ou Sex-ratio (SR):

$$SR = M / F$$

Où M et F: nombre respectif des mâles et des femelles dans l'échantillon total.

La distribution des fréquences des états sexuels (M, F) en fonction de la taille (Lt) a été suivie, en regroupant les spécimens en classes de tailles de 1cm d'amplitude allant de 8 à 18 cm pour l'anchois et de 9 à 19 cm pour la sardine. La proportion des sexes a été également suivie par saison.

Une comparaison statistique des proportions des 2 sexes au risque d'erreur de 5% est effectuée en utilisant le test de khi-deux (χ^2) (Dagnelie, 1975).

2.4.1.2. Etude du cycle sexuel

L'étude du cycle sexuel chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* a pour objet la caractérisation des principales phases évolutives des glandes sexuelles, basée essentiellement sur 3 types de critères d'ordre pondéral, macroscopique et microscopique.

2.4.1.2.1. Calcul des indices pondéraux

L'activité sexuelle et la saisonnalité de la reproduction des individus mâles et femelles ont été analysées, au cours d'un cycle biologique, à travers le suivi mensuel de 3 indices pondéraux: le Rapport Gonado-Somatique (RGS), le Rapport Hépat-Somatique (RHS) et le coefficient de condition (K).

2.4.1.2.1.1. Le Rapport Gonado-Somatique (RGS)

Il consiste à chiffrer l'accroissement des gonades et déterminer leur degré de maturation. Ce rapport est considéré par Lahaye (1980) comme un véritable coefficient de maturité, il est défini par la relation:

$$RGS = Pg \times 100 / Pv$$

2.4.1.2.1.2. Le Rapport Hépat-Somatique (RHS)

Il permet d'évaluer les variations pondérales du foie au cours du cycle sexuel. Il est calculé comme le préconise Bougis (1952) par l'équation:

$$RHS = Pf \times 100 / Pv$$

2.4.1.2.1.3. Le coefficient de condition (K)

Il consiste à suivre dans le temps les caractéristiques pondérales des poissons, il reflète leurs conditions écologiques et physiologiques comme la maturation et la ponte. Ce coefficient est obtenu par la formule de Ricker (1975):

$$K = Pv \times 100 / Lt^b$$

Où:

Pg: poids des gonades.

Pf: poids du foie.

Pv: poids éviscéré.

Lt: longueur totale.

b: coefficient d'allométrie de la relation taille-poids.

Nous avons adopté le poids éviscéré (Pv) du poisson, paramètre retenu généralement comme la référence la plus fiable (Deniel, 1981; Le Bec, 1985; Dieheb *et al.*, 2006; Ouattara *et al.*, 2008; Nunes *et al.*, 2011; Derbal et Kara, 2013).

Les valeurs mensuelles moyennes de chaque indice (RGS, RHS et K) sont comparées par une analyse de variance (ANOVA) (Zar, 1984).

2.4.1.2.2. Examen et suivi macroscopique des gonades

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, la détermination du sexe et du stade de maturité sexuelle de chaque individu repose sur l'observation macroscopique de l'état externe des gonades. Le principe d'attribution d'un stade à un poisson consiste à observer et à examiner attentivement et fréquemment un grand nombre de gonades afin d'obtenir une image la plus représentative possible du stade de maturité de la population étudiée et des changements qui y surviennent avec le temps. L'observation macroscopique tient compte de nombreux critères morphologiques qui sont, comme les résume Albaret (1977):

- La coloration et la consistance de la gonade.
- L'importance de la vascularisation superficielle.
- L'épaisseur et la transparence de la paroi ovarienne et testiculaire.
- La forme et le volume occupé par la gonade dans la cavité abdominale (Fig. 8).

Pour suivre l'évolution des gonades mâles et femelles et déterminer leurs degrés de maturité, nous avons adopté une échelle de maturité macroscopique à 7 stades comme l'a retenue par Fontana (1969) pour les sardinelles de Pointe-Noire au Congo (Tab. 4).

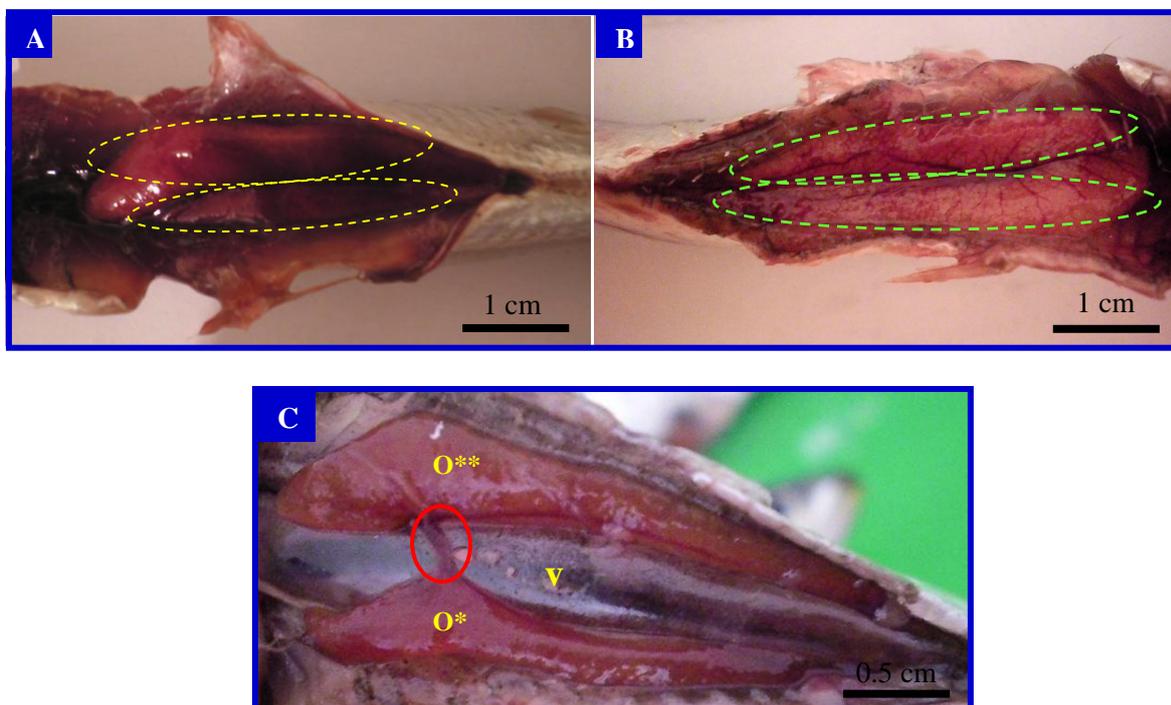


Figure 8: Photographies de dissections d'abdomens d'*E. encrasicolus* (A) et de *S. pilchardus* (B) en période de reproduction, montrant la localisation et l'aspect macroscopique des ovaires d'*E. encrasicolus* (pointillés jaunes) et de *S. pilchardus* (pointillés verts) dans la cavité abdominale. Noter la différence de taille entre les 2 ovaires (O* et O**) reliés par un filament d'attache (cercle rouge) passant par dessus la vessie natatoire (v) (C).

Tableau 4: Echelle macroscopique de maturité sexuelle choisie pour les mâles et les femelles d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* (Fontana, 1969).

Stade de maturité sexuel	Aspect macroscopique des ovaires
I. Immature	Gonade petite et ferme, transparente ou rose claire. Ovocytes invisibles.
II. Repos sexuel	Caractères sensiblement identiques au stade I
III. En voie de maturation	Gonade plus grosse, ferme et de couleur variant du rose pâle à l'orange clair. Quelques ovocytes de petite taille sont parfois visibles à travers la membrane ovarienne.
IV. Pré-ponte	Gonade plus grosse, rose foncée, occupant les 2/3 de la cavité abdominale, à surface granuleuse.
V. Ponte	Gonade très grosse, occupant toute la cavité abdominale. Membrane ovarienne très fine. Ovocytes de grande taille, parfaitement visibles et expulsés à la moindre pression exercée sur l'abdomen.
VI. Post-ponte partielle (fin de la ponte et récupération avant une ponte ultérieure)	Gonade très vascularisée et flasque. Sa couleur varie du rose saumon au rouge. Des ovocytes sont parfaitement visibles à travers la membrane ovarienne. Nombreux espaces hyalins sont observés.
VII. Post-ponte finale (fin de la dernière ponte et involution de l'ovaire)	Gonade complètement collapsée, très flasque, de couleur rouge due à une très forte vascularisation. A ce stade, l'ovaire a l'aspect caractéristique d'un sac vide.
Stade de maturité sexuel	Aspect macroscopique des testicules
I. Immature	Gonade petite, blanche ou légèrement translucide, très fine, en lame de couteau
II. Repos sexuel	Caractères sensiblement identiques au stade I
III. En voie de maturation	Gonade plus grosse, blanchâtre et plus ou moins molle.
IV. Pré-émission	Gonade molle, occupant les 2/3 de la cavité abdominale. Un liquide blanchâtre s'écoule à la moindre incision.
V. Emission	Gonade très grosse et molle, occupant la totalité de la cavité abdominale. Un liquide blanchâtre s'écoule à la moindre pression exercée sur l'abdomen.
VI. Post-émission partielle (fin de l'émission et récupération avant une émission ultérieure)	Gonade légèrement flasque de couleur rose observée surtout dans sa partie postérieure correspondant à une très fine vascularisation.
VII. Post-émission finale (fin de la dernière émission et involution du testicule)	Gonade très flasque, fortement vascularisée.

2.4.1.2.3. Estimation de la taille à la 1^{ère} maturité sexuelle

La taille de 1^{ère} maturité sexuelle est un paramètre important en dynamique des populations, lorsqu'elle est considérée comme taille minimale pour l'exploitation rationnelle d'un stock. Cette taille coïncide avec le passage du stade juvénile au stade adulte caractérisé par la capacité de participer à la reproduction. Plusieurs définitions ont été données à la taille de 1^{ère} maturité sexuelle nous citerons:

- La longueur à laquelle quelques individus de la population sont matures (Postel, 1955).
- La longueur à laquelle 50% des individus sont mûrs (La-Roche *et al.*, 1983).
- La longueur à laquelle 100% des individus sont mûrs (Fontana et Pianet, 1973).
- La taille du plus petit individu mature ou la taille du plus grand individu immature (Mac Gregor, 1966).

La taille à la 1^{ère} maturité sexuelle retenue dans notre étude, correspond à celle définie par La-Roche *et al.* (1983) comme étant la longueur (Lt) pour laquelle 50% des individus de la population sont matures pendant la période de reproduction (Lm₅₀).

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, la Lm₅₀ a été déterminée pour toute la population et chez les 2 sexes séparés. Pour chaque espèce, les individus échantillonnés en période de reproduction ont été répartis par sexe et par classe de taille de 1 cm d'amplitude. La proportion des individus matures (Pr) de chaque classe de taille a été calculée en fixant le seuil de maturité à partir du stade III, qui correspond au début de la phase de développement des gonades (Tab. 4). Les couples Lt et Pr sont ajustés à une courbe logistique de type sigmoïde (King, 1995) dont l'expression mathématique est la suivante:

$$Pr = 1 / (1 + \exp^{-a(Lt - Lm50)})$$

Où:

Pr: proportion des matures (%).

a: pente.

Lt: longueur totale (cm).

Lm₅₀: taille à la 1^{ère} maturité sexuelle (cm).

Une comparaison statistique des valeurs estimées de la Lm₅₀ entre mâles et femelles de chaque espèce, a été établie par une analyse de variance (ANOVA).

2.4.1.2.4. Examen microscopique des ovaires

Pour décrire le cycle sexuel d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus*, les critères d'ordre pondéral, basés sur des évaluations quantitatives, et l'aspect macroscopique des gonades, sont peu rigoureux et inévitablement subjectifs, nous les avons complété et appuyé par des analyses histologiques.

L'examen microscopique des ovaires à différents stades de maturité sexuel nous a permis de mettre en évidence les changements histologiques progressifs au cours du temps. Pour cela, 120 ovaires d'*E. encrasicolus* (10 / mois) et 72 ovaires de *S. pilchardus* (6 / mois) ont été prélevés et immédiatement fixés dans du formol à 10%. Une pièce d'environ 1 cm de côté est prélevée dans la partie médiane de chaque ovaire. Après fixation, les pièces sont déshydratées dans des bains progressifs d'éthanol de 50°, 70° et 90° puis éclaircies au toluène pour l'inclusion à la paraffine à 59°C avant la mise en blocs. Des coupes histologiques de 5 µm d'épaisseur ont été réalisées à l'aide d'un microtome pour être colorées à l'hématoxyline et l'éosine selon Martoja et Martoja-Pierson (1967), le but étant de créer un contraste artificiel suffisant pour identifier les structures internes des ovocytes. Les microphotographies ont été prises à l'aide d'un photomicroscope de type Zeiss et l'acquisition numérique des images ainsi que les mesures des diamètres ovocytaires, ont été obtenues en utilisant le logiciel de traitement d'image Motic Images Plus 2.0. ML.

2.4.1.2.5. Techniques utilisées pour l'étude de la fécondité

La fécondité est définie comme étant la «capacité féconde» ou la «puissance prolifique» qui permet aux poissons de pulluler (Roule, 1940). La manière la plus pratique d'apprécier ce pouvoir reproducteur est d'évaluer l'importance quantitative des ovocytes, c'est à dire le nombre d'ovocytes destinés à la ponte (Aboussouan et Lahaye, 1979). Selon Kartas et Quignard (1984), l'estimation du nombre d'ovocytes pré-ovulatoires peut être envisagée de plusieurs manières, suivant les critères auxquels on se rapporte. Ce nombre peut être évalué par rapport à l'individu, à la cohorte, à la population ou à l'espèce. Ainsi, nous avons retenu 2 types de fécondités: la fécondité individuelle absolue et la fécondité relative.

2.4.1.2.5.1. Méthode d'étude de la fécondité individuelle absolue

La fécondité individuelle absolue (F_a) est le nombre d'ovocytes mûrs présents dans l'ovaire juste avant la ponte (Bagenal, 1968). Selon Aboussouan et Lahaye (1979), la fécondité absolue est le nombre d'ovocytes destinés à la ponte. La méthode d'étude de la

fécondité individuelle absolue que nous avons adopté est celle de «l'échantillonnage par volume» utilisée par de nombreux auteurs (Simpson, 1951; Bagenal, 1968; Le Bec, 1985).

Nous avons estimé la fécondité individuelle absolue (Fa) à partir de 25 ovaires matures d'*E. encrasicolus* (0.31 g < Pg < 2 g) et 20 ovaires matures de *S. pilchardus* (0.58 g < Pg < 2.57 g) en stade pré-ponte. L'examen des coupes histologiques nous a permis de vérifier l'absence de follicules post-ovulatoires (Fpo) car, s'ils sont observés dans un ovaire, ce dernier est systématiquement exclu du calcul de la fécondité.

Après avoir effectué les prélèvements destinés à l'histologie ovarienne, le reste des 2 ovaires est pesé au 1/1000 g près et conservé dans une solution neutralisée de formol à 10%. Ce dernier, donne de meilleurs résultats que le liquide de Gilson (Bouaïn, 1977), il permet de dissocier les ovocytes du stroma ovarien tout en les fixant. L'agitation régulière des piluliers de conservation accélère la dissociation des ovocytes indispensables pour les comptages ultérieurs. Après séparation du stroma, les ovocytes sont lavés avec de l'eau distillée pour éliminer l'excès de formol et les débris concentrés dans le surnageant. Les ovocytes sont dilués dans un volume connu d'eau distillée et agités régulièrement à l'aide d'un agitateur magnétique qui permet une bonne homogénéisation du mélange eau-ovocytes. A l'aide d'une pipette graduée, 3 sous-échantillons de 1 ml ont été effectués et le nombre d'ovocytes est déterminé dans chaque sous-échantillon. Tous les ovocytes sphériques inférieurs à 40 µm ne sont pas pris en compte dans le calcul de la fécondité des 2 espèces. L'observation microscopique des coupes histologiques montre que ces ovocytes constituent le lot de réserve (ovogonies) qui ne sera pondue que l'année suivante (Hunter & Macewicz, 1985; observation personnelle, 2012). Pour estimer la fécondité individuelle absolue (Fa), le nombre moyen d'ovocytes compté dans les 3 sous-échantillon (n) est rapporté à la masse totale de l'ovaire par l'équation:

$$Fa = n (Vd / Vsé) \times (Pg / Pé)$$

Où:

Fa: fécondité individuelle absolue

n: nombre moyen d'ovocytes compté dans 3 sous-échantillons.

Vd: volume de dilution (ml).

Vsé: volume d'un sous-échantillon (1 ml).

Pg: poids des ovaires (g).

Pé: poids de l'échantillon d'ovaire (g).

2.4.1.2.5.2. Méthode d'étude de la fécondité relative

Selon Stequert et Ramcharrum (1995), la fécondité relative (Fr) désigne le rapport entre la fécondité individuelle absolue (Fa) et le poids du corps. La fécondité relative correspond d'après la définition de Kartas et Quignard (1984) au nombre d'ovocytes par unité de poids corporel. Celui-ci pouvant être le poids total, le poids somatique ou le poids éviscéré du poisson.

La fécondité relative que nous avons adopté correspond au nombre total d'ovocytes susceptibles d'être pondus par unité de poids somatique. Le calcul de la fécondité relative a été effectué à partir de la formule:

$$Fr = Fa / Ps$$

Où:

Fr: fécondité relative

Fa: fécondité individuelle absolue.

Ps: poids somatique de l'individu (poids total - poids des ovaires).

2.4.1.2.5.3. Relations liant la fécondité absolue et les paramètres métriques et pondéraux

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, la fécondité individuelle absolue (Fa) est exprimée en fonction du poids total (Pt), du poids somatique (Ps), du poids des gonades (Pg) et de la longueur totale (Lt) des poissons. Les relations entre la Fa et ces paramètres peuvent être traduites par des équations de type: $Y = a X^b$.

Où:

Y: représente la Fa.

X: représente l'un des paramètres: Lt, Pg, Ps ou Pt.

a: constante,

b: la pente.

Pour chaque série de valeurs, un coefficient de corrélation (r) a été calculé permettant la définition de la fonction la mieux adaptée.

2.4.2. Méthode d'étude de l'âge et de la croissance chez *Engraulis encrasicolus* et *Sardina pilchardus*

L'étude de l'âge et de la croissance est fondamentale pour une meilleure connaissance de la dynamique des populations ichtyologiques et la gestion des stocks. L'estimation de l'âge individuel est indispensable pour évaluer les coefficients de mortalité, estimer la productivité et établir les lois de croissance linéaire et pondérale, applicables aux stocks étudiés.

Ainsi, le suivi des pêches a concerné 3210 spécimens d'*E. encrasicolus* et 3162 spécimens de *S. pilchardus*, prélevés en prenant en considération toutes les fréquences de taille.

2.4.2.1. Méthode d'étude de l'âge

Plusieurs techniques ont été utilisées pour l'estimation de l'âge chez les poissons:

- Les méthodes directes consistent à étudier les marques qui s'inscrivent sur les pièces osseuses (écailles, otolithes, vertèbres) à la suite de chaque étape physiologique que traverse le poisson. L'estimation de l'âge par l'application de ces méthodes est d'une façon générale difficile à obtenir et n'est pas sans équivoque. Le dénombrement des marques de croissance sur les otolithes par exemple est rarement sans ambiguïté (Dekker, 1986).
- Les méthodes indirectes permettent l'estimation statistique de l'âge à partir de l'analyse des courbes de fréquence de tailles.

Pour estimer l'âge d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus*, nous avons opté pour **la méthode indirecte de Bhattacharya (1967)** qui repose sur la décomposition des fréquences de tailles.

2.4.2.2. Choix du modèle de croissance

2.4.2.2.1. Croissance linéaire absolue

Le modèle retenu pour décrire la croissance chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* est exprimé par l'équation de croissance de **Von Bertalanffy (1938)** couramment utilisée en ichtyologie. La formule de ce modèle s'adapte à la plupart des données de croissance observées, elle a aussi l'avantage d'être facilement incorporée dans les modèles d'évaluation des stocks halieutiques.

Dans sa théorie, Von Bertalanffy (1938) considère que la croissance sous la dépendance de l'action simultanée de 2 types de facteurs: anaboliques proportionnels à la surface et cataboliques proportionnels au volume du corps.

La loi de croissance linéaire absolue de Von Bertalanffy est exprimée par l'équation:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

Où:

L_t : longueur totale du poisson en cm à l'instant t (an).

L_∞ : longueur asymptotique (cm) qui serait atteinte par le poisson à l'âge théorique infini.

K : coefficient de croissance (an^{-1}) caractérisant la vitesse avec laquelle l'espèce croît vers sa taille asymptotique.

t_0 : âge théorique pour lequel la taille en cm est nulle.

La détermination des paramètres de l'équation de croissance linéaire (L_∞ , K , t_0) est assurée par le logiciel FISAT II version 1.2.0 (Gayanilo *et al.*, 2005).

- La longueur asymptotique (L_∞) peut être calculée à partir de la formule de Taylor (1962) *in* Pauly (1997):

$$L_\infty = L_{\max} / 0.95$$

Où L_{\max} : est la longueur totale du plus grand poisson échantillonné en tenant compte de toutes les gammes de tailles.

- La valeur de t_0 a été déterminée à partir de la taille moyenne du premier mode observé par la relation suivante (Kherraz, 2011):

$$t_0 = 1 + \left[\frac{\ln(1 - (L_1/L_\infty))}{K} \right]$$

Où:

t_0 : âge théorique pour lequel la taille en cm est nulle.

L_1 : taille moyenne du premier mode correspondant au premier groupe d'âge.

L_∞ , K : paramètres de l'équation de Von Bertalanffy.

Les différents paramètres de l'équation de Von Bertalanffy (L_∞ , K , t_0) établis pour *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, nous ont permis de calculer la longueur théorique pour chaque groupe d'âge et de tracer les courbes de la croissance linéaire théorique.

L'indice de performance de croissance (Phi prime Φ') a été calculé pour comparer nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres régions. Il a été déterminé à partir des valeurs de L_∞ et K selon la formule de Pauly et Munro (1984):

$$\Phi' = \text{Log}_{10} K + 2 \text{Log}_{10} L_\infty$$

2.4.2.2.2. Relation taille - poids

La croissance relative permet de vérifier l'existence d'une corrélation entre le poids et la taille du poisson. En sciences halieutiques, cette croissance permet d'estimer le poids à partir de la taille (Beyer, 1991), le poids à partir de l'âge (Petraakis et Stergiou, 1995) et d'exprimer l'équation de la croissance linéaire en croissance pondérale (Pauly, 1993).

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, la relation de croissance liant la taille (L_t) au poids (P_t) est établie, pour la population totale, les mâles et les femelles de chaque espèce, par l'expression d'allométrie de Ricker (1971):

$$P_t = a L_t^b$$

Avec:

P_t : poids total (g).

L_t : longueur totale (cm).

a : constante.

b : coefficient d'allométrie.

Les paramètres a et b ont été calculés par la méthode des moindres rectangles (Lamotte, 1971). Afin de confirmer la nature de l'allométrie, la pente calculée (b) est comparée statistiquement à une pente théorique $b_0 = 3$, en utilisant le test-t de Student (Dagnelie, 1975).

$$t_{obs} = \frac{(|b^2 - b_0^2| \sqrt{n-2})}{(2b_0 \times b \sqrt{1-r^2})}$$

Où:

t_{obs} : valeur observée de t .

b : pente calculée.

b_0 : pente théorique = 3.

n : effectif.

r : coefficient de corrélation.

La valeur observée de t (t_{obs}) est comparée à celle théorique ($t_{1-\alpha/2}$) donnée par la table de Student au seuil de confiance $\alpha = 0.05$ pour $n - 2$ degré de liberté.

Trois situations sont alors possibles:

- Si $t_{\text{obs}} \leq t_{1-\alpha/2}$, la différence entre les 2 paramètres mesurés (L_t , P_t) n'est pas significative et la croissance relative est de type **isométrie** ($b = 3$): le P_t croît proportionnellement à L_t^3 .
- Si $t_{\text{obs}} > t_{1-\alpha/2}$, la différence entre les 2 paramètres mesurés est significative et la croissance relative est de type **allométrie**. Selon la valeur de b , 2 cas ont été distingués:
 - Si $b > 3$, l'allométrie est **majorante** et le P_t croît proportionnellement plus vite que L_t^3
 - Si $b < 3$, l'allométrie est **minorante** et le P_t croît proportionnellement moins vite que L_t^3 .

2.4.2.2.3. Croissance pondérale absolue

L'équation de croissance linéaire de Von Bertalanffy (1938): $L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$ et la relation taille - poids: $P_t = a L_t^b$, nous ont permis d'établir l'équation de croissance pondérale absolue qui exprime les variations du poids en fonction du temps:

$$P_t = P_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b$$

Avec:

P_t : poids total du poisson en g à l'instant t (an).

P_∞ : poids asymptotique que serait atteint par le poisson à l'âge théorique infini (g).

K , t_0 : paramètres de l'équation de Von Bertalanffy.

b : coefficient d'allométrie de la relation taille - poids.

Le poids asymptotique (P_∞) est calculé à partir de la relation:

$$P_\infty = a L_\infty^b$$

Les différents paramètres de l'équation de croissance pondérale absolue: P_∞ , K , t_0 et b établis chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, nous ont permis de calculer le poids théorique pour chaque groupe d'âge et de tracer les courbes de la croissance pondérale théorique.

3. RESULTATS

Chez l'anchois, *E. encrasicolus* et la sardine, *S. pilchardus*, les données recueillies durant 18 mois d'observation nous ont permis de dégager, pour chaque espèce, les grands traits de la reproduction, de l'âge et de la croissance.

3.1. Résultats de la reproduction chez *Engraulis encrasicolus* et *Sardina pilchardus*

3.1.1. Tailles et poids moyens

Durant la période d'échantillonnage, **6372** spécimens ont été collectés dont **3210** anchois, *E. encrasicolus* et **3162** sardines, *S. pilchardus*.

Les 3210 spécimens d'*E. encrasicolus* présentent une distribution de taille allant de 7.8 à 17.6 cm avec une moyenne de 13.79 ± 1.84 cm et un mode de 15.1 cm. Le poids total varie entre 2.43 et 32.9 g avec une moyenne de 16.65 ± 6.53 g et un mode de 17.6 g (Tab. 5). Les plus grands anchois ont été obtenus en mai et juin et les petits spécimens en novembre, décembre et janvier.

Chez l'anchois, la distribution des tailles (Lt) et des poids (Pt) fluctue en fonction du sexe (Tab. 5):

- Chez les mâles: la Lt varie de 8.8 à 17.2 cm avec une moyenne de 14 ± 1.64 cm et un mode de 14.8 cm. Le Pt oscille entre 3.67 et 32.9 g avec une moyenne de 17.19 ± 5.77 g et un mode de 17.6 g.
- Chez les femelles: la Lt s'étale entre 8.3 et 17.6 cm. La moyenne de la Lt est de 13.65 ± 1.94 cm avec un mode de 15.3 cm. Le Pt oscille entre 2.91 et 32.6 g avec une moyenne de 16.32 ± 7.05 g et un mode de 23 g.

Tableau. 5: Distribution des tailles (Lt) et des poids (Pt) chez la population totale (PT), les mâles (M) et les femelles (F) d'*E. encrasicolus* du LEA.

	Longueur totale (cm)				Poids total (g)			
	Min	Max	Moyenne	Mode	Min	Max	Moyenne	Mode
PT	7.8	17.6	13.79 ± 1.84	15.1	2.43	32.9	16.65 ± 6.53	17.6
M	8.8	17.2	14 ± 1.64	14.8	3.67	32.9	17.19 ± 5.77	17.6
F	8.3	17.6	13.65 ± 1.94	15.3	2.91	32.6	16.32 ± 7.05	23

Les 3162 spécimens de *S. pilchardus* mesurent entre 7.3 et 18.7 cm avec une moyenne de 13.42 ± 1.62 cm et un mode de 13.4 cm. Le Pt moyen est de 17.32 ± 6.40 g variant entre 2.68 et 45.21 g, le mode est de 11g (Tab. 6).

Les plus grandes sardines ont été pêchées en septembre, octobre, novembre et janvier et les petites en juin et juillet.

Chez la sardine, la distribution de la Lt et du Pt varie en fonction du sexe (Tab. 6):

- Chez les mâles: la Lt oscille entre 9.7 et 18 cm avec une moyenne de 13.35 ± 1.52 cm et un mode de 13.4 cm. Le Pt moyen est de 17.12 ± 5.92 g variant entre 6.85 et 44.12 g avec un mode de 14.22 g.
- Chez les femelles: la Lt s'étale entre 9.4 et 18.7 cm avec une moyenne de 13.26 ± 1.51 cm et un mode de 13.6 cm. Le Pt moyen est de 17.32 ± 6.25 g, il varie entre 6.36 et 45.21 g avec un mode de 11 g.

Tableau. 6: Distribution des tailles (Lt) et des poids (Pt) chez la population totale (PT), les mâles (M) et les femelles (F) de *S. pilchardus* du LEA.

	Longueur totale (cm)				Poids total (g)			
	Min	Max	Moyenne	Mode	Min	Max	Moyenne	Mode
PT	7.3	18.7	13.42 ± 1.62	13.4	2.68	45.21	17.32 ± 6.40	11
M	9.7	18	13.35 ± 1.52	13.4	6.85	44.12	17.12 ± 5.92	14.22
F	9.4	18.7	13.26 ± 1.51	13.6	6.36	45.21	17.32 ± 6.25	11

3.1.2. Structure de la population

Chez *E. encrasicolus* comme chez *S. pilchardus*, aucun caractère sexuel externe apparent ne permet de distinguer les mâles des femelles. En période de reproduction, une pression sur l'abdomen fait sortir les produits génitaux et la distinction des sexes est alors possible. Le reste de l'année, seule la dissection des poissons permet de différencier les sexes.

La population totale d'*E. encrasicolus* est structurée comme suit:

- 1435 mâles (44.7%).
- 1450 femelles (45.17%).
- 325 individus immatures et à sexe non déterminé (10.13%)

Les taux de masculinité ($TM = M / M+F$) et de féminité ($TF = F / M+F$) sont presque égaux, avec respectivement 49.74% et 50.26% (Fig. 9).

La population totale de *S. pilchardus* est structurée comme suit:

- 1185 mâles (37.48%).
- 1604 femelles (50.73%).
- 373 individus immatures et à sexe non déterminé (11.79%).

Les taux de masculinité et de féminité sont respectivement de 42.49% et 57.51% (Fig. 9).

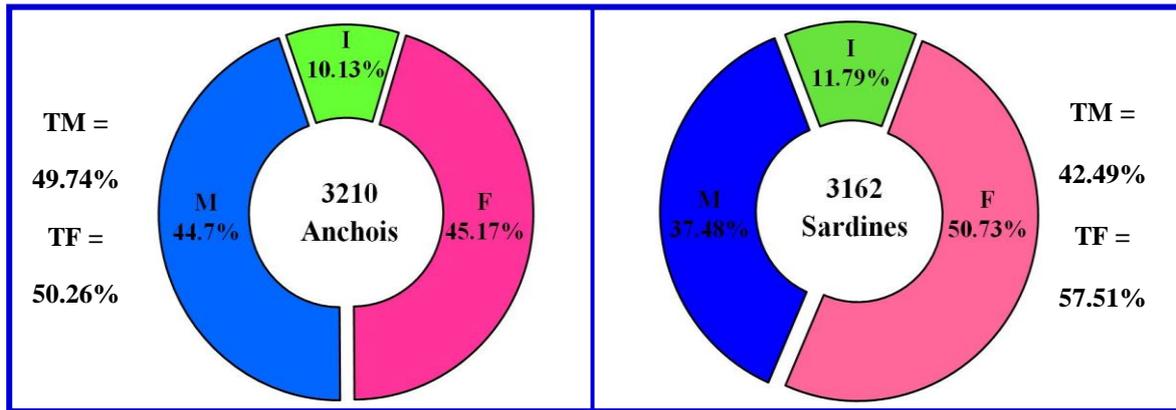


Figure 9: Structure de la population d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* du LEA. M, proportion des mâles; F, proportion des femelles; I, proportion des individus immatures et à sexe non déterminé; TM, taux de masculinité; TF, taux de féminité.

3.1.3. Sex-ratio

Chez *E. encrasicolus*, le sex-ratio global (SR) calculé pour l'ensemble de la population, est de 0.98 : 1. Comparé à une valeur théorique équilibrée de 1 : 1 (1 mâle pour 1 femelle), le sex-ratio du stock d'*E. encrasicolus* du LEA est constant, ce qui indique qu'il existe un équilibre entre les mâles et les femelles ($\chi^2_{\text{obs}} = 0.078 < \chi^2_{1-\alpha} = 3.84$; $P > 0.05$). Durant la période de reproduction (préalablement définie par le calcul mensuel du RGS), le sex-ratio est en faveur des mâles avec SR = 1.27 : 1 ($\chi^2_{\text{obs}} = 33.43$; $P < 0.05$). Au cours de cette période, les anchois de sexe mâle dominant nettement dans les prises. Hors période de reproduction, le nombre des femelles est supérieur au nombre des mâles avec un SR de 0.5 : 1 ($\chi^2_{\text{obs}} = 95.49$; $P < 0.05$) (Tab. 7).

Tableau 7: Sex-ratio global, en période de reproduction et hors période de reproduction chez *E. encrasicolus* du LEA. SR, sex-ratio; CA, cycle annuel; PR, période de reproduction; HPR, hors période de reproduction; χ^2_{obs} , valeur observée de khi-deux; $\chi^2_{1-\alpha}$, valeur théorique de khi-deux; N.S, différence non significative; S***, différence très hautement significative.

Espèce	Période	SR	χ^2_{obs}	P
<i>E. encrasicolus</i>	CA	0.98 : 1	0.07	(N.S)
	PR	1.27 : 1	33.43	(S***)
	HPR	0.50 : 1	95.49	(S***)
$\chi^2_{1-\alpha} = 3.84$				

Chez *S. pilchardus*, le sex-ratio global est de l'ordre de 0.73 : 1. Comparé à la valeur théorique équilibrée (1 : 1), le sex-ratio du stock de *S. pilchardus* du LEA est en faveur des femelles ($\chi^2_{\text{obs}} = 62.94 > \chi^2_{1-\alpha}$; $P < 0.05$). Le sex-ratio de *S. pilchardus* est en faveur des femelles, que se soit en période de reproduction avec SR = 0.76 : 1 ($\chi^2_{\text{obs}} = 35.04$; $P < 0.05$) ou hors période de reproduction avec SR = 0.75 : 1 ($\chi^2_{\text{obs}} = 20.63$; $P < 0.05$) (Tab. 8).

Tableau 8: Sex-ratio global, en période de reproduction et hors période de reproduction chez *S. pilchardus* du LEA. SR, sex-ratio; CA, cycle annuel; PR, période de reproduction; HPR, hors période de reproduction; χ^2_{obs} , valeur observée de khi-deux; $\chi^2_{1-\alpha}$, valeur théorique de khi-deux; S**, différence hautement significative; S***, différence très hautement significative.

Espèce	Période	SR	χ^2_{obs}	P
<i>S. pilchardus</i>	CA	0.73 : 1	62.94	(S****)
	PR	0.76 : 1	35.04	(S****)
	HPR	0.75 : 1	20.63	(S**)
			$\chi^2_{1-\alpha} = 3.84$	

3.1.3.1. Variation du sex-ratio en fonction de la taille

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, le sex-ratio varie en fonction de la taille. Chez les 2 espèces, les femelles sont majoritaires dans la plus part des tailles.

Chez *E. encrasicolus*, les femelles sont bien représentées dans les petites et les grandes classes de tailles allant de [8 à 13[cm et entre [16 et 18[cm où les valeurs du SR sont comprises entre 0.15 : 1 et 0.70 : 1 ($P < 0.05$). Les mâles sont dominants dans les tailles intermédiaires allant de [14 à 15[cm avec un SR = 2.39 : 1 ($P < 0.05$). En revanche, dans les classes de tailles: [13-14[cm et [15-16[cm, le nombre d'anchois mâles est légèrement supérieur à celui des femelles, toutefois le SR est statistiquement constant avec respectivement 1.21 : 1 et 1.13 : 1 ($P > 0.05$) (Fig. 10).

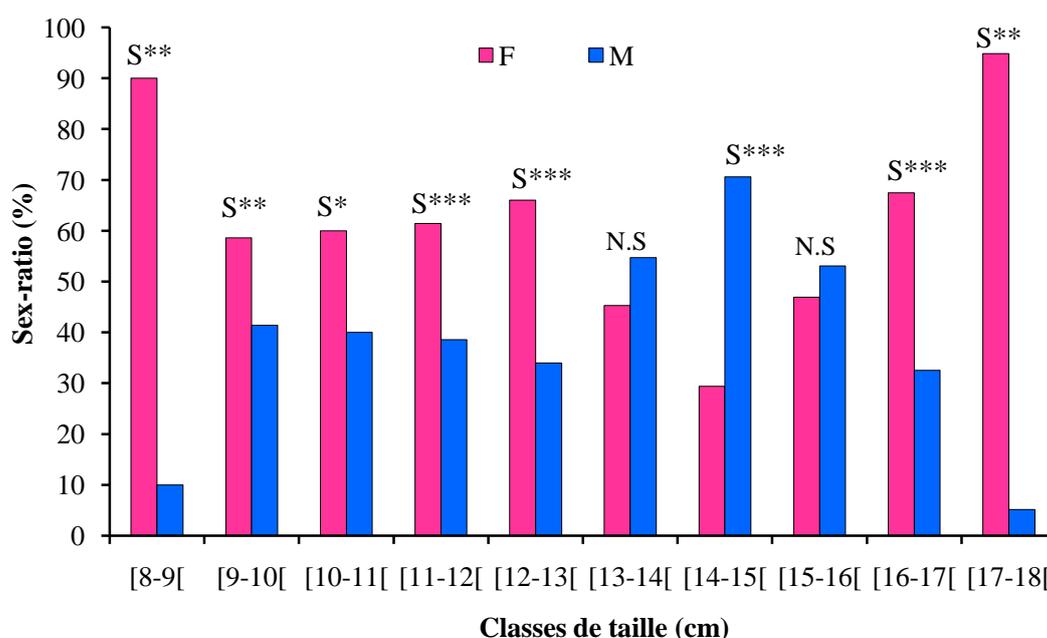


Figure 10: Variations du sex-ratio en fonction de la taille chez *E. encrasicolus* du LEA. N.S, différence non significative; S*, différence significative; S**, différence hautement significative; S***, différence très hautement significative.

Chez *S. pilchardus*, les femelles sont beaucoup plus abondantes dans les petites et les grandes classes de tailles allant de [9 à 12[cm, [13 à 14[cm et de [16 à 19[cm avec des SR comprises entre 0.20 : 1 et 0.85 : 1 ($P < 0.05$). Les mâles dominent les classes de tailles intermédiaires entre [12 et 13[cm avec un SR = 1.35 : 1 ($P < 0.05$) et entre [14 et 15[cm avec SR = 1.27 : 1 ($P < 0.05$). Entre [15 et 16[cm, les sardines femelles sont légèrement majoritaires aux sardines mâles, toutefois le SR est statistiquement constant avec 0.85 : 1 ($P > 0.05$) (Fig. 11).

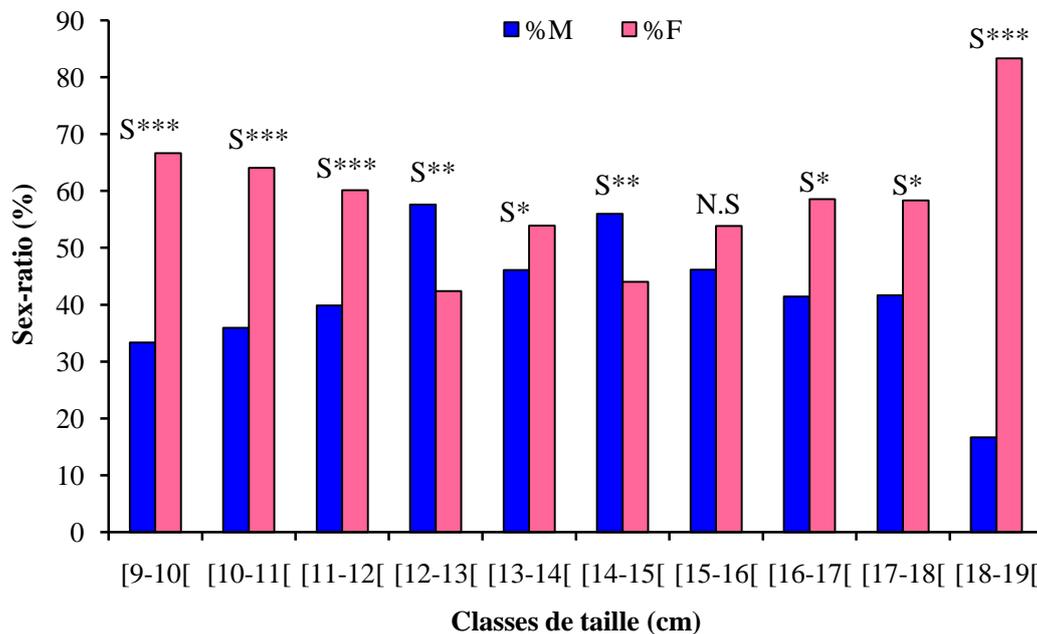


Figure 11: Variations du sex-ratio en fonction de la taille chez *S. pilchardus* du LEA. N.S, différence non significative; S*, différence significative; S**, différence hautement significative; S***, différence très hautement significative.

3.1.3.2. Variation du sex-ratio en fonction des saisons

L'analyse temporelle du sex-ratio montre qu'il est étroitement lié aux saisons aussi bien chez l'anchois que chez la sardine.

Chez *E. encrasicolus*, les mâles sont beaucoup plus abondants durant le printemps avec SR = 1.30 : 1 ($P < 0.05$) et l'été avec SR = 1.97 : 1 ($P < 0.05$). Les femelles dominent dans les prises au cours de l'automne où le SR = 0.78 : 1 ($P < 0.05$) et l'hiver avec S.R = 0.50 : 1 ($P < 0.05$) (Fig. 12).

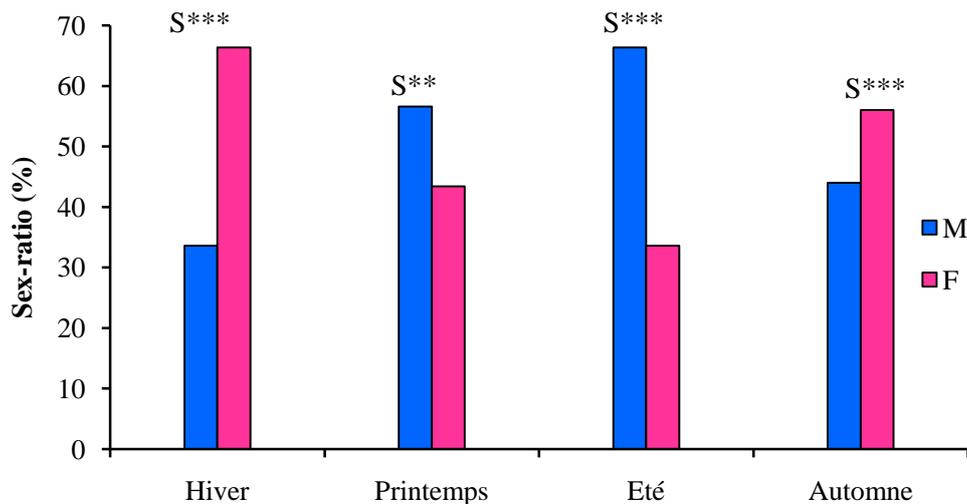


Figure 12: Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez *E. encrasicolus* du LEA. S**, différence hautement significative; S***, différence très hautement significative.

Chez *S. pilchardus*, les femelles sont dominantes en hiver où le SR = 0.67 : 1 ($P < 0.05$), au printemps avec SR = 0.76 : 1 ($P < 0.05$) et en été avec SR = 0.56 : 1 ($P < 0.05$) à l'exception de l'automne où le nombre des mâles est très proche de celui des femelles avec SR = 1 : 1 ($P > 0.05$) (Fig. 13).

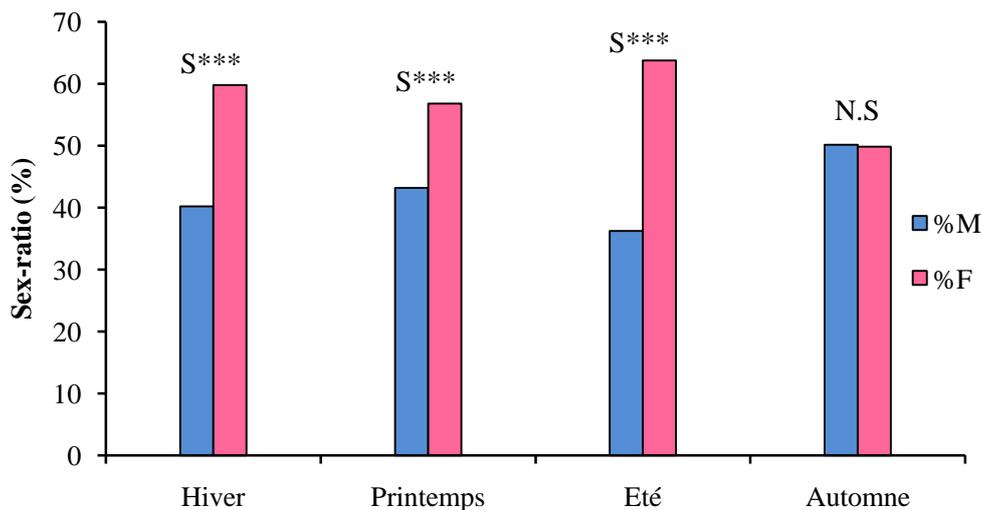


Figure 13: Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez *S. pilchardus* du LEA. N.S, différence non significative; S***, différence très hautement significative.

3.1.4. Cycles sexuels

Pour l'étude du cycle sexuel chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, 3 critères d'ordre: pondéral, macroscopique et microscopique ont été retenus.

3.1.4.1. Indices pondéraux

Les variations mensuelles des indices pondéraux: RGS, RHS et K, chez les mâles et les femelles d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* ont été analysées durant un cycle biologique de 12 mois allant de janvier à décembre 2012 pour l'anchois et de juillet 2011 à juin 2012 pour la sardine.

3.1.4.1.1. Rapport gonado-somatique (RGS)

Chez *E. encrasicolus*, les valeurs mensuelles moyennes du rapport gonado-somatique (RGS) sont caractérisées par des fluctuations importantes qui varient de 0.21% à 3.58% avec une moyenne de $1.55 \pm 1.10\%$ chez les mâles et entre 0.31% et 4.75% avec une moyenne de $2.36 \pm 1.49\%$ chez les femelles (Fig. 14A). L'analyse de variance (ANOVA) montre l'existence d'une différence très hautement significative entre les valeurs mensuelles moyennes du RGS à la fois chez les mâles ($F = 122.42$; $P < 0.001$) et les femelles ($F = 197.82$; $P < 0.001$). Les gonades femelles prennent plus de poids que celles des mâles à la même période. Le maximum du RGS femelles avec 4.75% est supérieur au maximum du RGS mâles avec 3.58%, cependant les 2 sexes suivent une évolution cyclique approximativement identique ($F = 2.31$; $P > 0.05$).

Chez *E. encrasicolus*, le RGS présente une évolution croissante qui s'étale de mars pour atteindre un maximum durant mai à la fois chez les mâles avec 3.58% et chez les femelles avec 4.75%. A partir de juin, ce rapport diminue faiblement et graduellement pour atteindre des valeurs plus basses en octobre avec 1.07% chez les mâles et 2.22% chez les femelles. De novembre à février, cet indice chute considérablement pour afficher les valeurs les plus faibles avec une moyenne de $0.31 \pm 0.08\%$ chez les mâles et $0.55 \pm 0.19\%$ chez les femelles.

Chez *S. pilchardus*, les valeurs mensuelles moyennes du RGS varient de 0.02% à 3.69% ($1.10 \pm 1.22\%$) chez les mâles et de 0.13% à 5.18% ($1.68 \pm 1.76\%$) chez les femelles (Fig. 14B). L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les valeurs mensuelles moyennes du RGS à la fois chez les mâles ($F = 217.77$; $P < 0.001$) et chez les femelles ($F = 337.42$; $P < 0.001$). Les gonades femelles sont plus pesantes

que celles des mâles à la même période. Cependant les 2 sexes suivent une évolution cyclique approximativement identique ($F = 0.74$; $P > 0.05$).

Chez *S. pilchardus*, les moyennes mensuelles du RGS montrent une phase ascendante s'étalant d'octobre pour atteindre un maximum en janvier à la fois chez les mâles avec 3.69% et les femelles avec 5.18%. A partir de février, le RGS chute pour atteindre des valeurs plus basses en avril aussi bien pour les mâles, 0.43% que pour les femelles, 0.60%. De mai à septembre, cet indice chute considérablement pour afficher des valeurs très faibles, allant de 0.02% à 0.18% chez les mâles et de 0.13% à 0.37% chez les femelles.

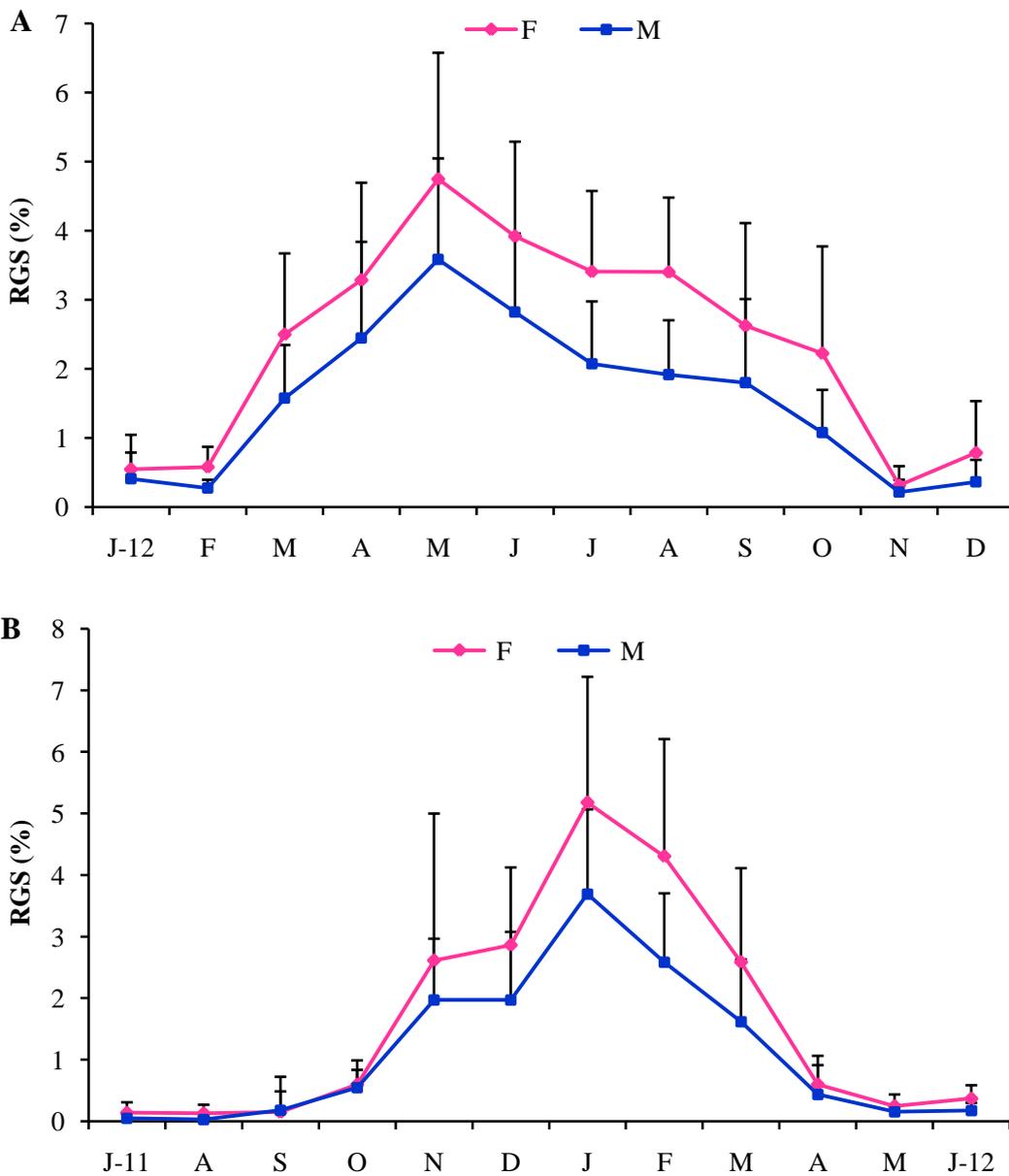


Figure 14: Variations mensuelles du RGS chez les mâles et les femelles d'*E. encrasicolus* (A) et de *S. pilchardus* (B) du LEA.

3.1.4.1.2. Rapport hépato-somatique (RHS)

Chez *E. encrasicolus*, les valeurs mensuelles moyennes du rapport hépato-somatique (RHS) sont situées entre 0.35% et 1.07% avec une moyenne de $0.69 \pm 0.21\%$ chez les mâles et entre 0.41% et 1.82% avec une moyenne de $1.18 \pm 0.45\%$ chez les femelles (Fig. 15A). L'analyse de variance indique leur hétérogénéité à la fois chez les mâles ($F = 33.23$; $P < 0.001$) et chez les femelles ($F = 119.01$; $P < 0.001$).

Chez *E. encrasicolus*, le RHS évolue de façon similaire avec celui du RGS et montre des fluctuations sensibles liées au cycle reproducteur. Ainsi chez les 2 sexes, les valeurs les plus élevées du RHS sont notées entre mars et octobre coïncidant avec l'élévation du RGS. Le maximum est enregistré durant mai à la fois chez les mâles avec 1.07% et chez les femelles avec 1.82%. Par contre, les valeurs les plus faibles sont observées chez les 2 sexes entre novembre et février avec des moyennes respectives de $0.42 \pm 0.08\%$ et $0.66 \pm 0.18\%$.

Chez *S. pilchardus*, les moyennes mensuelles du RHS sont caractérisées par des fluctuations d'amplitudes importantes allant de 0.36% à 1.21% avec une moyenne de $0.67 \pm 0.28\%$ chez les mâles et de 0.60% à 1.58% avec une moyenne de $0.91 \pm 0.31\%$ chez les femelles (Fig. 15B). L'ANOVA montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les moyennes mensuelles de cet indice à la fois chez les mâles ($F = 81.74$; $P < 0.001$) et chez les femelles ($F = 92.74$; $P < 0.001$).

Chez les 2 sexes, les valeurs moyennes du RHS semblent modérées lors du cycle annuel. Elles sont faibles et stables durant la période juin-novembre, allant de 0.36% à 0.55% chez les mâles et de 0.60% à 0.71% chez les femelles. Entre décembre et mai, le RHS évolue d'une façon importante et présente des valeurs plus élevées variant de 0.68% à 1.21% chez les mâles et de 0.93% à 1.58% chez les femelles.

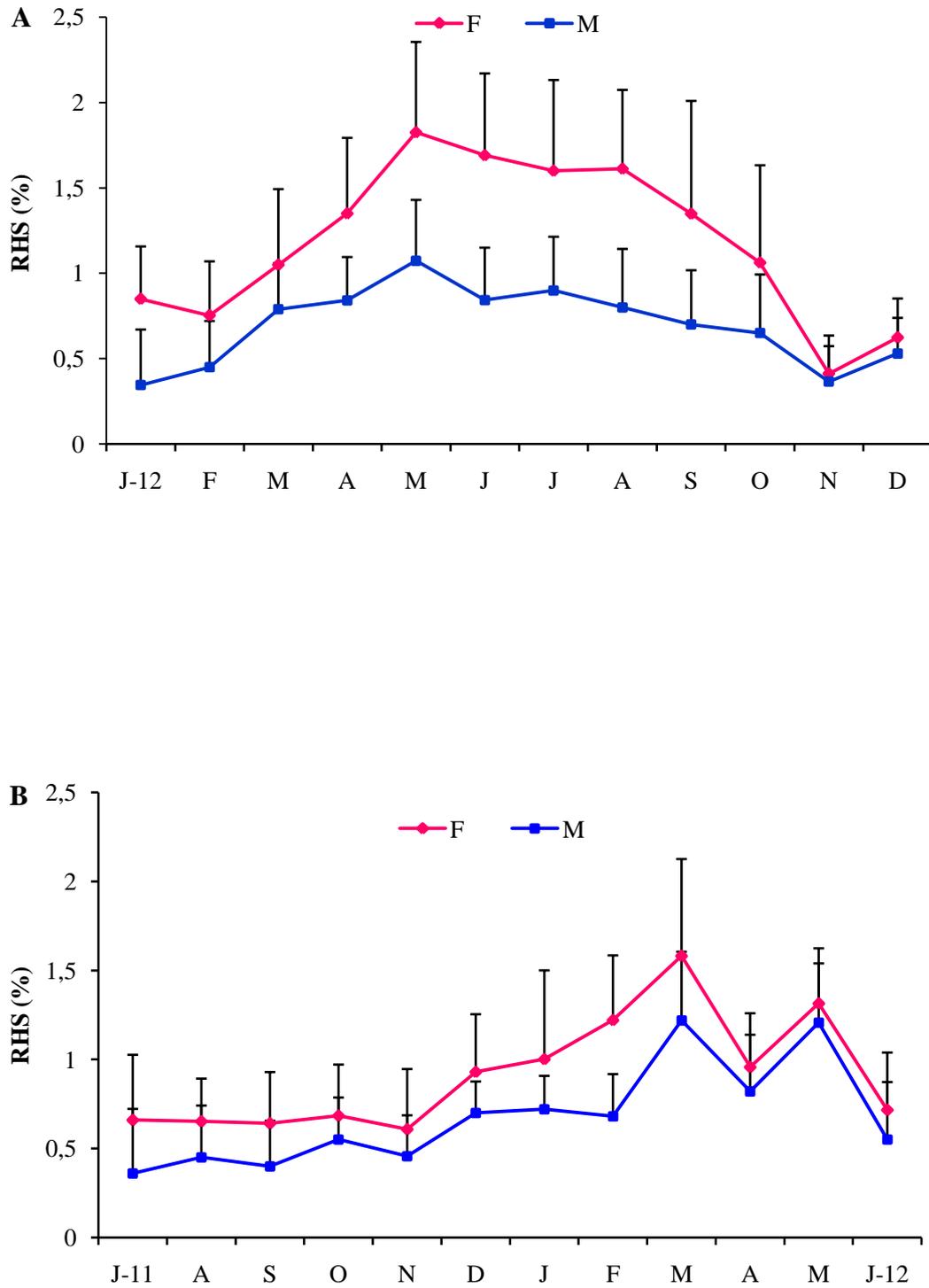


Figure 15: Variations mensuelles du RHS chez les mâles et les femelles d'*E. encrasicolus* (A) et de *S. pilchardus* (B) du LEA.

3.1.4.1.3. Coefficient de condition (K)

Chez *E. encrasicolus*, les variations mensuelles du coefficient de condition (K) sont inversement proportionnelles aux variations du RGS. Elles passent de 0.05% à 3.17% chez les mâles et de 0.02% à 5% chez les femelles (Fig. 16A). L'ANOVA montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les valeurs mensuelles moyennes du K chez les mâles ($F = 9105.73$; $P < 0.001$) et chez les femelles ($F = 7771.09$; $P < 0.001$). Globalement, le coefficient de condition d'*E. encrasicolus* passe par 2 phases:

- Une phase de diminution ou de mauvaise condition qui s'étale le long de la période février - octobre et se caractérise par des fluctuations d'amplitude faible à la fois chez les mâles allant de 0.05% à 0.89% et chez les femelles de 0.02% à 0.63%.
- Une phase d'accroissement ou de bonne condition s'étalant entre novembre et janvier et se caractérise par des fluctuations importantes qui varient de 1.36 à 3.17% chez les mâles et de 1.30 à 5% chez les femelles.

Chez *S. pilchardus*, les valeurs mensuelles moyennes du coefficient de condition varient de 0.10% à 0.98% chez les mâles et de 0.16% à 0.94% chez les femelles (Fig. 16B). L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les moyennes mensuelles de cet indice chez les mâles ($F = 525.12$; $P < 0.001$) et chez les femelles ($F = 438.61$; $P < 0.001$). Le coefficient de condition de *S. pilchardus* montre une évolution saisonnière bien marquante, il passe par 2 phases:

- Une phase de bonne condition s'étalant entre octobre et mai, durant laquelle les valeurs du K varient de 0.25% à 0.98% chez les mâles et de 0.36% à 0.94% chez les femelles.
- Une phase de mauvaise condition s'étalant entre juin et septembre et se caractérise par des fluctuations d'amplitude faible allant de 0.10% à 0.36% chez les mâles et de 0.16% à 0.36% chez les femelles.

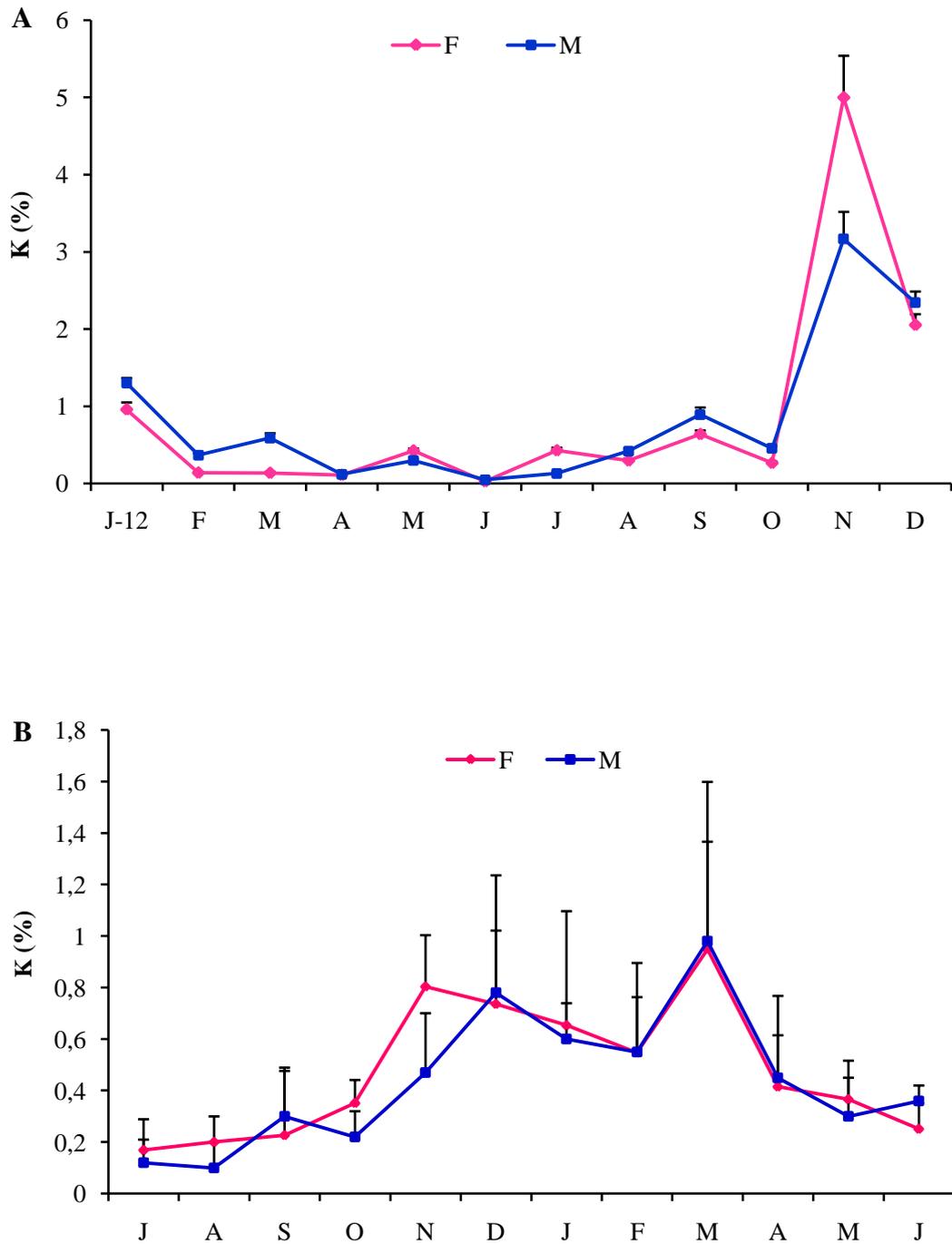


Figure 16: Variations mensuelles du coefficient de condition chez les mâles et les femelles d'*E. encrasicolus* (A) et de *S. pilchardus* (B) du LEA.

3.1.4.2. Examen macroscopique des gonades et stades de maturité sexuelle

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, la détermination du sexe et du stade de maturité sexuelle des individus mâles et femelles repose sur l'observation macroscopique de leurs gonades durant un cycle annuel. Une échelle macroscopique de maturité sexuelle à 7 stades (Fontana, 1969) a été utilisée (Tab. 4).

Les observations, réalisées sur l'ensemble des gonades d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus*, ne nous ont pas permis de distinguer les gonades immatures qui n'ont jamais frayé (St. I) de celles qui sont en repos sexuel après une période de reproduction (St. II). Les gonades appartenant à ces 2 différents stades sont sexuellement inactives et possèdent les mêmes caractéristiques macroscopiques. Par conséquent, elles ont été regroupées en un seul stade qui est le stade inactif (Stade I) et ne sont distinguées que par l'étude histologique ou la détermination de la taille de 1^{ère} maturité sexuelle (Tab. 9 et 10). De même, les gonades aux stades VI (post-ponte/émission partielle) et VII (post-ponte/émission finale) qui apparaissent flasques durant et après la période de reproduction, ont été regroupées en stade post-ponte/émission (Stade V) en raison de la difficulté de leur distinction (Tab. 9 et 10). En plus, pendant toute la période d'échantillonnage, l'observation de gonades en post-ponte/émission finale complètement flasques était rare. Ainsi, 5 stades de maturité sexuelle ont été déterminés macroscopiquement pour les mâles et les femelles d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* (Tab. 9 et 10):

- Stade I: Inactif (Immature/Repos).
- Stade II: Début de maturation.
- Stade III: Pré-ponte/Pré-émission.
- Stade IV: Ponte/Emission.
- Stade V: Post-ponte/Post-émission.

Tableau 9: Aspect macroscopique des ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* à différents stades de maturité sexuelle.

Stades de maturité	Aspect macroscopique des ovaires
I- Inactif (immature ou repos)	<p>Inactivité sexuelle A ce stade, les ovaires sont soit immatures soit en repos sexuel après une période de ponte. Ces ovaires sont sexuellement inactifs et ne présentent aucune activité sexuelle. Leurs caractéristiques macroscopiques sont pratiquement identiques et se résument comme suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ovaires petits et fermes. • La couleur est translucides ou bien rose claire, parfois coloré en orange pâle. • La vascularisation superficielle est très fine. • Les ovocytes sont trop petits et invisibles à l'œil nu. <p>Remarque: Macroscopiquement, il est difficile de différencier entre les gonades immatures et celles qui sont en repos.</p>
II- Début de maturation	<p>En voie de maturation Au cours de ce stade, les ovaires commencent à se développer. Leur forme change légèrement.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ils sont fermes, peu volumineux mais plus gros que le stade I. • La couleur varie du rose pâle à l'orange clair. • La vascularisation devient plus importante. • Quelques ovocytes de petite taille sont visibles à l'œil nu à travers la membrane ovarienne.
III- Pré-ponte	<p>Maturation avancée et développement des ovaires A ce stade, les ovaires sont en maturation avancée et subissent des changements importants.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ils augmentent considérablement de taille et deviennent volumineux et moins fermes, occupant les 2/3 de la cavité abdominale. • La coloration est variable, généralement orange clair ou foncé. • La surface des ovaires devient granuleuse et les ovocytes sont visibles à travers une membrane ovarienne fine. • La vascularisation superficielle est très importante.
IV- Ponte	<p>Maturation finale et reproduction Les ovaires sont à leur développement final, ils sont en phase de reproduction caractérisée par l'émission d'ovocytes mûrs.</p> <ul style="list-style-type: none"> • A ce stade, les ovaires atteignent leur volume maximum et occupent toute la cavité abdominale. • A la moindre pression exercée sur l'abdomen, des ovocytes transparents et de grande taille sont expulsés vers l'extérieur. Selon l'espèce la forme des ovocytes change, ils sont ovoïdes chez l'anchois et sphériques chez la sardine. • La couleur des ovaires varie de l'orange foncé au rouge due à une forte vascularisation surtout sur les parties postérieures des ovaires.
V- Post-ponte	<p>Post-reproduction Dès la fin de la période de ponte, les ovaires rentrent en phase de post-reproduction. Ils deviennent flasques et vidés de leurs contenus.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au début de ce stade (post-ponte partielle), les ovaires sont rose saumon avec la présence de quelques ovules et de nombreuses zones hyalines. • A la fin du stade (post-ponte finale), les ovaires sont épuisés, ils deviennent rouges due à une très forte vascularisation. Des tâches marron représentant des zones en voie de nécrose sont présentes. Quelques ovocytes transparents résiduels sont observés. <p>Remarque: Il est difficile de différencier macroscopiquement entre l'ovaire en post-ponte partielle et celui en post-ponte finale.</p>

Tableau 10: Aspect macroscopique des testicules d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* à différents stades de maturité sexuelle.

Stades de maturité	Aspect macroscopique des testicules
I- Inactif (immature ou repos)	<p>Inactivité sexuelle</p> <p>Les testicules à ce stade sont inactifs et ne manifestent aucune activité sexuelle. Ils sont difficilement identifiables soit immature ou en repos sexuel.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Macroscopiquement, ils sont petits et fins en forme de lame de couteau, noyés dans le tissu musculaire ou adipeux. • Ils sont de couleur blanc, rose ou légèrement transparent, très fins. <p>Remarque: Macroscopiquement, il est difficile de différencier entre les testicules immatures et en repos.</p>
II- Début de maturation	<p>En voie de maturation</p> <p>Au cours de ce stade, les testicules commencent à se développer par changement d'apparence. Ils sont facilement identifiables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ils deviennent plus gros que le stade précédent, indiquant l'entrée au processus de maturation. • Ils sont de couleur blanchâtre et de consistance plus ou moins molle. Si l'on y fait une incision aucun liquide ne coule.
III- Pré-émission	<p>Maturation avancée et développement des testicules</p> <p>Les testicules dans cette phase sont bien développés, ils sont en maturation avancée.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leur apparence change, ils deviennent blancs, mous et très volumineux, occupant la quasi totalité de la cavité abdominale. • Les testicules en pré-émission sont turgides et remplis de sperme de couleur blanchâtre mais ils ne sont pas prêts à l'émettre vers l'extérieur. • Ils présentent une vascularisation bien visible sur leurs surfaces.
IV- Emission	<p>Maturation finale et reproduction</p> <p>Les testicules sont à leur développement maximal. Ce stade correspond à l'émission de spermatozoïdes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les testicules sont très volumineux, occupant la totalité de la cavité abdominale avec une surface lisse et très molle. • La coloration change du blanc au blanc-ivoire. • A ce stade, les testicules sont remplis de sperme et la moindre pression exercée sur l'abdomen provoque son l'écoulement vers l'extérieur.
V- Post-émission	<p>Post-reproduction</p> <p>Dès la fin de la période de reproduction, les testicules rentrent en phase de post-reproduction. Ils deviennent flasques et vidés de leurs contenus.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au début (Post-émission partielle), les testicules sont flasques. La couleur rose observée surtout dans la partie postérieure correspond à une très fine vascularisation. • A la fin (Post-émission finale), les testicules sont très flasques et fortement vascularisés. <p>Remarque: Il est difficile de différencier macroscopiquement entre les testicules en post-émission partielle et les testicules en post-émission finale.</p>

3.1.4.2.1. Variations mensuelles des stades de maturité sexuelle

D'une manière générale, les ovaires et les testicules d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* se trouvent à différents stades de maturité au cours de l'année, avec cependant des fréquences variables.

Chez *E. encrasicolus*, les gonades au stade I sont observées durant toute l'année. Elles constituent majoritairement les prises en novembre, 61.62%, décembre, 75.66%, janvier, 82.74% et février avec 54.34%. Au cours de cette période, nous observons des anchois de grande taille, suggérés comme matures avec des gonades en état de repos sexuel, et des anchois de petite taille contenant de petites gonades suggérées comme immatures. Entre mars et octobre, le nombre des gonades au stade I diminue pour atteindre des valeurs très faibles allant de 0.99% à 16.73 % (Fig. 17).

Les gonades en maturation (stade II), indiquant le début de la gamétogénèse, apparaissent dès la fin janvier avec 8.07% pour atteindre un maximum de 64.85% en mars. Ensuite leur nombre diminue progressivement pour afficher des valeurs plus basses en août et octobre avec respectivement 2.40 et 5.24% (Fig. 17).

Les gonades matures (stade III), complètement développées, apparaissent dans les échantillons dès mars avec 30.19%. Leur nombre augmente significativement à partir d'avril, pour atteindre 56.13%, et se poursuit jusqu'à fin octobre avec 17.03% (Fig. 17).

Une forte proportion de gonades en reproduction (stade IV) a été observée en mai avec 58.76%, indiquant le déclenchement de l'émission d'ovocytes et de spermatozoïdes mûrs. L'émission de ces produits génitaux se poursuit jusqu'à octobre, où les gonades en reproduction représente 58.95%, pour prendre fin en novembre. Des gonades matures, en reproduction ont été observées également en janvier avec cependant des fréquences très faibles. Ceci est expliqué par le décalage de la maturation des petits spécimens qui, par rapport aux grands, finissent leur acte de reproduction plus tardivement (Fig. 17).

Les gonades en post-reproduction (stade V) apparaissent dès septembre avec 18.85%. Elles sont abondantes entre novembre atteignant 38.38% et décembre avec 23.01%, elles sont aussi observées en janvier, février et mars avec des fréquences respectives de 6.95%, 6.52% et 3.96% (Fig. 17).

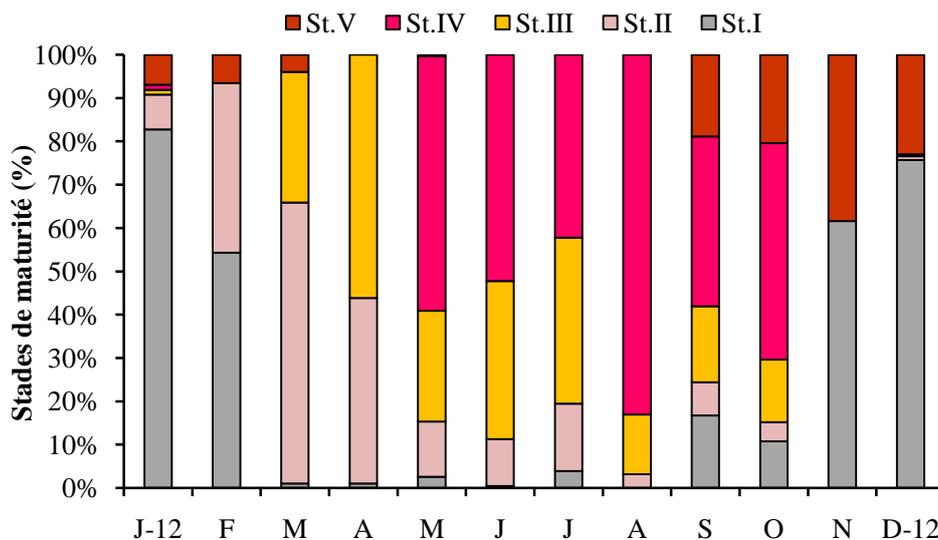


Figure 17: Variations mensuelles des proportions des 5 stades de maturité sexuelle chez *E. encrasicolus* du LEA.

Chez *S. pilchardus*, les gonades immatures et en repos sexuel (stade I) sont présentes le long de l'année avec des fréquences variables. Elles sont très abondantes entre juillet avec 90.31% et septembre avec 79.51%. Leur nombre diminue et devient faible il passe de 1.64% à 23.11% entre octobre et juin (Fig. 18).

Les gonades en maturation (stade II), apparaissent dans les échantillons à partir de septembre avec un taux de 19.48%. Leur nombre augmente considérablement en octobre et atteint 73.05% puis, diminue progressivement jusqu'à 11.9% en décembre.

Des gonades matures et développées (stade III) sont observées dès octobre avec 4.15%. Leur présence se poursuit jusqu'à mars où elles représentent 18.38% avec un maximum de 77.61% en décembre (Fig. 18).

Les gonades en reproduction (stade IV) apparaissent en janvier avec 84.89% elles correspondent à l'émission d'ovocytes et de spermatozoïdes matures. A partir de février elles atteignent 74.64%, leur nombre diminue progressivement pour atteindre la valeur la plus basse en avril avec 51.5% avant de disparaître à partir de mai (Fig. 18).

Les gonades en post-reproduction (stade V) sont rencontrées dans les prises à partir d'avril où elles représentent 46.86%. Elles sont très abondantes en mai avec 94.27% et juin avec 83.74%, indiquant la fin de la saison de reproduction. Leur nombre est très faible en septembre avec 0.97% (Fig. 18).

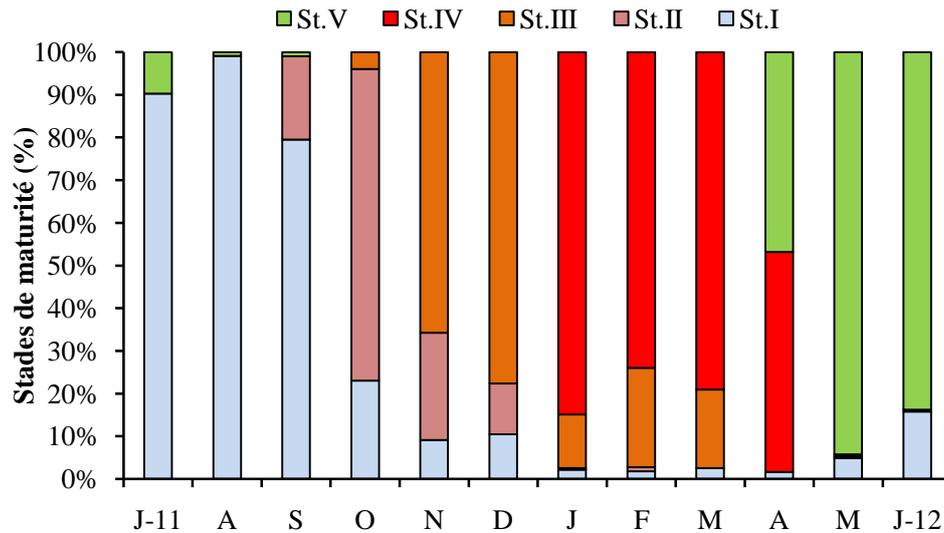


Figure 18: Variations mensuelles des proportions des 5 stades de maturité sexuelle chez *S. pilchardus* du LEA.

3.1.4.2.2. Taille à la 1^{ère} maturité sexuelle

Le calcul des proportions des individus matures (Pr) par classe de taille, nous a permis de tracer les courbes de maturité, qui traduisent le passage progressif de l'état juvénile à l'état adulte et d'estimer la taille de 1^{ère} maturité sexuel (L_{m50}) du stock d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* peuplant le LEA.

Chez *E. encrasicolus*, la L_{m50} est estimée à une longueur totale de:

- 10,40 cm pour la population totale.
- 10.71 cm pour les mâles.
- 9.86 cm pour les femelles.

Au-delà de 15 cm tous les anchois échantillonnés sont matures (Fig. 19).

Les femelles d'*E. encrasicolus* atteignent leur maturité à 9.86 cm alors que celle des mâles est de 10.71 cm. La comparaison statistique des valeurs calculées de la L_{m50} indique que la différence entre les 2 sexes est significative ($F = 325.24$; $P < 0.05$) ce qui montre bien que les femelles sont pubères plus tôt que les mâles.

Chez *S. pilchardus*, la L_{m50} , est estimée à une longueur totale de:

- 11,09 cm pour la population totale.
- 11.56 cm pour les mâles.
- 11,37 cm pour les femelles.

Au-delà de 16 cm, toutes les sardines échantillonnées sont matures (Fig. 20).

La comparaison statistique des valeurs calculées de la L_{m50} montre que la différence entre les 2 sexes sardine n'est pas significative ($F = 0.04$; $P > 0.05$).

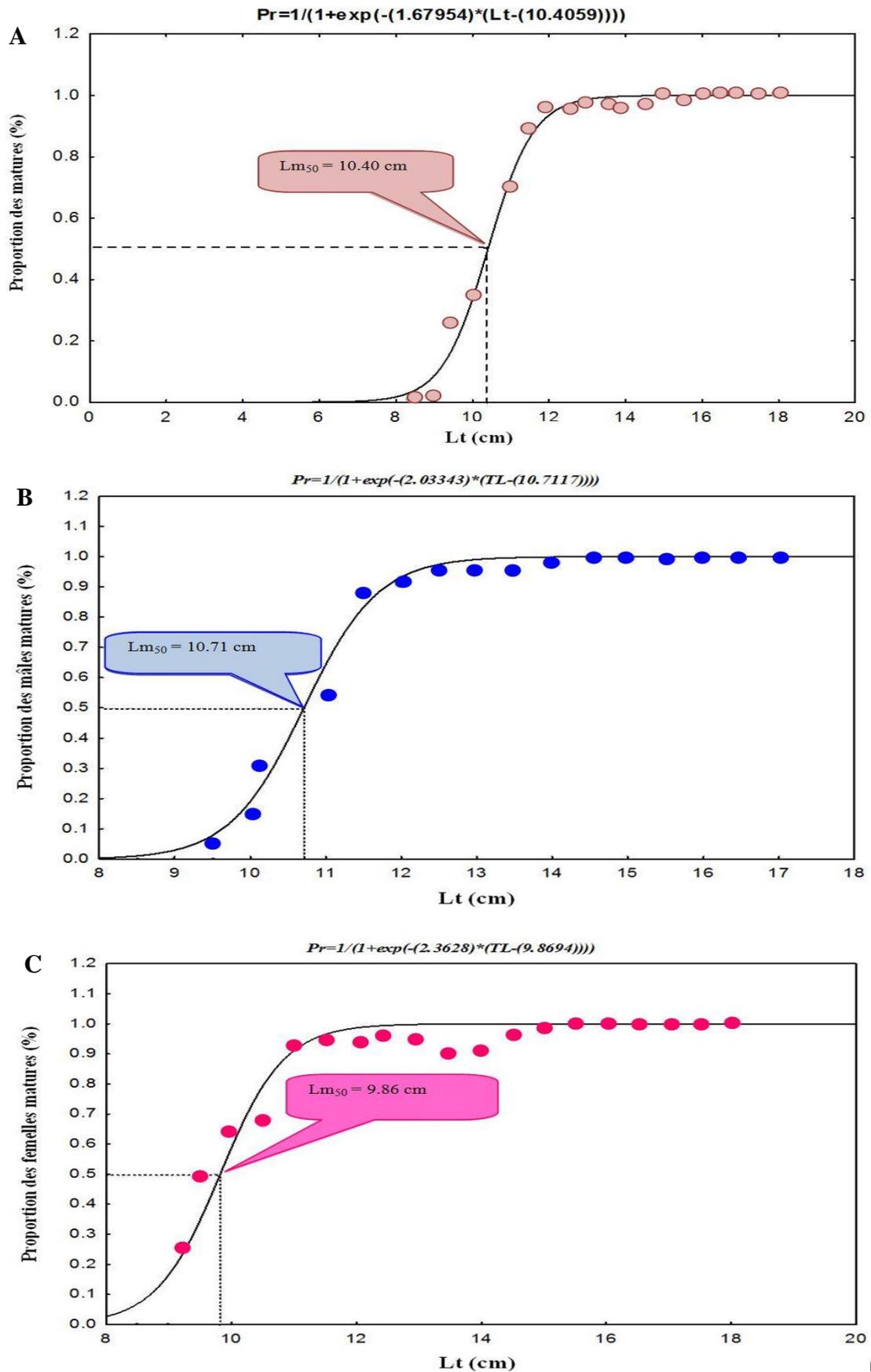


Figure 19: Taille à la 1^{ère} maturité sexuelle chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) d'*E. encrasicolus* du LEA.

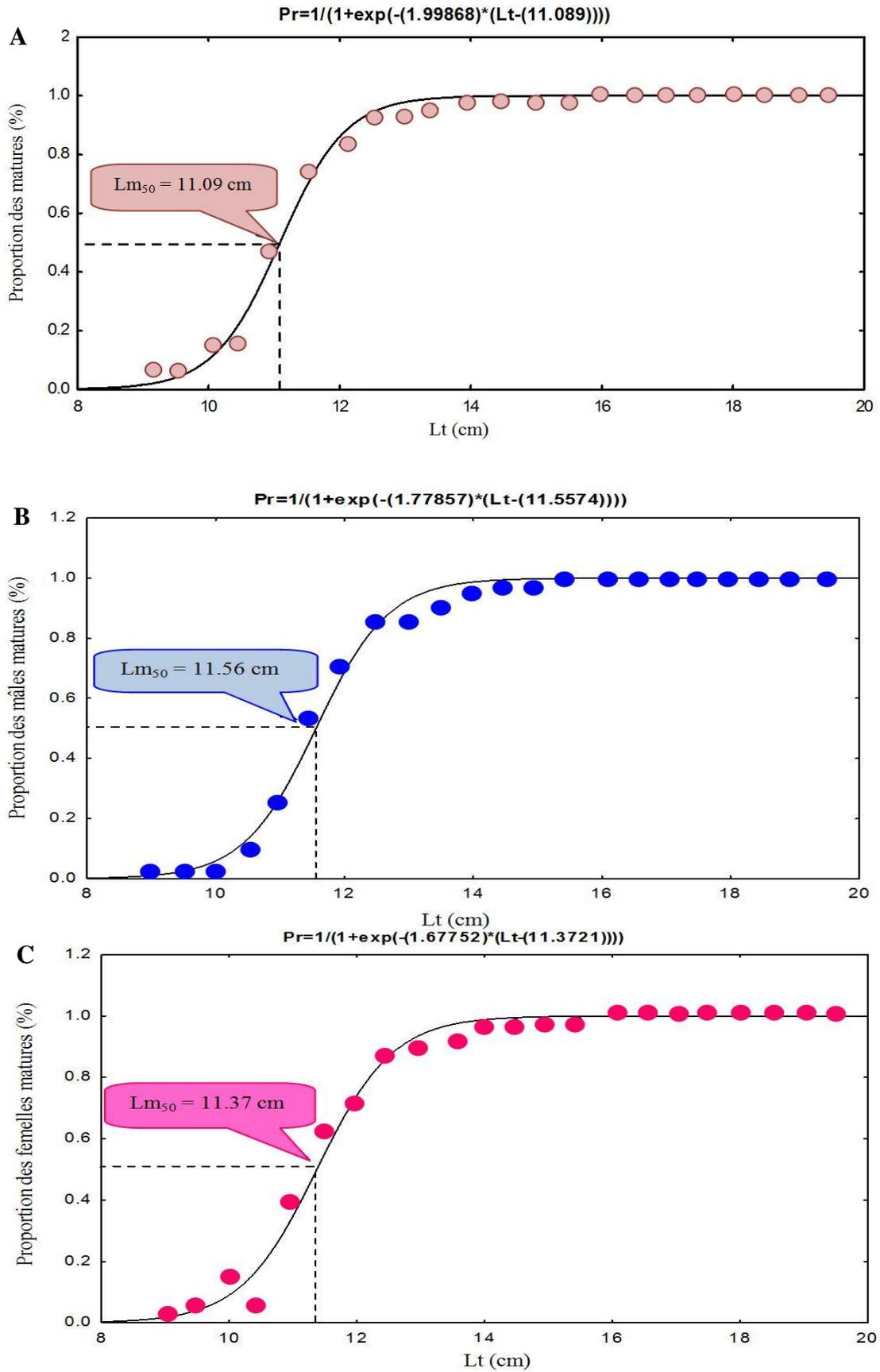


Figure 20: Taille à la 1^{ère} maturité sexuelle chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) de *S. pilchardus* du LEA.

3.1.4.3. Examen microscopique des ovaires et stratégie de ponte

L'observation microscopique des ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* a été réalisée simultanément avec les aspects macroscopiques identifiés et correspondant aux différentes phases du cycle reproducteur des 2 espèces. Cela nous a permis de suivre le développement histologique des ovaires. Ce développement est classé en stades définis en fonction de l'ovogénèse.

Pour décrire le cycle sexuel d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* nous avons retenu une échelle ovocytaire dont l'identification et la terminologie des ovocytes sont inspirées des travaux de Brown-Peterson *et al.* (2011) et de Lowerre-Barbieri *et al.* (2011). Le stade de maturité de l'ovaire a été défini suivant le degré de maturité du lot d'ovocytes le plus avancé présent dans l'échantillon d'ovaire (**MAGO**: the **M**ost **A**dvanced **G**roup of **O**ocytes), l'incidence de follicules post-ovulatoire et la présence d'atrésie folliculaire (Hunter & Macewitz, 1985).

L'examen microscopique nous a permis d'identifier, pour chaque espèce, 6 stades ovariens (Fig. 21, Fig. 22):

- Stade I: Ovaire immature.
- Stade II: Ovaire en maturation.
- Stade III: Ovaire mature (Pré-ponte).
- Stade IV: Ovaire en reproduction (Ponte).
- Stade V: Ovaire en post-ponte.
- Stade VI: Ovaire en repos sexuel.

3.1.4.3.1. Aspect microscopique des ovaires d'*Engraulis encrasicolus* et de *Sardina pilchardus*

L'examen microscopique des ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* montre que leurs aspects histologiques est de type cytovarien, organisés en lamelles ovariennes. Le degré de maturité du lot d'ovocytes le plus avancé (**MAGO**), présent dans les échantillons d'ovaires prélevés à différentes période de l'année, nous a permis de définir 6 stades de maturité sexuelle. Chaque stade est caractérisé par la présence de nombreux ovocytes à différentes phases de développement. Au cours de l'ovogénèse, 6 types cellulaires ont été définis: ovocytes pré-périnucléaires (ovogonies), ovocytes périnucléaires, ovocytes pré-vitellogéniques, ovocytes vitellogéniques (primaires, secondaire et tertiaires), ovocytes mûrs et ovocytes atrétiques (Fig. 21, Fig. 22).

3.1.4.3.1.1. Structure histologique des ovaires immatures

Les ovaires immatures d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* sont caractérisés par la présence de 2 variétés d'ovocytes immatures: ovocytes prépérinucléaires et ovocytes périnucléaires (Fig. 21A, Fig. 22A).

- **Les ovocytes prépérinucléaires (ovogonies) (Opp)** sont des cellules arrondies de très petite taille entre 20 et 40 μm et à noyau non encore différencié. Les ovogonies apparaissent enrobées dans le stroma ovarien. Ce sont les précurseurs de la division cellulaire et présents dans l'ovaire durant toute son existence.
- **Les ovocytes périnucléaire (Op)** sont des petites cellules (40 μm de diamètre ou plus) de forme polyédrique, caractérisées par un cytoplasme dense et homogène fortement coloré en hématoxyline. Le noyau apparaît large et centrale, plus clair que le cytoplasme. Plusieurs nucléoles (Nu) ont été observés dans la périphérie interne du noyau.

3.1.4.3.1.2. Structure histologique des ovaires en maturation

Au début de maturation, les ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* renferment plusieurs ovocytes à différents stades de développement (Fig. 21B, Fig. 22B).

- **Des ovocytes pré-vitellogéniques (O_{pv})** de tailles relativement plus importantes. Ces ovocytes sont caractérisés par un cytoplasme dépourvu de toutes inclusions vitellines. Des petites vacuoles transparentes (alvéoles corticaux) sont observées dans sa périphérie externe formant une seule couronne puis plusieurs rangées périphériques, donnant au cytoplasme un aspect granuleux. Le noyau est gros et central, présentant plusieurs nucléoles plaqués contre l'enveloppe nucléaire qui est régulière.
- **Des ovocytes vitellogéniques primaires (O_{v I}) et secondaires (O_{v II})** apparaissent et remplissent la lumière folliculaire. Au début de la vitellogenèse, des vésicules vitellines s'accumulent et s'organisent en couronne à la périphérie du cytoplasme. Ensuite, la taille et le nombre de ces vésicules augmentent. Ils vont progressivement remplir la quasi-totalité du cytoplasme qui devient granulaire et l'enveloppe nucléaire apparaît irrégulière. Des gouttelettes lipidiques qui tendent à fusionner, formant une couronne, peuvent être observées autour du noyau entre les grains de vitellus.

A ce stade, les membranes folliculaires sont bien différenciées de l'extérieur vers l'intérieur par une thèque externe, une couche de cellules folliculaires et la *zona radiata*.

- **Des ovocytes prépérinucléaires et périnucléaires** sont également présents.

3.1.4.3.1.3. Structure histologique des ovaires matures

Les ovaires matures d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* sont caractérisés par l'apparition d'ovocytes en vitellogenèse avancée (ovocytes tertiaires) (Fig. 21C, Fig. 22C).

Les ovocytes vitellogéniques tertiaires (Ov III) apparaissent granuleux, les grains de vitellus envahissent tout le volume cytoplasmique et les inclusions lipidiques deviennent plus denses. A ce stade, le noyau, central ou rejeté à la périphérie, est difficilement visible. La *zona radiata* atteint son épaisseur maximale.

- Au cours de ce stade, les follicules sont juxtaposés, bien regroupés et remplis de gros ovocytes vitellogéniques tertiaires, donnant un aspect dense aux ovaires. Ces follicules sont entourés par des amas d'ovocytes à tous les stades de vitellogenèse (ovocytes périnucléaire, ovocytes pré-vitellogéniques et vitellogéniques).
- A ce stade, les follicules post-ovulatoires (Fpo) sont totalement absents.

3.1.4.3.1.4. Structure histologique des ovaires en reproduction

En stade de ponte, les ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* atteignent leur maturité finale, ils renferment **des ovocytes mûrs en fin de vitellogenèse** (Fig. 21D, Fig. 22D). L'ovocyte mûr atteint sa taille maximale d'environ 1000 µm ou plus (axe major) chez l'anchois et 800 µm ou plus chez la sardine. A ce stade, l'ovocyte semble liquéfié, il peut se détacher de son follicule pour être libéré dans la cavité ovarienne puis expulsé vers l'extérieur et le tissu conjonctif, sur lequel reposent les follicules mûrs, devient lâche. A la fin de vitellogenèse succèdent 2 phases: la maturation ovocytaire et l'ovulation (Fig. 24D, Fig. 25D).

La maturation ovocytaire se fait en 2 phases:

- **La migration de la vésicule germinative:** les inclusions lipidiques denses se fusionnent et suivent la migration du noyau vers la périphérie de l'ovocyte. A ce stade, le noyau prend l'appellation de **vésicule germinative**.

- **L'hydratation:** l'enveloppe nucléaire se désintègre et le contenu du noyau se disperse dans le cytoplasme. Une absorption rapide des fluides (hydratation) permet la liquéfaction du vitellus qui perd sa consistance et donne aux ovocytes mûrs un aspect hyalin. A ce stade, les ovocytes sont appelés **hyalins**.

L'ovulation: les ovocytes hyalins (Oh), qui apparaissent irréguliers, seront pondus ultérieurement.

-Des follicules post-ovulatoires (Fpo) indiquant une ponte antérieure sont présents à ce stade.

3.1.4.3.1.5. Structure histologique des ovaires en post-ponte partielle

Les ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* en post-ponte partielle sont caractérisés par:

- La présence simultanée de nombreux follicules post-ovulatoires et d'ovocytes à différents stades de développement indique une ponte ultérieure.
- Le degré de maturité du lot d'ovocytes le plus avancé correspond à celui du stade pré-ponte (ovocytes vitellogéniques tertiaires). Ces derniers, lorsqu'ils arrivent à maturité, vont être pondus par lots et les follicules se vident au fur et à mesure que la ponte se poursuit.

Le stade post-ponte partielle est difficilement observable dans les coupes histologiques que nous avons préparées.

3.1.4.3.1.6. Structure histologique des ovaires en post-ponte finale

Les ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* en post-ponte finale apparaissent à la fin de la période de reproduction. Après la dernière ponte, les ovaires apparaissent nettement désorganisés et tous les ovocytes vitellogéniques en voie de maturation présentent des signes de nécrose. L'atrésie est le signe de la fin de la saison de reproduction et le début de la récupération (Fig. 21E, Fig. 22E).

Au stade post-ponte finale, les ovaires se caractérisent par la présence de nombreuses structures histologiques à savoir:

- **Follicules post-ovulatoires (Fpo)**, dépourvus d'ovocytes, constitués de l'enveloppe folliculaire avec des cellules résiduelles et présentant une lumière large et irrégulière.
- **Ovocytes vitellogéniques atrétiques (Ova)**: Les ovocytes vitellogéniques, à tous les stades de développement, n'ayant pas pu achever leur maturation rentrent en atrésie pré-ovulatoire et dégénèrent. Les ovocytes atrétiques (Ova), non émis perdent leur forme. Ils apparaissent irréguliers avec rétrécissement du follicule, désorganisation et liquéfaction du vitellus, hypertrophie des cellules folliculaires et digestion de vitellus par les cellules folliculaires. Les ovocytes atrétiques à différents stades de résorption vont progressivement disparaître, seule subsiste l'enveloppe folliculaire d'un aspect aplati et ondulé.
- **Follicules atrétiques (Fo)**: L'atrésie folliculaire se limite aux follicules post-ovulatoires qui, ayant expulsé leurs ovocytes, se remplissent d'une substance prenant une couleur rose au trichrome. Leur aspect est généralement lobé et leur résorption semble être très rapide car nous en dénombrons peu sur nos préparations histologiques.
- Les ovocytes atrétiques (Ova), apparaissent noyés et dispersés dans le tissu conjonctif, ils sont entourés d'amas abondants d'ovocytes immatures notamment des ovocytes périnucléaires (Op). Ces derniers augmentent considérablement en nombre, constituant la quasi-totalité du tissu ovarien.
- Au cours de ce stade, les ovocytes vitellogéniques sont totalement absents.

3.1.4.3.1.7. Structure histologique des ovaires en repos sexuel

Lorsque la période de reproduction prend fin, les ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* rentrent en **phase de récupération** et se réorganisent histologiquement. Les ovaires en stade de repos sexuel se caractérisent par la présence de (Fig. 21F, Fig. 22F):

- **Nombreux ovocytes immatures**, pré-périnucléaires (Opp) et périnucléaires (Op), disposés irrégulièrement sur l'épithélium des lamelles ovariennes, permettant l'apparition d'espaces interfolliculaires (Es).
- **Quelques follicules atrétiques (Fo)** qui tendent à se disparaître sont observés.
- Les ovocytes vitellogéniques sont complètement absents.

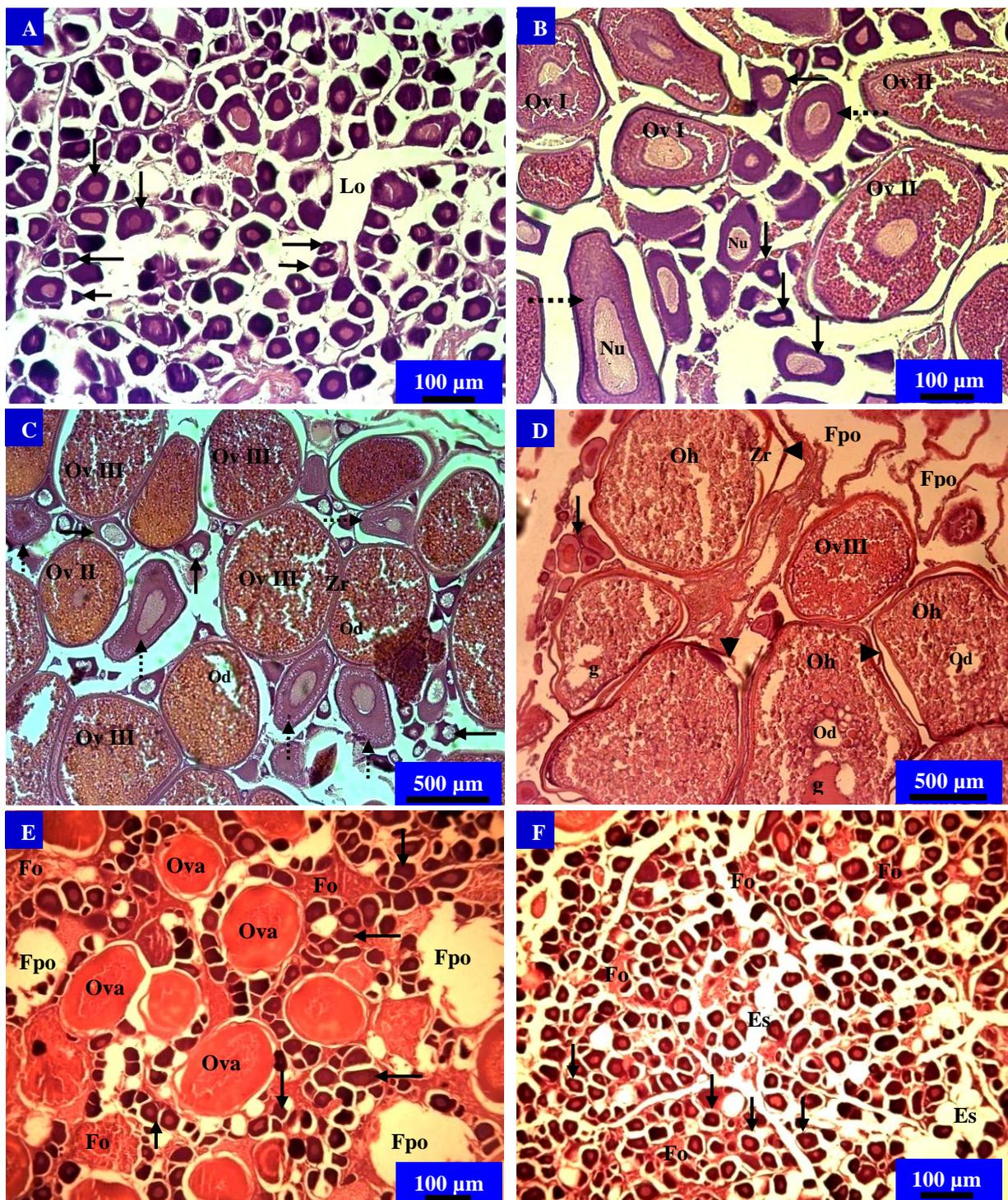


Figure 21: Microphotographies optiques de la structure histologique des ovaires d'*E. encrasicolus* à différents stades de maturité. **A:** Ovaire immature, **B:** Ovaire en maturation, **C:** Ovaire mature (pré-ponte), **D:** Ovaire en reproduction (ponte), **E:** Ovaire en post-ponte finale, **F:** Ovaire en repos sexuel. Coloration à l'Hémalun-Eosine. **Flèche**, ovocyte immature préperinucléaire (**Opp**) et perinucléaire (**Op**); **Flèche brisée**, ovocytes pré-vitellogénique; **Ov I**, ovocyte vitellogénique primaire; **Ov II**, ovocyte vitellogénique secondaire; **Ov III**, ovocyte vitellogénique tertiaire; **Oh**, ovocyte hyalin détaché de son follicule (en expulsion); **Tête de flèche**, thèque externe décollé; **Fpo**, follicule post-ovulatoire; **Ova**, ovocyte vitellogénique atrétique; **Fo**, follicule atrétique; **Lo**, lumière ovarienne; **Nu**, noyau avec nucléoles périphériques; **Zr**, zona radiata; **g**, vésicule germinative; **Od**, gouttelettes lipidiques; **Es**, espace interfolliculaire.

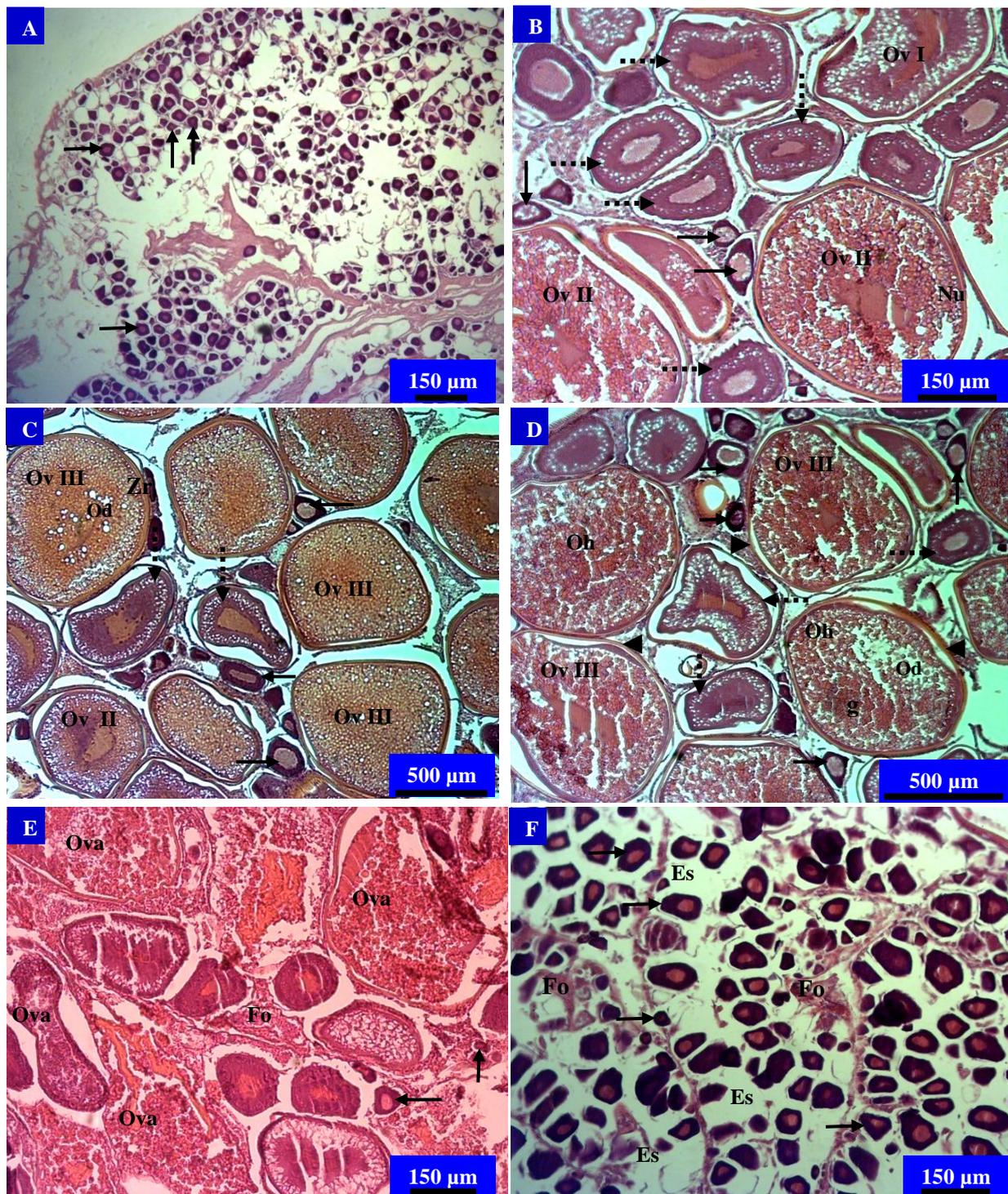


Figure 22: Microphotographies optiques de la structure histologique des ovaires de *S. pilchardus* à différents stades de maturité. **A:** Ovaire immature, **B:** Ovaire en maturation, **C:** Ovaire mature (pré-ponte), **D:** Ovaire en reproduction (ponte), **E:** Ovaire en post-ponte finale, **F:** Ovaire en repos sexuel. Coloration à l'Hémalun-Eosine. **Flèche**, ovocyte immature préperinucléaire (**Opp**) et périnucléaire (**Op**); **Flèche brisée**, ovocyte pré-vitellogénique; **Ov I**, ovocyte vitellogénique primaire; **Ov II**, ovocyte vitellogénique secondaire; **Ov III**, ovocyte vitellogénique tertiaire; **Oh**, ovocyte hyalin irrégulier en expulsion; **Ova**, ovocyte vitellogénique atrétique; **Tête de flèche**, thèque externe décollé; **Fo**, follicule atrétique; **Zr**, zona radiata; **Nu**, noyau avec nucléoles périphériques; **g**, vésicule germinative; **Od**, gouttelettes lipidiques; **Es**, espace interfolliculaire.

3.1.4.3.2. Diamètres ovocytaires

Le diamètre des ovocytes a été mesuré à partir de 300 ovocytes / ovaire prélevé en période de reproduction. Pour cela 11 ovaires d'*E. encrasicolus* et 12 ovaires de *S. pilchardus* ont été utilisés.

- **Chez *E. encrasicolus***, la taille des ovocytes oscille entre 20 et 1160 μm (axe major). Le diamètre ovocytaire moyen est de $307.29 \pm 246.38 \mu\text{m}$ avec un mode de 100 μm (Tab. 11).
- **Chez *S. pilchardus***, les ovocytes mesurent entre 30 et 850 μm . Le diamètre ovocytaire moyen est de $374.71 \pm 200.49 \mu\text{m}$ et le mode est de 300 μm (Tab. 11).

Tableau. 11: Diamètres ovocytaires chez *E. encrasicolus* et chez *S. pilchardus* du LEA.

Espèce	Diamètre ovocytaire (μm)			
	Min	Max	Moyenne	Mode
<i>E. encrasicolus</i>	20	1160	307.29 ± 246.38	100
<i>S. pilchardus</i>	30	850	374.71 ± 200.49	300

3.1.4.3.3. Dynamique ovocytaire

La dynamique ovocytaire a été suivie à partir de 12 ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus*. Pour l'anchois, 6 ovaires sont utilisés à partir de spécimens prélevés entre avril et août et mesurant entre 13.5 et 16.4 cm de longueur totale. Pour la sardine, 6 ovaires sont retenus à partir de spécimens prélevés entre novembre et février et mesurant entre 13.5 et 16.4 cm de longueur totale.

Chez les 2 espèces, la distribution des fréquences des diamètres ovocytaires est plurimodale du fait de l'existence de nombreux lots d'ovocytes au sein d'un même ovaire (Fig. 23, Fig. 24). Toutes les gonades renferment un lot d'ovocytes de réserve d'un diamètre modal de 50 μm . A partir de ce dernier se détache un 1^{er} lot d'ovocytes provenant de la prolifération des ovocytes de réserve. Ensuite, plusieurs lots successifs de diamètres modaux plus avancés sont observés dans les gonades chez les 2 espèces. La maturation des ovocytes se fait par vagues successives, au fur et à mesure que le 1^{er} lot d'ovocytes mûrit, un second prend sa place et ainsi de suite. Le lot d'ovocytes le plus avancé peut atteindre un diamètre modal de 1100 - 1150 μm chez *E. encrasicolus* (Fig. 23B) et de 700 - 750 μm chez *S. pilchardus* (Fig. 24E) constituant le groupe d'ovocytes matures et hydratés susceptibles d'être émis.

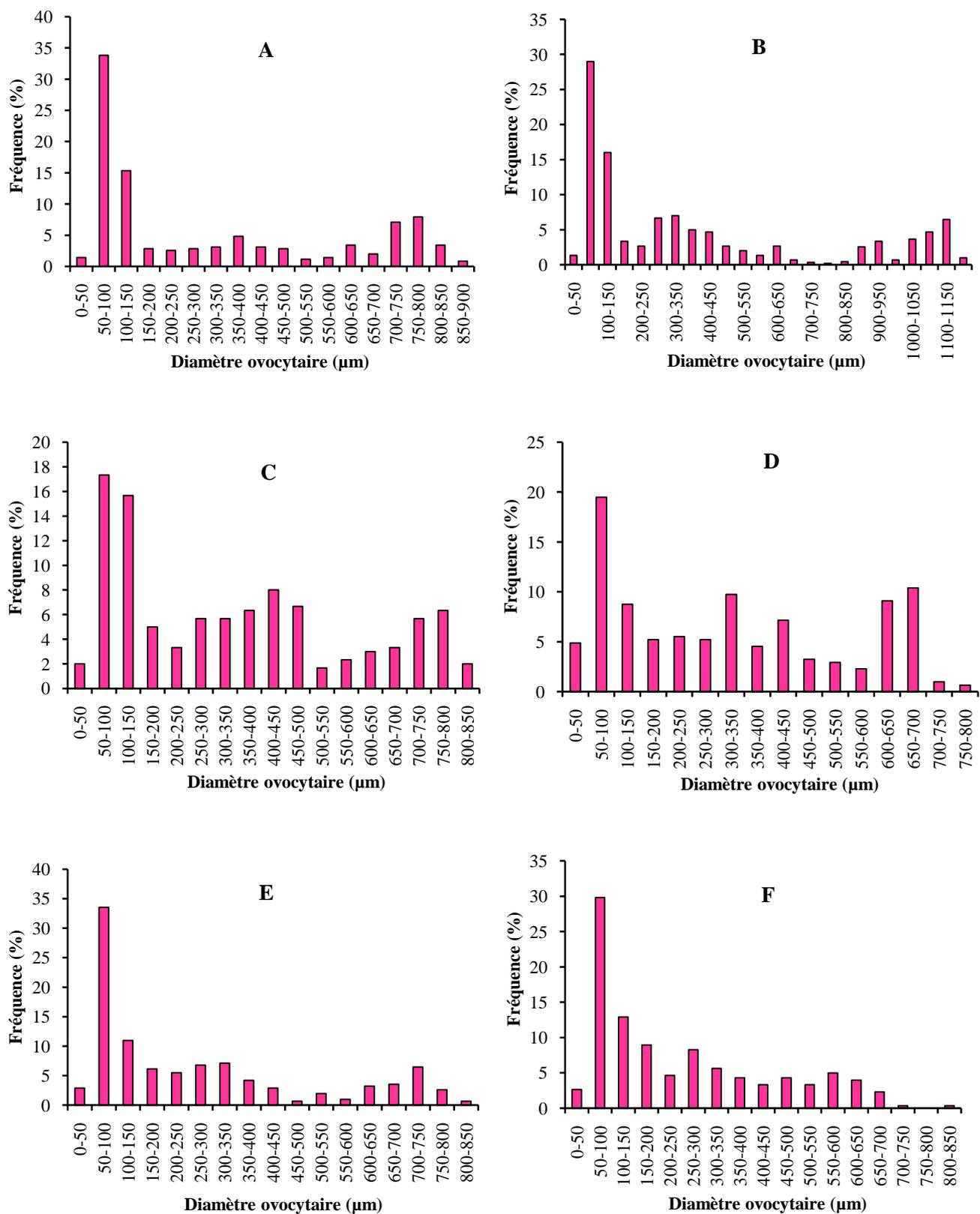


Figure 23: Distribution des fréquences des diamètres ovocytaires chez les ovaires d'*E. encrasicolus* du LEA. **A:** Avril (Lt = 13.5 cm); **B:** Mai (Lt = 15.2 cm); **C:** Juin (Lt = 14.7 cm); **D:** Juillet (Lt = 16.4 cm); **E:** Août (Lt = 15.3 cm); **F:** Août (Lt = 15.3 cm).

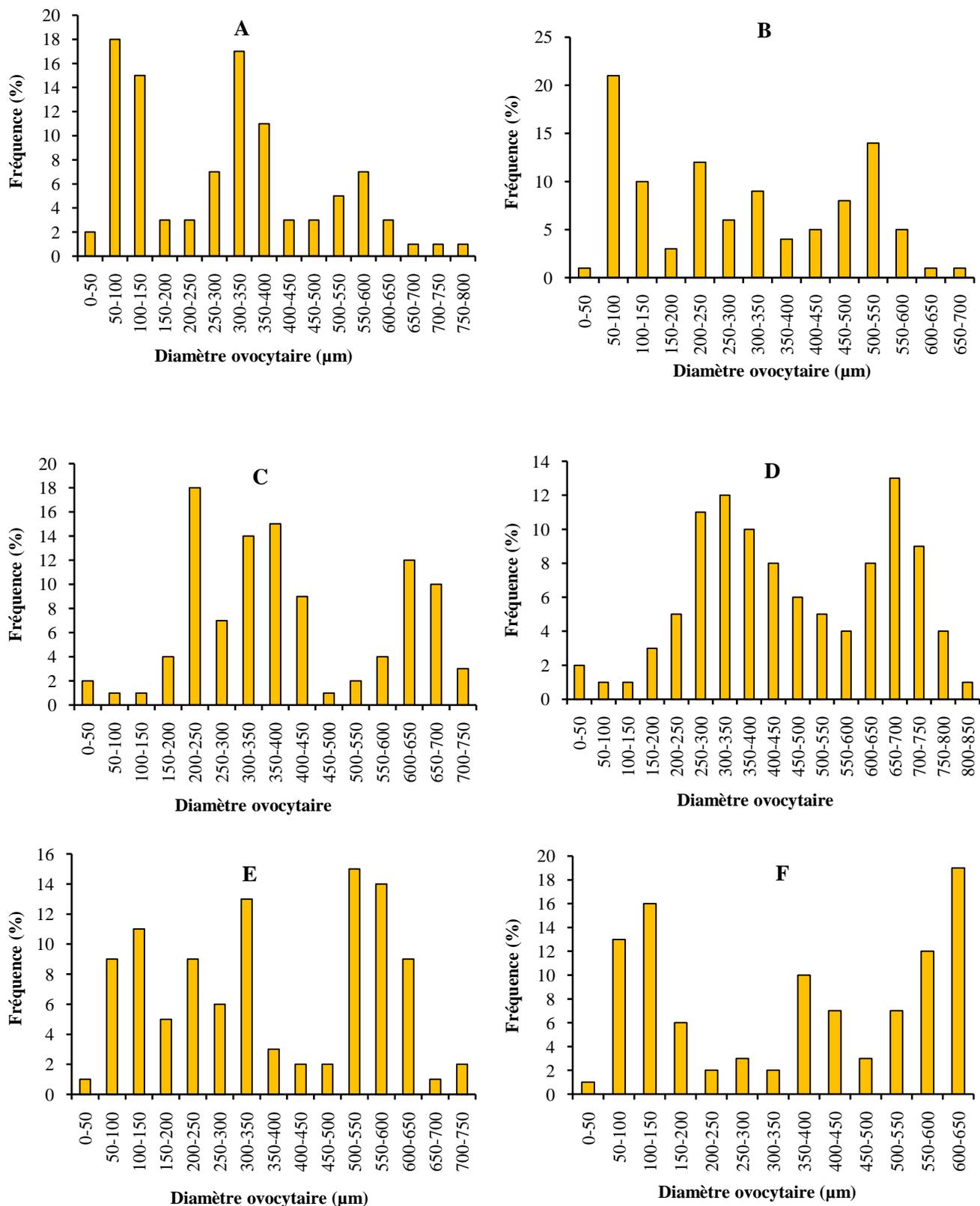


Figure 24: Distribution des fréquences des diamètres ovocytaires chez les ovaires de *S. pilchardus* du LEA. **A:** Janvier (Lt = 16.5 cm); **B:** Novembre (Lt = 15 cm); **C:** Décembre (Lt = 14.5 cm); **D:** Janvier (Lt = 14.6 cm); **E:** Février (Lt = 15.7 cm); **F:** Décembre (Lt = 16.5 cm).

3.1.4.3.4. Fécondité chez *Engraulis encrasicolus* et *Sardina pilchardus*

Pendant la période de ponte, les espèces *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* émettent des œufs de forme ovoïdes chez l'anchois et sphérique chez la sardine. Ces œufs sont pélagiques et leur densité est plus faible que la densité de l'eau de mer de surface ce qui engendre leur flottabilité. L'espace péri-vitellin est restreint chez l'œuf d'*E. encrasicolus* et plus large chez l'œuf de *S. pilchardus*. Les échanges seraient alors favorisés, entraînant une adaptation différente, après la ponte, aux variations du milieu (Fig. 25).

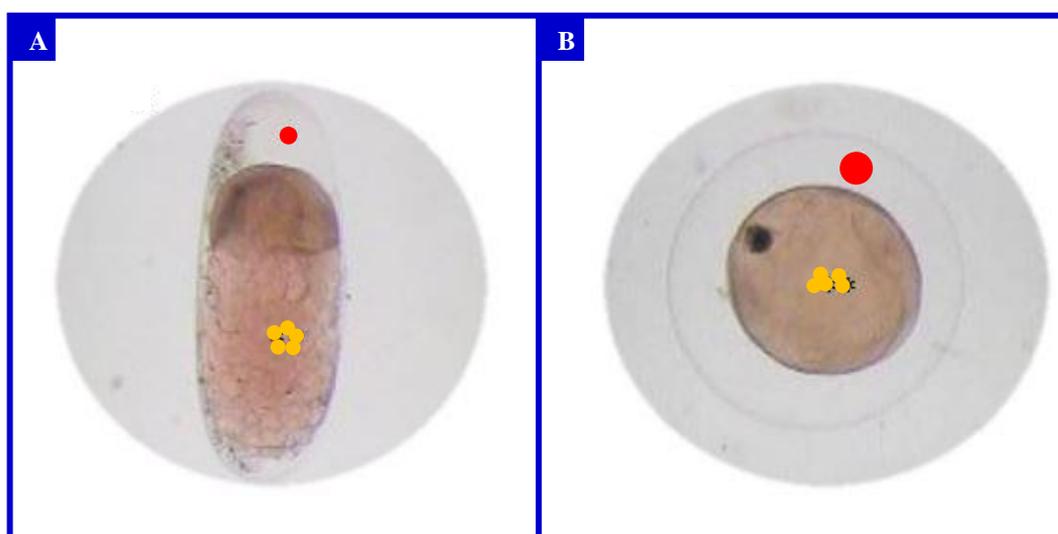


Figure 25: Microphotographies d'œuf d'*E. encrasicolus* (A), avec espace péri-vitellin restreint, et de *S. pilchardus* (B), avec espace péri-vitellin large. Boules jaunes, vitellus abondant et lâche; petite boule rouge, espace péri-vitellin restreint; grande boule rouge, espace péri-vitellin large.

3.1.4.3.4.1. Fécondité individuelle absolue et fécondité relative chez *Engraulis encrasicolus*

Chez *E. encrasicolus*, la fécondité individuelle absolue (Fa) oscille entre 5222 et 50390 ovocytes par femelle mature. La moyenne de la Fa est de 24757 ± 13222 ovocytes pour une longueur moyenne (Lt) de 15.05 cm et un poids moyen (Pt) de 22.89 g.

La fécondité relative (Fr) varie de 387 à 1976 ovocytes / g de poids somatique. La Fr moyenne est de 1091 ± 492 ovocytes / g (Tab. 12).

Tableau 12: Valeurs de la fécondité individuelle absolue et de la fécondité relative estimées chez *E. encrasicolus* du LEA.

Espèce	Fécondité individuelle absolue			Fécondité relative		
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne
<i>E. encrasicolus</i>	5222	50390	24757 ± 13222	387	1976	1091 ± 492

Chez *E. encrasicolus*, la fécondité individuelle absolue est positivement corrélée avec le poids total, le poids somatique, le poids des gonades et la longueur totale ($r \geq 0.73$; $P < 0.05$). Une meilleure corrélation a été obtenue entre fécondité absolue – poids des gonades. C'est pour cette relation que nous observons le coefficient de corrélation le plus élevé ($r = 0.91$; $P < 0.05$) (Tab. 13, Fig. 26).

Tableau 13: Relations entre la fécondité individuelle absolue et les paramètres pondéraux et métriques chez *E. encrasicolus* du LEA.

Fonctions	Relation	Equation de régression	Valeurs extrêmes, r
	d'allométrie		
Fa = f (Pt)	$Fa = 38.39 Pt^{2.0277}$	$\text{Log Fa} = 2.0277 \text{ Log Pt} + 1.58$	$12.5 \leq Pt \leq 31.33 \text{ g}$ $r = 0.73$
Fa = f (Ps)	$Fa = 10.53 Ps^{2.4782}$	$\text{Log Fa} = 2.4782 \text{ Log Ps} + 1.02$	$12.09 \leq Ps \leq 29.57 \text{ g}$ $r = 0.88$
Fa = f (Pg)	$Fa = 24038 Pg^{1.3669}$	$\text{Log Fa} = 1.3669 \text{ Log Pg} + 4.38$	$0.31 \leq Pg \leq 2 \text{ g}$ $r = 0.91$
Fa = f (Lt)	$Fa = 0.0002 Lt^{6.7434}$	$\text{Log Fa} = 6.7434 \text{ Log Lt} - 3.69$	$12.9 \leq Lt \leq 17.4 \text{ cm}$ $r = 0.73$

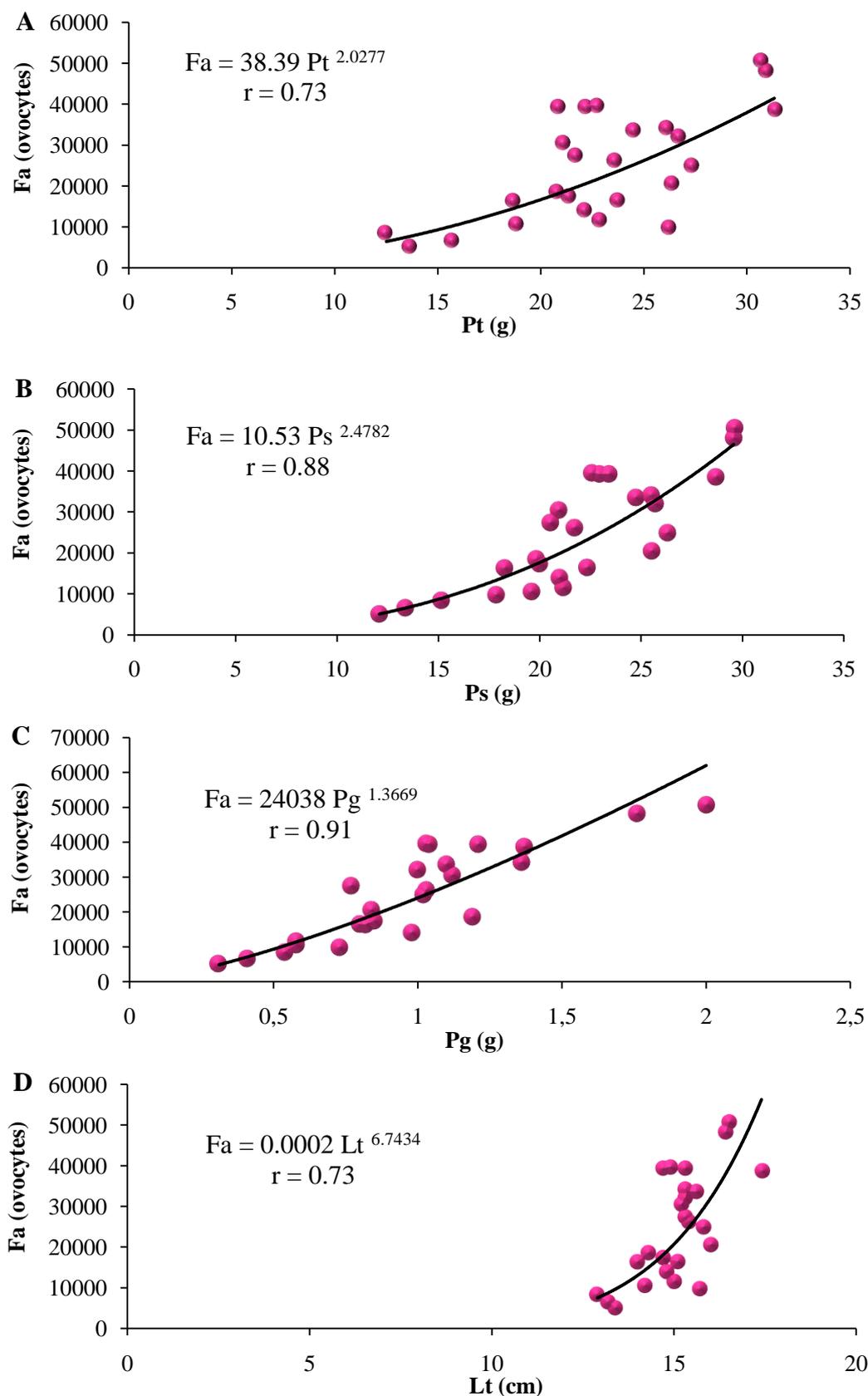


Figure 26: Relations d'allométrie entre la fécondité individuelle absolue et le poids total (A), le poids somatique (B), le poids des gonades (C) et la longueur totale (D) d'*E. encrasicolus* du LEA.

3.1.4.3.4.2. Fécondité individuelle absolue et fécondité relative chez *Sardina pilchardus*

Chez *S. pilchardus*, la Fa est comprise entre 10288 et 45386 ovocytes par femelle mature. La fécondité absolue moyenne est de 21433 ± 9067 ovocytes pour une Lt moyenne de 14.74 cm et un Pt moyen de 25.60 g.

La Fr de la sardine oscille entre 487 et 1508 ovocytes / g de poids somatique. La moyenne de la Fr est de 875 ± 269 ovocytes / g (Tab. 14).

Tableau 14: Valeurs de la fécondité individuelle absolue et de la fécondité relative estimées chez *S. pilchardus* du LEA.

Espèce	Fécondité individuelle absolue			Fécondité relative		
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne
<i>S. pilchardus</i>	10288	45386	21433 ± 9067	487	1508	875 ± 269

Chez *S. pilchardus*, la Fa est positivement corrélée avec le Pt, le Ps, le Pg et la Lt ($r \geq 0.64$; $P < 0.05$). Le meilleur coefficient de corrélation est constaté entre la Fa et le Pg ($r = 0.79$; $P < 0.05$) (Tab.15, Fig. 27).

Tableau 15: Relations entre la fécondité individuelle absolue et les paramètres pondéraux et métriques chez *S. pilchardus* du LEA.

Fonctions	Relation	Equation de régression	Valeurs extrêmes, r
	d'allométrie		
Fa = f (Pt)	$Fa = 579.21 Pt^{1.0987}$	$\text{Log Fa} = 1.0987 \text{ Log Pt} + 2.76$	$14.62 \leq Pt \leq 34.89 \text{ g}$ $r = 0.66$
Fa = f (Ps)	$Fa = 675.94 Ps^{1.0676}$	$\text{Log Fa} = 1.0676 \text{ Log Ps} + 2.83$	$13.85 \leq Ps \leq 33.41 \text{ g}$ $r = 0.64$
Fa = f (Pg)	$Fa = 16622 Pg^{0.9285}$	$\text{Log Fa} = 0.9285 \text{ Log Pg} + 4.22$	$0.58 \leq Pg \leq 2.57 \text{ g}$ $r = 0.79$
Fa = f (Lt)	$Fa = 4.3939 Lt^{3.1313}$	$\text{Log Fa} = 4.3939 \text{ Log Lt} + 0.64$	$12.2 \leq Lt \leq 16.5 \text{ cm}$ $r = 0.66$

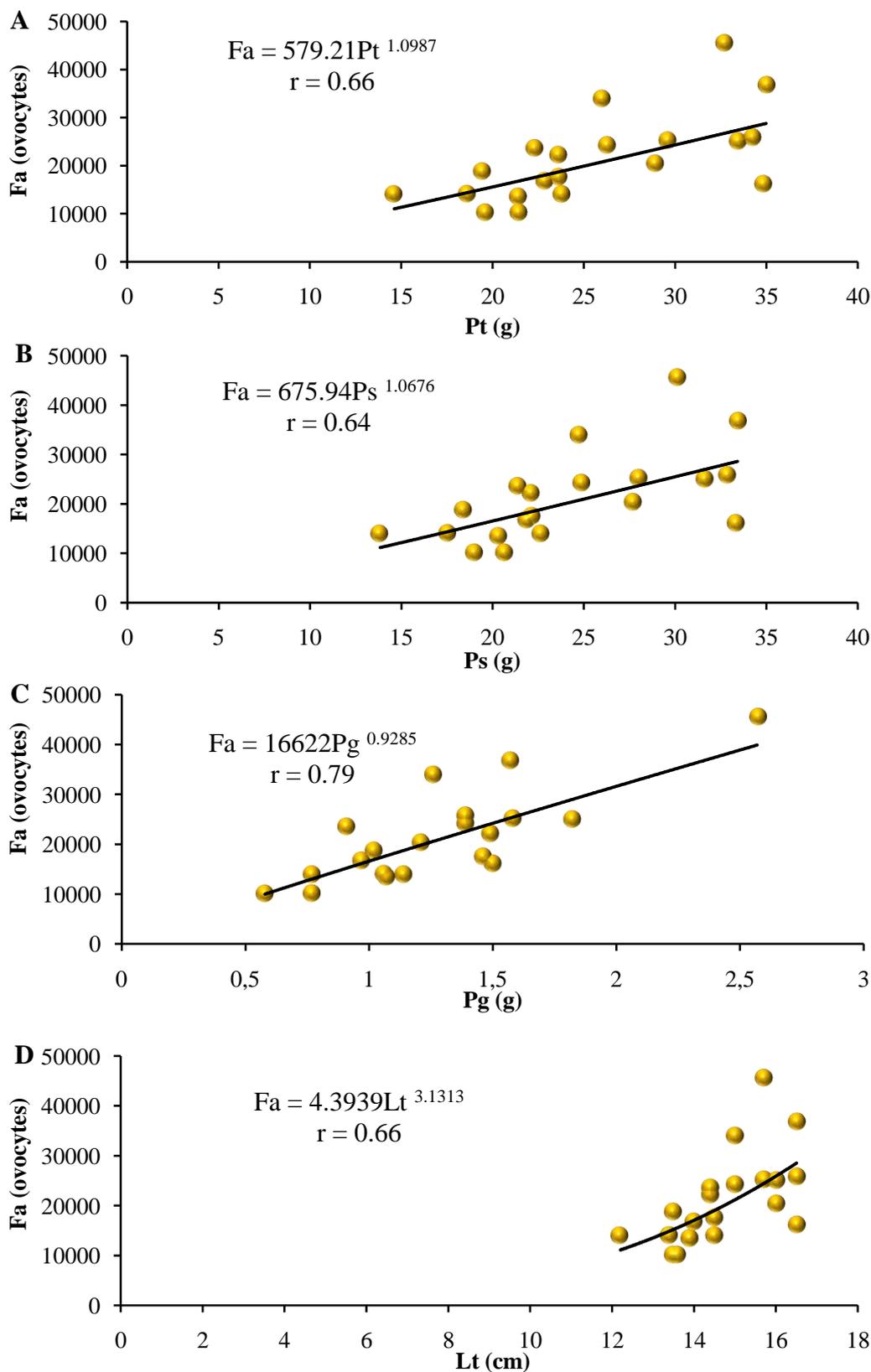


Figure 27: Relations d'allométrie entre la fécondité individuelle absolue et le poids total (A), le poids somatique (B), le poids des gonades (C) et la longueur totale (D) de *S. pilchardus* du LEA.

3.1.4.3.5. Stratégie de ponte chez *Engraulis encrasicolus* et *Sardina pilchardus*

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, la succession des différents stades de maturité sexuelle, la dynamique ovocytaire et l'examen de la structure histologique des ovaires, collectés à différentes période de l'année, nous ont permis de cerner les différentes phases de leurs cycles sexuels et de suivre la dynamique de leur ponte.

Selon la cinétique de l'ovogenèse, le cycle sexuel d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus*, est subdivisé en 3 grandes phases successives:

- Une phase de maturation ovarienne correspondant au passage des ovocytes de la pré-vitellogenèse à la vitellogenèse. Cette phase est caractérisée par l'élaboration de réserves et leur incorporation dans les ovocytes.
- Une phase de ponte qui correspond à la fin de vitellogenèse et l'évacuation d'ovocytes mûrs vers l'extérieur.
- Une phase de récupération, pendant laquelle les ovaires se réorganisent histologiquement par reconstitution des lamelles ovariennes et un nouveau stock d'ovocytes pré-vitellogéniques se met en place par multiplication des ovogonies.

La structure histologique des ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* est hétérogène. Pendant toute la période de ponte, des ovocytes pré-vitellogéniques et des ovocytes vitellogéniques à tous les stades de développement sont présents dans les ovaires. En outre, la distribution des ovocytes au sein d'un même ovaire est plurimodale et les ovocytes lorsqu'ils arrivent à maturité seront pondus par lots successifs. L'ensemble de ces résultats nous permet de considérer que l'anchois, *E. encrasicolus* et la sardine, *S. pilchardus* du LEA, sont des espèces à ponte fractionnée. Ces dernières sont susceptibles d'effectuer plusieurs actes de ponte durant une même saison de reproduction. Ainsi, les 6 stades de maturité ovarienne se succèdent d'une façon cyclique comme suit (Fig. 28): Après leur maturation normale, de l'immaturité (1) à la pré-ponte (3), les ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* rentrent en reproduction (4) et effectuent l'émission du 1^{er} lot d'ovocytes mûrs (1^{ère} ponte). Ensuite, les ovaires passent au stade post-ponte partielle (5a) puis revient au stade pré-ponte (3), cela plusieurs fois durant une même saison de reproduction. A chaque fois, les ovaires effectuent l'évacuation d'un lot d'ovocytes mûrs (2^{ème}, 3^{ème}, jusqu'au n ponte) et rentrent en post-ponte partielle (5a). Les follicules se vident au fur et à mesure que la ponte se poursuit. A la fin de la saison de reproduction (4), tout les ovaires passent au stade post-ponte finale (5b) puis au repos sexuel (6) avant de recommencer un nouveau cycle sexuel. Le stade post-ponte finale (5b) est atteint une seule fois toutes les pontes effectuées.

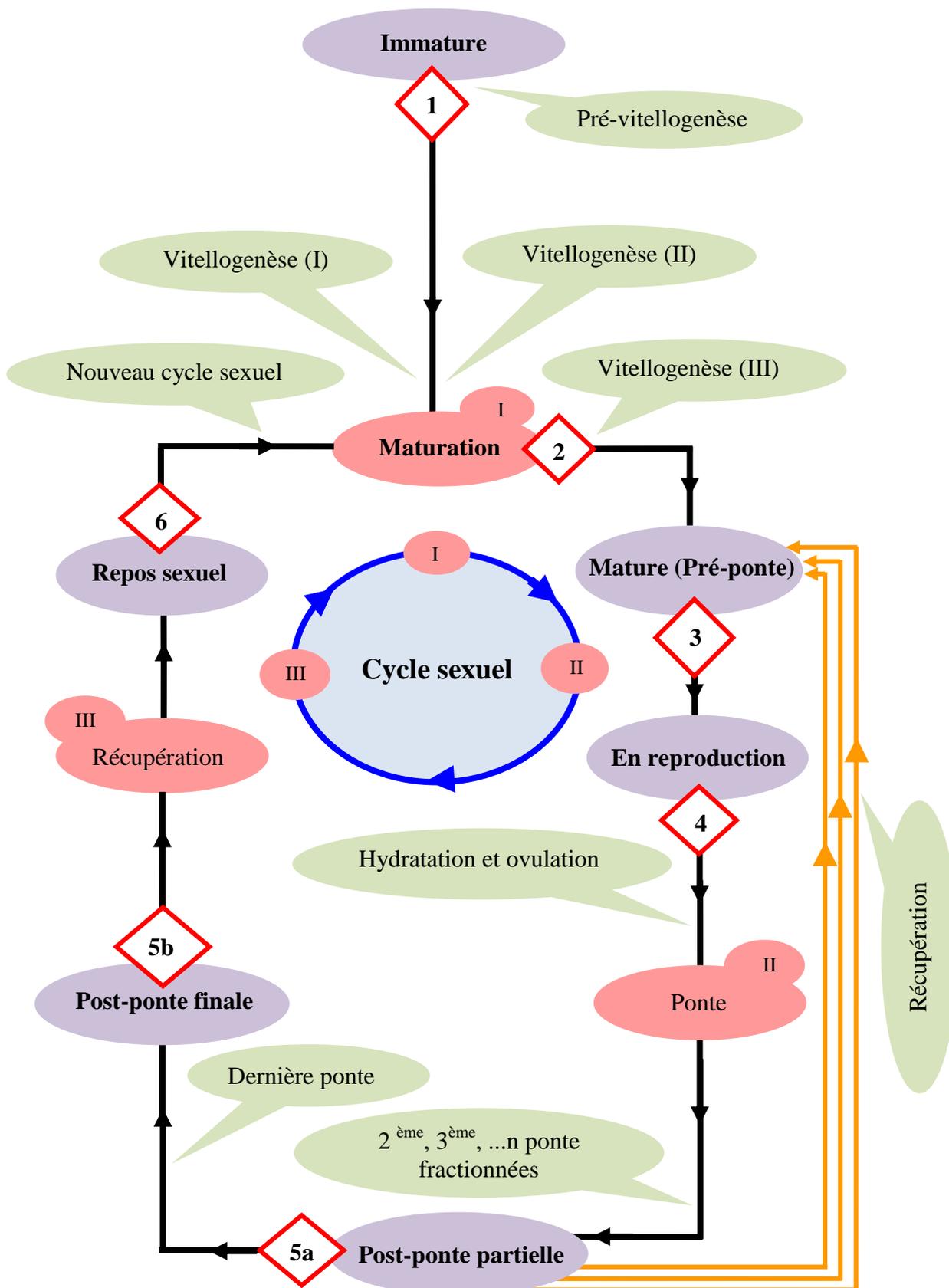


Figure 28: Schéma récapitulatif des 3 phases du cycle sexuel et de la dynamique de ponte chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA. **I:** Phase de maturation, **II:** phase de ponte, **III:** phase de récupération. **1,** immature; **2,** maturation; **3,** mature; **4,** en reproduction (ponte); **5a,** post-ponte partielle; **5b,** post-ponte finale; **6,** repos sexuel.

3.2. Résultats de l'âge et de la croissance chez *Engraulis encrasicolus* et *Sardina pilchardus*

3.2.1. Estimation de l'âge

La détermination de l'âge repose sur la décomposition des fréquences de tailles des échantillons d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* obtenus au cours de 12 mois d'observation.

La méthode de Bhattacharya (1967) nous a permis de décomposer l'échantillon total de chaque espèce en cohortes. Chaque cohorte correspondant à un groupe d'âge est définie par une taille moyenne.

- Sur un effectif total de **3210 spécimens d'*E. encrasicolus*** prélevé entre janvier et décembre 2012, **4 cohortes** (groupes d'âges) ont été identifiées. Ces cohortes sont comprises entre 1 et 4 ans et correspondent à des tailles moyennes respectives de 10.45 cm, 13.36 cm, 15.24 cm et 17.39 cm (Tab. 16, Fig. 29).
- Sur un total de **3162 spécimens de *S. pilchardus***, collectés entre juillet 2011 et juin 2012, **4 cohortes** comprises entre 1 et 4 ans ont été déterminées. Les différentes cohortes correspondent respectivement à des tailles moyennes de 11.99 cm, 14.11 cm, 15.95 cm et 18.28 cm (Tab. 16, Fig. 29).

Les données des groupes d'âge et de ces tailles moyennes, nous ont permis d'établir la **clé âge-longueur** chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA qui désigne la structure démographique du stock (Tab. 16, Fig. 29).

Tableau 16: Représentation des groupes d'âges chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA, obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967).

Espèce	Groupe d'âge (ans)	Taille moyenne observée (cm)	Ecart-Type	Effectif
<i>E. encrasicolus</i>	1	10.45	0.550	326.22
	2	13.36	0.880	922.75
	3	15.24	0.690	1616.10
	4	17.39	0.260	74.44
<i>S. pilchardus</i>	1	11.99	0.730	1264.58
	2	14.11	0.750	1494.55
	3	15.95	0.770	424.91
	4	18.28	0.410	60.38

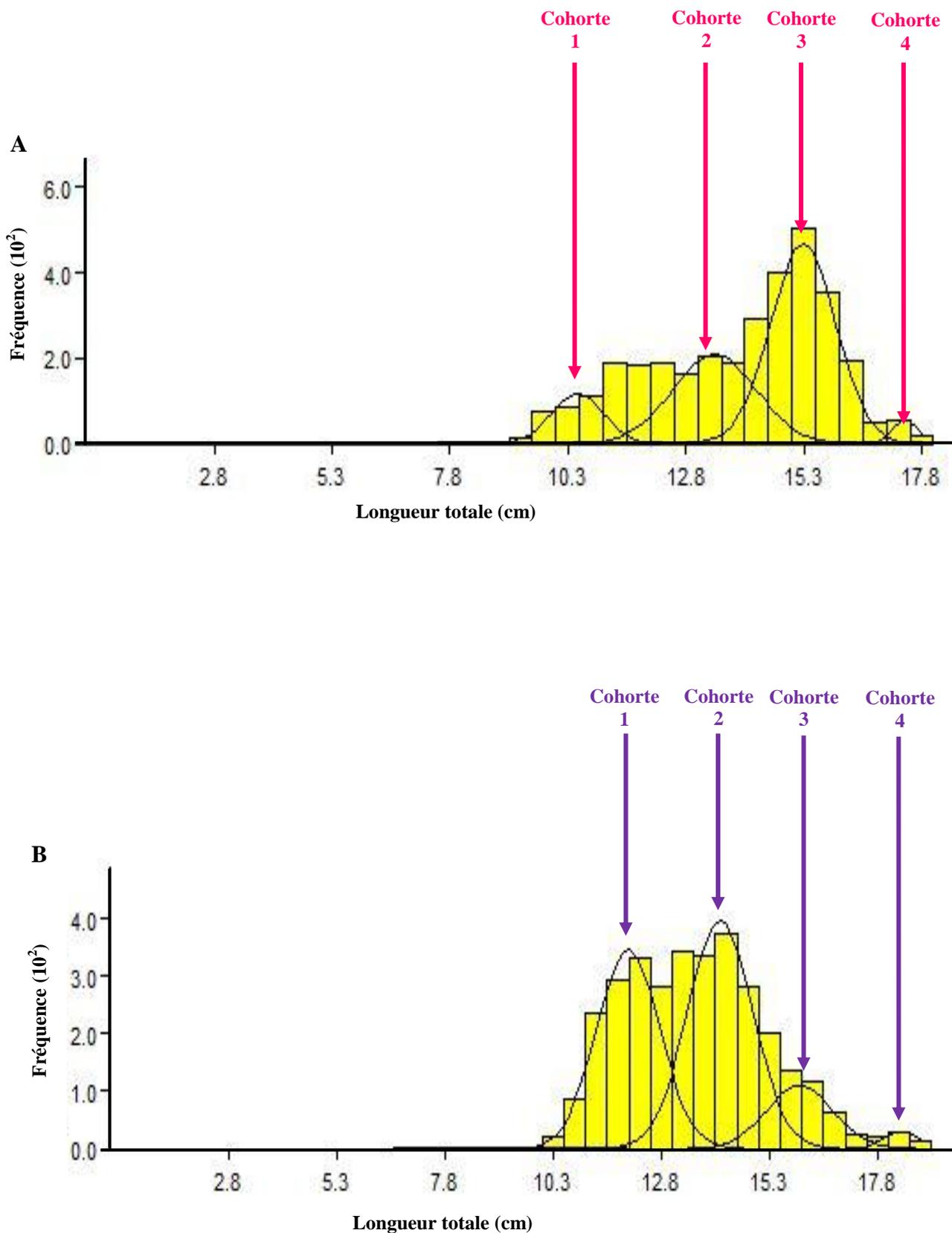


Figure 29: Décomposition des fréquences de tailles, chez *E. encrasicolus* (A) et *S. pilchardus* (B), en cohortes par la méthode de Bhattacharya (1967).

Chez la population d'*E. encrasicolus*, les individus appartenant au groupe d'âge 3, mesurent en moyenne 15.24 cm, sont les plus abondants avec une proportion de 54.98%. Ils sont suivis par le groupe d'âge 2 avec 31.39% et mesurant une taille moyenne de 13.36 cm. Les plus petits et les plus grands anchois appartenant aux groupes d'âge 1 et 4 et mesurant en moyenne 10.45 cm et 17.39 cm, représentent respectivement 11.10% et 2.53%. Ainsi, on peut dire que le stock d'*E. encrasicolus* du LEA est supporté par des individus de groupes d'âge 2 et 3 (Fig. 30).

Chez la population de *S. pilchardus*, l'effectif des poissons le plus important appartient au groupe d'âge 2 et représente 46.07%. Ce groupe est suivi par le groupe d'âge 1, mesurant 11.99 cm et représentant 38.97%. Les sardines les plus âgées, appartenant aux groupes d'âge 3 et 4 et mesurant en moyenne 15.95 cm et 18.28 cm, représentent respectivement 13.10% et 1.86% et constituent la fraction la plus faible. Ceci signifie que le stock de *S. pilchardus* du LEA est maintenu par les petites et les moyennes sardines des groupes d'âge 1 et 2 (Fig. 30).

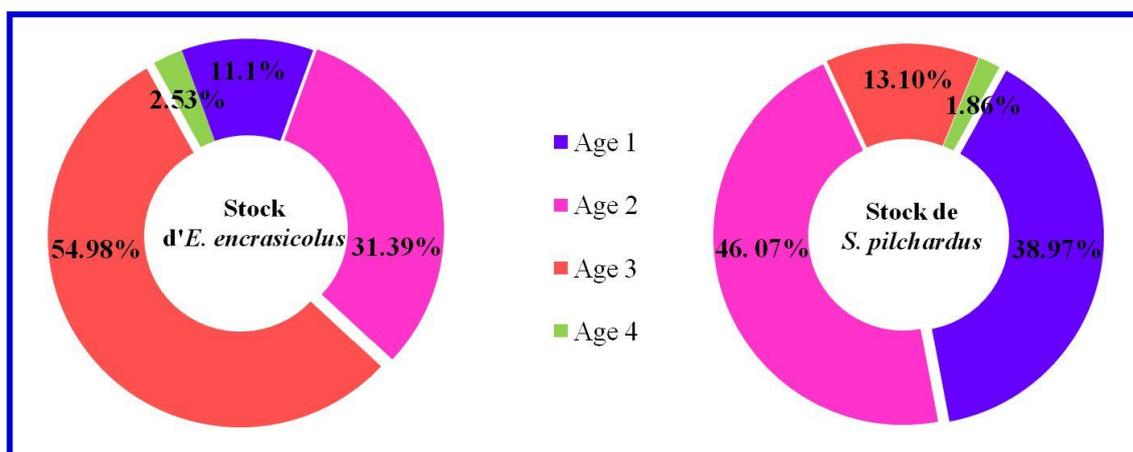


Figure 30: Proportion des 4 groupes d'âge par rapport à la population totale chez *E. encrasicolus* et chez *S. pilchardus* du LEA.

3.2.2. Modélisation de la croissance

3.2.2.1. Croissance linéaire absolue

Les différents paramètres de croissance linéaire du stock d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus*, nous ont permis d'établir l'équation de Von Bertalanffy (1938) et de tracer les courbes de croissance linéaire.

Chez *E. encrasicolus*, la longueur asymptotique (L_{∞}) est estimée à 18.25 cm elle est supérieure à $L_{\max} = 17.6$ cm. Ce résultats est appuyé par celui obtenu à partir de la formule de

Taylor (1962) où $L_{\infty} = 18.52$ cm ($L_{\infty} = L_{\max} (17.6) / 0.95 = 18.52$ cm). Le coefficient de croissance K est de 0.74 an^{-1} et $t_0 = -0.148$, la vitesse de croissance moyenne \emptyset' est de 2.392 (Tab. 17).

Tableau 17: Représentation des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy établis chez la population d'*E. encrasicolus* du LEA. L_{∞} , longueur asymptotique; K , coefficient de croissance; t_0 , âge théorique.

Espèce	L_{∞} (cm)	K (an^{-1})	t_0 (an)
<i>E. encrasicolus</i>	18.25	0.74	-0.148
	$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t - t_0)}]$ $L_t = 18.25 [1 - e^{-0.74(t - (-0.148))}]$		

Chez *S. pilchardus*, la L_{∞} est de 20.02 cm, elle est supérieure à $L_{\max} = 18.7$ cm, cette valeur est proche de celle calculée: $L_{\infty} = L_{\max} (18.7) / 0.95 (19.68$ cm). Le coefficient de croissance K est estimé à 0.34 an^{-1} avec $t_0 = -1.686$ et une vitesse de croissance moyenne \emptyset' de 2.134 (Tab. 18).

Tableau 18: Représentation des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy établis chez la population de *S. pilchardus* du LEA. L_{∞} , longueur asymptotique; K , coefficient de croissance; t_0 , âge théorique.

Espèce	L_{∞} (cm)	K (an^{-1})	t_0 (an)
<i>S. pilchardus</i>	20.02	0.34	-1.686
	$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t - t_0)}]$ $L_t = 20.02 [1 - e^{-0.34(t - (-1.686))}]$		

La longueur asymptotique (L_{∞}) atteinte par la sardine à un âge théorique infini (20.02 cm) est plus grande que celle atteinte par l'anchois (18.25 cm). L'anchois croît vers sa taille asymptotique avec une vitesse de 0.74 an^{-1} alors que la sardine le fait à 0.34 an^{-1} . Le rythme de croissance linéaire de l'anchois est plus rapide que celui de la sardine, toutefois, les 2 espèces se caractérisent par une croissance rapide car ils atteignent leurs tailles asymptotiques après seulement 4 ans.

3.2.2.1.1. Courbes de croissance linéaire

L'application du model de Von Bertalanffy aux couples âge - longueur nous a permis d'aboutir aux équations de croissance linéaire absolue et de tracer les courbes de croissance linéaire théorique.

Chez *E. encrasicolus*, les longueurs moyennes théoriques aux différents âges oscillent entre 10.45 cm (âge 1) et 17.40 cm (âge 4), ils se répartient comme suit (Tab. 19, Fig. 31):

Tableau 19: Représentation des longueurs moyennes théoriques aux différents âges (Clé âge - longueur) et équations de croissance linéaire chez *E. encrasicolus* du LEA.

Espèce	Age (ans)	Equation de croissance linéaire	Lt théorique (cm)
<i>E. encrasicolus</i>	1	$L_{t1} = L_{\infty} [1 - e^{-K(t1 - t_0)}]$ $L_1 = 18.25 [1 - e^{-0.74(1 - (-0.148))}]$	10.45
	2	$L_{t2} = L_{\infty} [1 - e^{-K(t2 - t_0)}]$ $L_2 = 18.25 [1 - e^{-0.74(2 - (-0.148))}]$	14.53
	3	$L_{t3} = L_{\infty} [1 - e^{-K(t3 - t_0)}]$ $L_3 = 18.25 [1 - e^{-0.74(3 - (-0.148))}]$	16.47
	4	$L_{t4} = L_{\infty} [1 - e^{-K(t4 - t_0)}]$ $L_4 = 18.25 [1 - e^{-0.74(4 - (-0.148))}]$	17.40

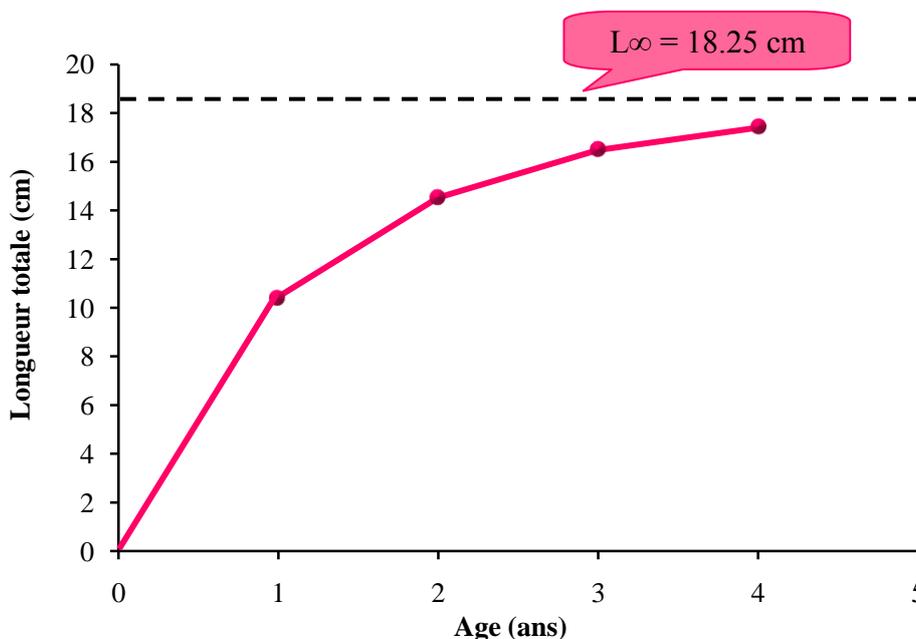


Figure 31: Courbe de croissance linéaire théorique chez *E. encrasicolus* du LEA, montrant la croissance linéaire d'*E. encrasicolus* (Lt, cm) vers sa taille asymptotique (L_{∞} , cm) en fonction du temps (âge, an).

Chez *S. pilchardus*, les longueurs moyennes théoriques aux différents âges varient de 11.99 cm (âge 1) à 17.12 cm (âge 4) et se répartissent comme suit (Tab. 20, Fig 32):

Tableau 20: Représentation des longueurs moyennes théoriques aux différents âges (Clé âge - longueur) et équations de croissance linéaire chez *S. pilchardus* du LEA.

Espèce	Age (ans)	Equation de croissance linéaire	Lt théorique (cm)
<i>S. pilchardus</i>	1	$L_{t1} = L_{\infty} [1 - e^{-K(t1 - t_0)}]$ $L_1 = 20.02 [1 - e^{-0.34(1 - (-1.686))}]$	11.99
	2	$L_{t2} = L_{\infty} [1 - e^{-K(t2 - t_0)}]$ $L_2 = 20.02 [1 - e^{-0.34(2 - (-1.686))}]$	14.30
	3	$L_{t3} = L_{\infty} [1 - e^{-K(t3 - t_0)}]$ $L_3 = 20.02 [1 - e^{-0.34(3 - (-1.686))}]$	15.95
	4	$L_{t4} = L_{\infty} [1 - e^{-K(t4 - t_0)}]$ $L_4 = 20.02 [1 - e^{-0.34(4 - (-1.686))}]$	17.12

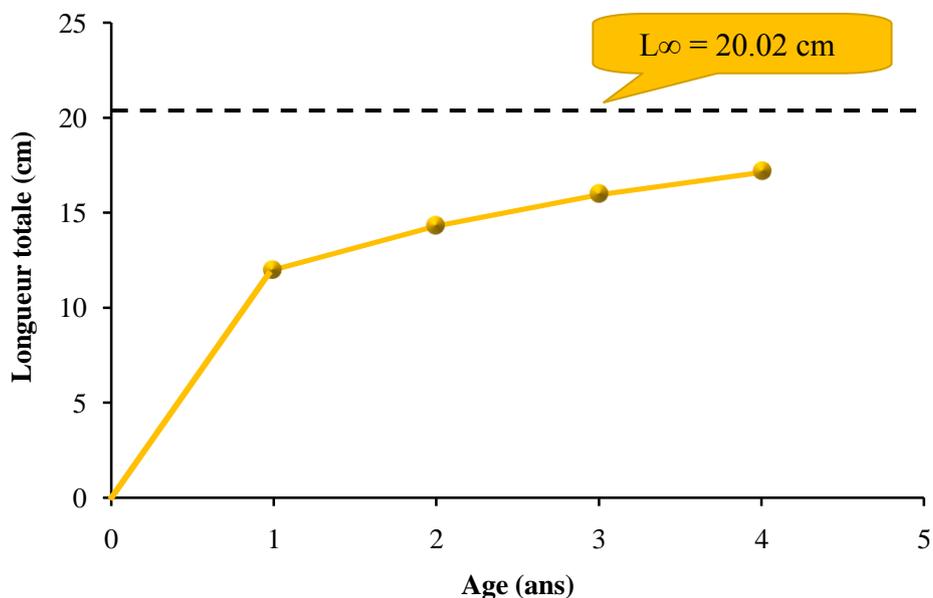


Figure 32: Courbe de croissance linéaire théorique chez *S. pilchardus* du LEA, montrant la croissance linéaire de *S. pilchardus* (Lt, cm) vers sa taille asymptotique (L∞, cm) en fonction du temps (âge, an).

3.2.2.1.2. Accroissement linéaire théorique

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, les valeurs de la longueur totale théorique qui sont calculées à partir de l'équation de Von Bertalanffy, sont très proches de celles que nous avons observées par la méthode de Bhattacharya (1967).

Chez *E. encrasicolus*, la croissance linéaire évolue d'une façon différente selon l'âge. L'accroissement linéaire est important au cours de sa 1^{ère} année de vie. A cet âge, les anchois peuvent atteindre une longueur moyenne de 10.45 cm, traduisant un taux de croissance important. Dès le début de la 2^{ème} année, l'accroissement linéaire de l'anchois baisse considérablement avec un gain de 4.08 cm an⁻¹ seulement. Entre la 3^{ème} et la 4^{ème} année, l'accroissement linéaire devient faible avec respectivement un gain de 1.94 et 0.93 cm an⁻¹ (Tab. 21, Fig. 33).

Tableau 21: Représentation des valeurs de la longueur observée et théorique et de l'accroissement linéaire chez *E. encrasicolus* du LEA.

Espèce	Age (ans)	Lt observée (cm)	Lt théorique (cm)	Accroissement linéaire théorique (cm an ⁻¹)
<i>E. encrasicolus</i>	1	10.45	10.45	10.45
	2	13.36	14.53	4.08
	3	15.24	16.47	1.94
	4	17.39	17.40	0.93

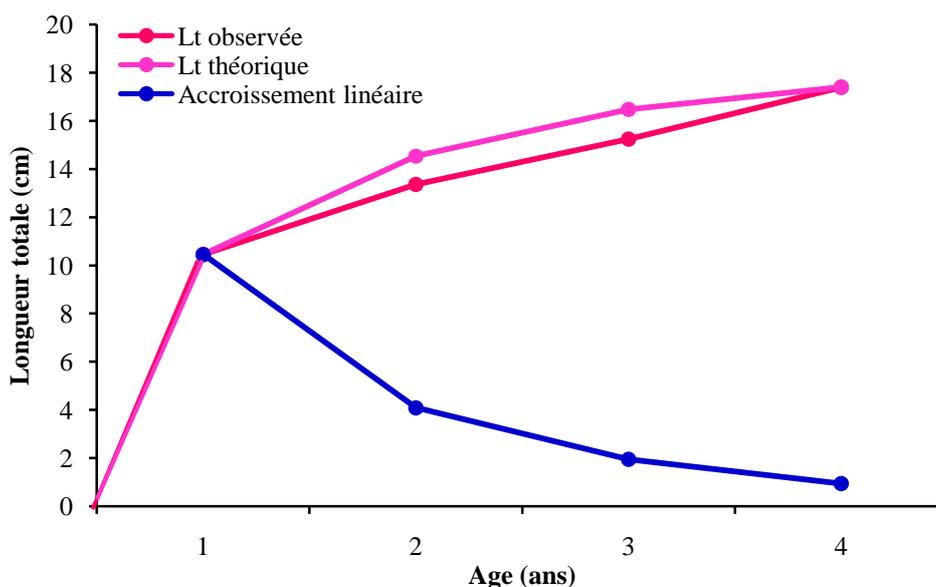


Figure 33: Courbes de croissance linéaire observée et théorique et de l'accroissement linéaire théorique chez *E. encrasicolus* du LEA.

Chez *S. pilchardus*, la croissance linéaire fluctue selon l'âge et l'accroissement linéaire est important au cours de la 1^{ère} année avec un gain de 11,99 cm, traduisant un taux de croissance rapide. La croissance des sardines se ralentit considérablement dès la 2^{ème} année avec un gain de 2.31 cm an⁻¹ seulement. Durant la 3^{ème} et la 4^{ème} année, la croissance des sardines devient très faible avec un gain respectif de 1.65 et 1.17 cm an⁻¹ (Tab. 22, Fig. 34).

Tableau 22: Représentation des valeurs de la longueur observée et théorique et de l'accroissement linéaire chez *S. pilchardus* du LEA.

Espèce	Age (ans)	Lt observée (cm)	Lt théorique (cm)	Accroissement linéaire théorique (cm an ⁻¹)
<i>S. pilchardus</i>	1	11.99	11.99	11.99
	2	14.11	14.30	2.31
	3	15.95	15.95	1.65
	4	18.28	17.12	1.17

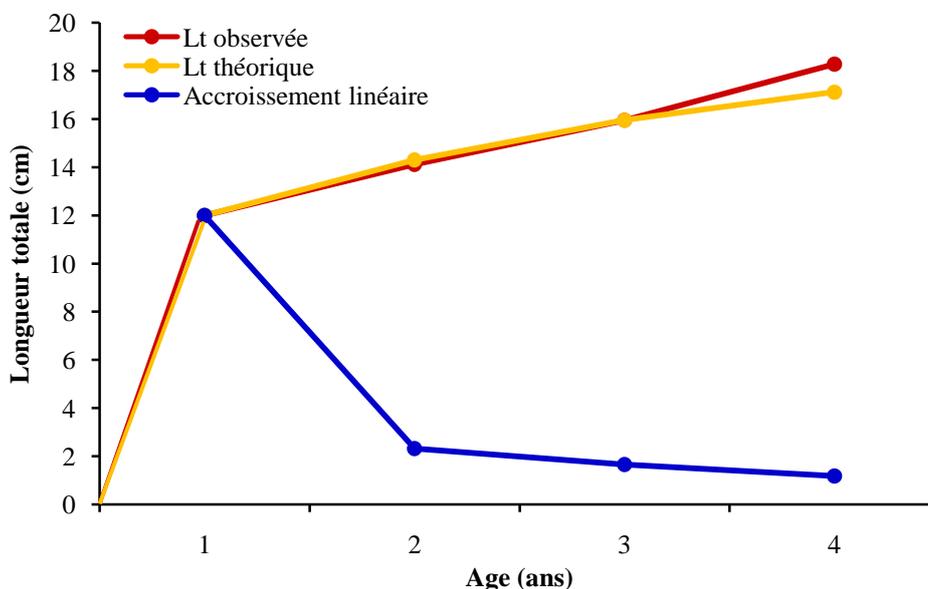


Figure 34: Courbes de croissance linéaire observée et théorique et de l'accroissement linéaire théorique chez *S. pilchardus* du LEA.

3.2.2.2. Relation taille-poids

L'analyse des relations entre la taille et le poids, obtenues par la formule: $Pt = a Lt^b$, nous a permis de définir des équations d'allométrie qui décrivent la croissance relative des 2 espèces étudiées.

Chez *E. encrasicolus*, les coefficients de corrélation (r) sont de l'ordre de 0.98, 0.98, 0.99 chez respectivement la population totale, les mâles et les femelles (Tab. 23, Fig. 35). Ces valeurs sont proches de 1, appuyant la forte corrélation entre la taille et le poids. Le test-t de Student montre qu'il existe une différence significative entre la Lt et le Pt ($t_{obs} > t_{(1-\alpha/2)}$; $P < 0.05$). Les pentes des droites de régression b , qui traduisent le type de croissance de la masse par rapport à la longueur, sont de l'ordre de 3.21, 3.25 et 3.19 respectivement chez la population totale, les mâles et les femelles (Tab. 23, Fig. 35). Comparées à la valeur théorique 3 au seuil d'erreur de 5%, les valeurs du coefficient d'allométrie b sont significativement supérieures à 3, mettant en évidence une allométrie majorante. Chez *E. encrasicolus*, le poids croît proportionnellement plus vite que le cube de la longueur.

Tableau 23: Relations liant la taille au poids et types d'allométrie chez la population totale (PT), les mâles (M) et les femelles (F) d'*E. encrasicolus* du LEA. AM, allométrie majorante; t_{obs} , valeur observée (calculée) de t ; $t_{(1-\alpha/2)}$, valeur théorique de t .

Espèce	Sexe	Relation d'allométrie	Equation de régression	Type d'allométrie (t_{obs})
<i>E. encrasicolus</i>	PT	$Pt = 0.0031 Lt^{3.21}$ $r = 0.98$	$\text{Log Pt} = 3.21 \text{ Log Lt} - 2.50$	AM ($t_{obs} = 123.02 > t_{(1-\alpha/2)}$)
	M	$Pt = 0.0028 Lt^{3.25}$ $r = 0.98$	$\text{Log Pt} = 3.25 \text{ Log Lt} - 2.55$	AM ($t_{obs} = 13.53 > t_{(1-\alpha/2)}$)
	F	$Pt = 0.0033 Lt^{3.19}$ $r = 0.99$	$\text{Log Pt} = 3.19 \text{ Log Lt} - 2.48$	AM ($t_{obs} = 12.59 > t_{(1-\alpha/2)}$)

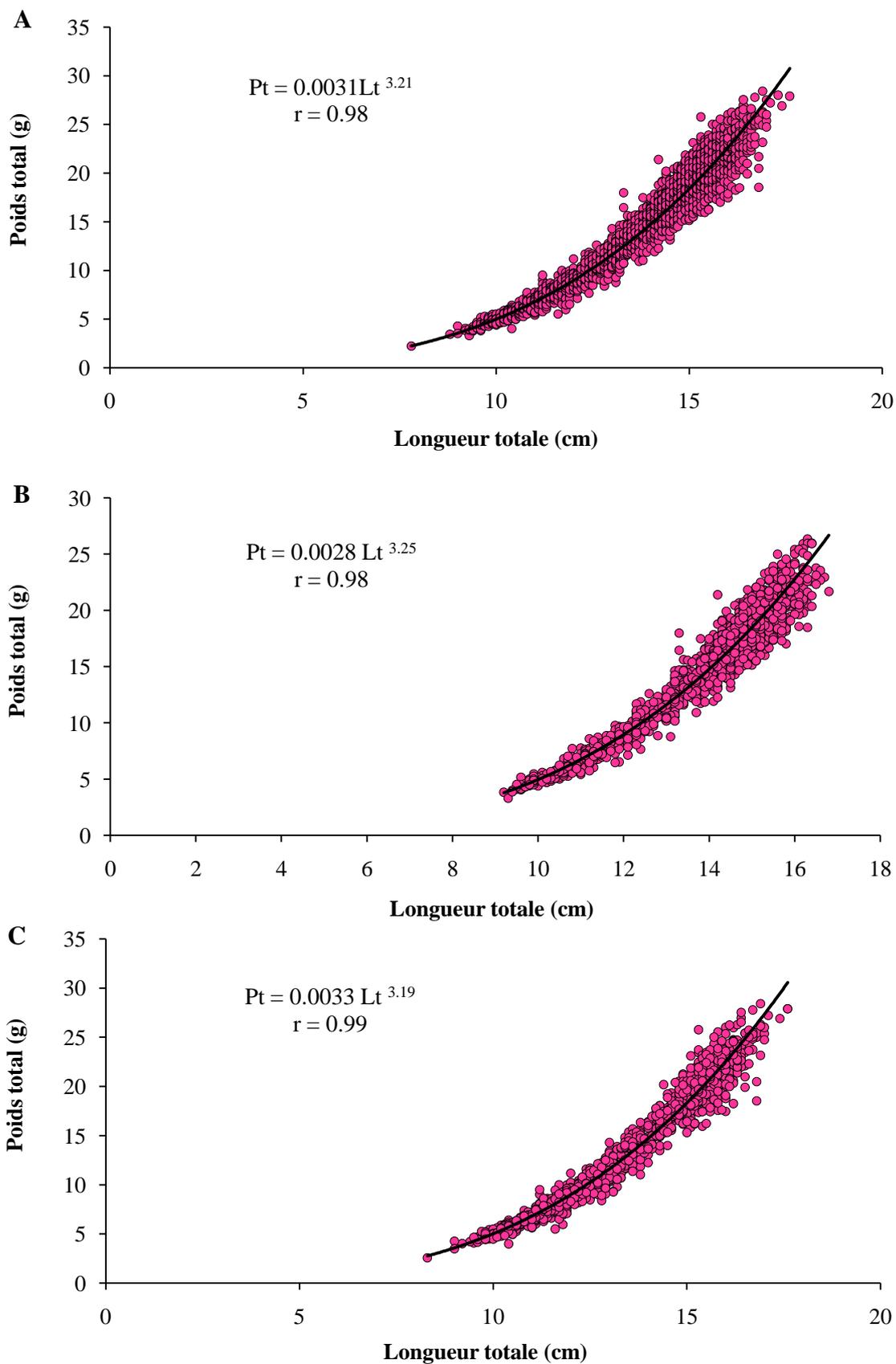


Figure 35: Relation taille - poids chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) d'*E. encrasicolus* du LEA.

Chez *S. pilchardus*, les coefficients de corrélation (r) sont proches de 1 (0.95 chez la population totale, 0.95 chez les mâles et 0.93 chez les femelles) et traduisent une étroite corrélation entre la Lt et le Pt (Tab. 24, Fig. 36).

Chez la population totale de *S. pilchardus*, le test-t de Student montre qu'il existe une différence significative entre les 2 paramètres étudiés ($t_{\text{obs}} > t_{(1-\alpha/2)}$; $P < 0.05$). Le coefficient d'allométrie (b) est de l'ordre de 3.10. Comparée à 3 au seuil de 5%, ce coefficient est significativement supérieur à 3, mettant en évidence une allométrie majorante. Chez la population totale de *S. pilchardus*, le poids croît proportionnellement plus vite que le cube de la longueur (Tab. 24, Fig. 36).

Chez les mâles et les femelles de *S. pilchardus*, le test-t de Student ne montre aucune différence significative entre la taille et le poids ($t_{\text{obs}} < t_{(1-\alpha/2)}$; $P > 0.05$). Les valeurs du coefficient d'allométrie sont de l'ordre de 3.00 chez les mâles et 2.96 chez les femelles. Ils sont significativement proches de 3, traduisant une isométrie de croissance où le poids évolue proportionnellement au cube de la longueur (Tab. 24, Fig. 36).

Tableau 24: Relations liant la taille au poids et types d'allométrie chez la population totale (PT), les mâles (M) et les femelles (F) de *S. pilchardus* du LEA. AM, allométrie majorante; ISO, isométrie; t_{obs} , valeur observée de t ; $t_{(1-\alpha/2)}$, valeur théorique de t .

Espèce	Sexe	Relation d'allométrie	Equation de régression	Type d'allométrie (t_{obs})
<i>S. pilchardus</i>	PT	$Pt = 0.0051 Lt^{3.10}$ $r = 0.95$	$\text{Log Pt} = 3.10 \text{ Log Lt} - 2.29$	AM ($t_{\text{obs}} = 6.80 > t_{(1-\alpha/2)}$)
	M	$Pt = 0.0060 Lt^{3.00}$ $r = 0.95$	$\text{Log Pt} = 3.00 \text{ Log Lt} - 2.22$	ISO ($t_{\text{obs}} = 0.37 < t_{(1-\alpha/2)}$)
	F	$Pt = 0.0070 Lt^{2.96}$ $r = 0.93$	$\text{Log Pt} = 2.96 \text{ Log Lt} - 1.15$	ISO ($t_{\text{obs}} = 1.50 < t_{(1-\alpha/2)}$)

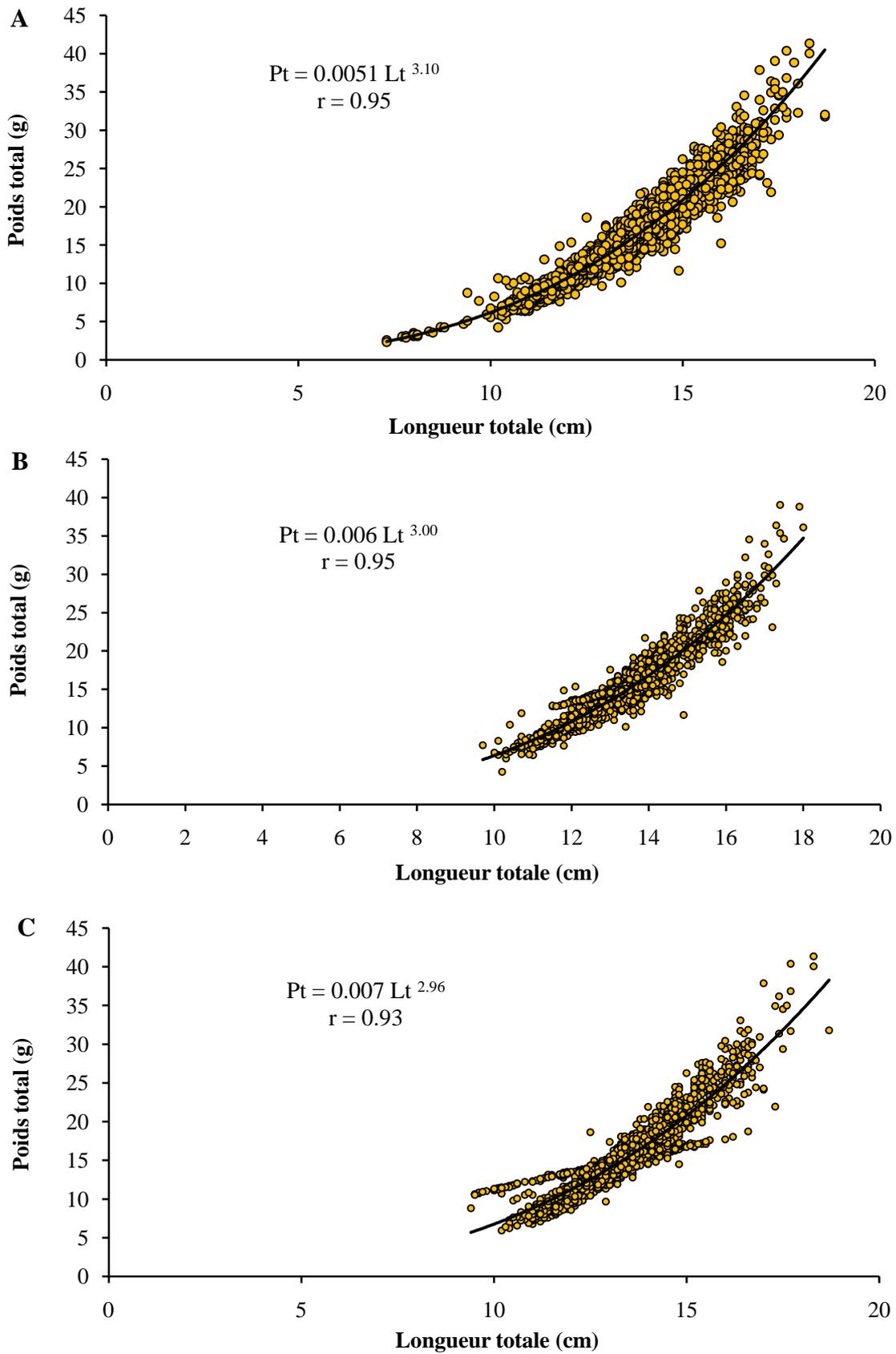


Figure 36: Relations taille - poids chez la population totale (A), les mâles (B) et les femelles (C) de *S. pilchardus* du LEA.

3.2.2.3. Croissance pondérale absolue

La combinaison de l'équation de croissance linéaire de Von Bertalanffy (1938) avec la relation d'allométrie de type: $P_{\infty} = a L_{\infty}^b$, nous a permis de calculer les valeurs du poids asymptotique (P_{∞}) et d'établir les équations de croissance pondérale.

Chez *E. encrasicolus*, le P_{∞} est de 35.09 g, il est supérieur au poids maximum échantillonné (P_t max) qui est de 32.9 g.

Les différents paramètres du modèle de Von Bertalanffy (L_{∞} , K , t_0), le coefficient d'allométrie de la relation taille - poids (b) et le poids asymptotique (P_{∞}), estimés chez la population d'*E. encrasicolus*, nous ont permis d'établir l'équation de croissance pondérale (Tab. 25).

Tableau 25: Représentation des paramètres de l'équation de croissance pondérale établis chez la population d'*E. encrasicolus* du LEA. P_{∞} , Poids asymptotique; K , t_0 , paramètres de l'équation de Von Bertalanffy; b , coefficient d'allométrie.

Espèce	P_{∞} (g)	K (an ⁻¹)	t_0 (an)	b
<i>E. encrasicolus</i>	35.09	0.74	- 0.148	3.21
	$P_t = P_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b$ $P_t = 35.09 [1 - e^{-0.74(t-(-0.148))}]^{3.21}$			

Chez *S. pilchardus*, le P_{∞} est de 57.31 g, il est supérieur au poids maximum échantillonné qui est de 45,21 g. Les paramètres du modèle de Von Bertalanffy (L_{∞} , K , t_0), le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids (b) et le poids asymptotique (P_{∞}), estimés chez la population de *S. pilchardus*, nous ont permis d'établir l'équation de croissance pondérale (Tab. 26).

Tableau 26: Représentation des paramètres de l'équation de croissance pondérale établis chez la population de *S. pilchardus* du LEA. P_{∞} , Poids asymptotique; K , t_0 , paramètres de l'équation de Von Bertalanffy; b , coefficient d'allométrie.

Espèce	P_{∞} (g)	K (an ⁻¹)	t_0 (an)	b
<i>S. pilchardus</i>	57.31	0.34	-1.686	3.10
	$P_t = P_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b$ $P_t = 57.31 [1 - e^{-0.34(t-(-1.686))}]^{3.10}$			

3.2.2.3.1. Courbes de croissance pondérale

Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, l'application de l'équation de croissance pondérale nous a permis de calculer les poids théoriques moyens aux différents âges et de tracer les courbes de croissance pondérale théorique.

Chez *E. encrasicolus*, les P_t théoriques moyens varient entre 5.72 (âge 1) et 30.06 g (âge 4) (Tab. 27, Fig. 37).

Tableau 27: Représentation des poids moyens théoriques aux différents âges et équations de croissance pondérale chez *E. encrasicolus* du LEA.

Espèce	Age (ans)	Equation de croissance pondérale	Pt théorique (g)
<i>E. encrasicolus</i>	1	$P_{t1} = P_{\infty} [1 - e^{-K(t1 - t_0)}]^b$ $P_1 = 35.09 [1 - e^{-0.74(1 - (-0.148))}]^{3.21}$	5.72
	2	$P_{t2} = P_{\infty} [1 - e^{-K(t2 - t_0)}]^b$ $P_2 = 35.09 [1 - e^{-0.74(2 - (-0.148))}]^{3.21}$	16.72
	3	$P_{t3} = P_{\infty} [1 - e^{-K(t3 - t_0)}]^b$ $P_3 = 35.09 [1 - e^{-0.74(3 - (-0.148))}]^{3.21}$	25.16
	4	$P_{t4} = P_{\infty} [1 - e^{-K(t4 - t_0)}]^b$ $P_4 = 35.09 [1 - e^{-0.74(4 - (-0.148))}]^{3.21}$	30.06

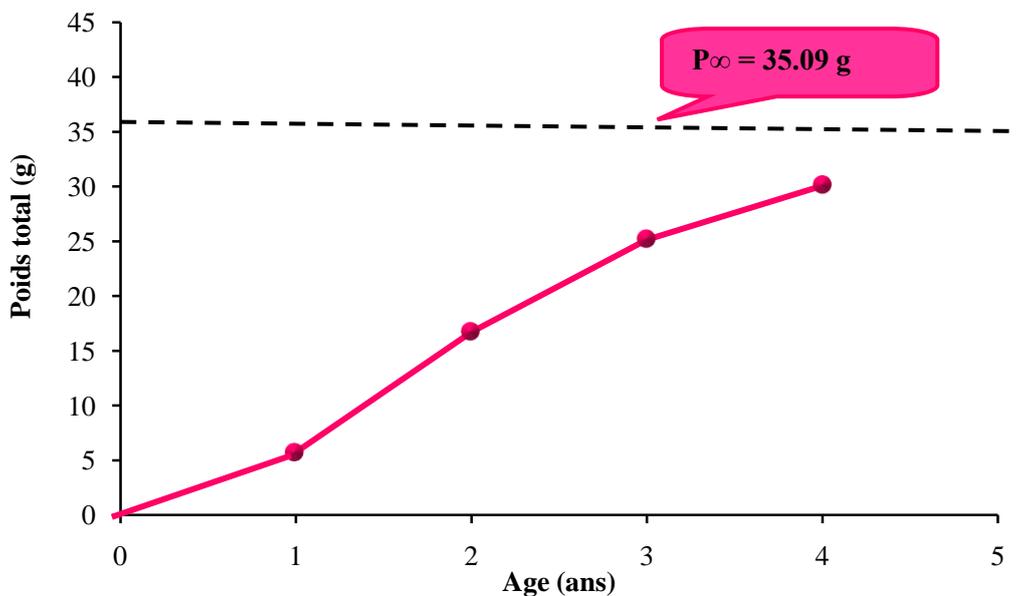


Figure 37: Courbe de croissance pondérale théorique chez *E. encrasicolus* du LEA, montrant la croissance pondérale d'*E. encrasicolus* (P_t , g) vers son poids asymptotique (P_{∞} , g) en fonction du temps (âge, an).

Chez *S. pilchardus*, les Pt théoriques moyens varient entre 11.74 (âge 1) et 35.35 g (âge 4) (Tab. 28, Fig. 38).

Tableau 28: Représentation des poids moyens théoriques aux différents âges et équations de croissance pondérale chez *S. pilchardus* du LEA.

Espèce	Age (ans)	Equation de croissance pondérale	Pt théorique (g)
<i>S. pilchardus</i>	1	$P_{t1} = P_{\infty} [1 - e^{-K(t1 - t_0)}]^b$ $P_1 = 57.31 [1 - e^{-0.34(1 - (-1.686))}]^{3.10}$	11.74
	2	$P_{t2} = P_{\infty} [1 - e^{-K(t2 - t_0)}]^b$ $P_2 = 57.31 [1 - e^{-0.34(2 - (-1.686))}]^{3.10}$	20.27
	3	$P_{t3} = P_{\infty} [1 - e^{-K(t3 - t_0)}]^b$ $P_3 = 57.31 [1 - e^{-0.34(3 - (-1.686))}]^{3.10}$	28.39
	4	$P_{t4} = P_{\infty} [1 - e^{-K(t4 - t_0)}]^b$ $P_4 = 57.31 [1 - e^{-0.34(4 - (-1.686))}]^{3.10}$	35.35

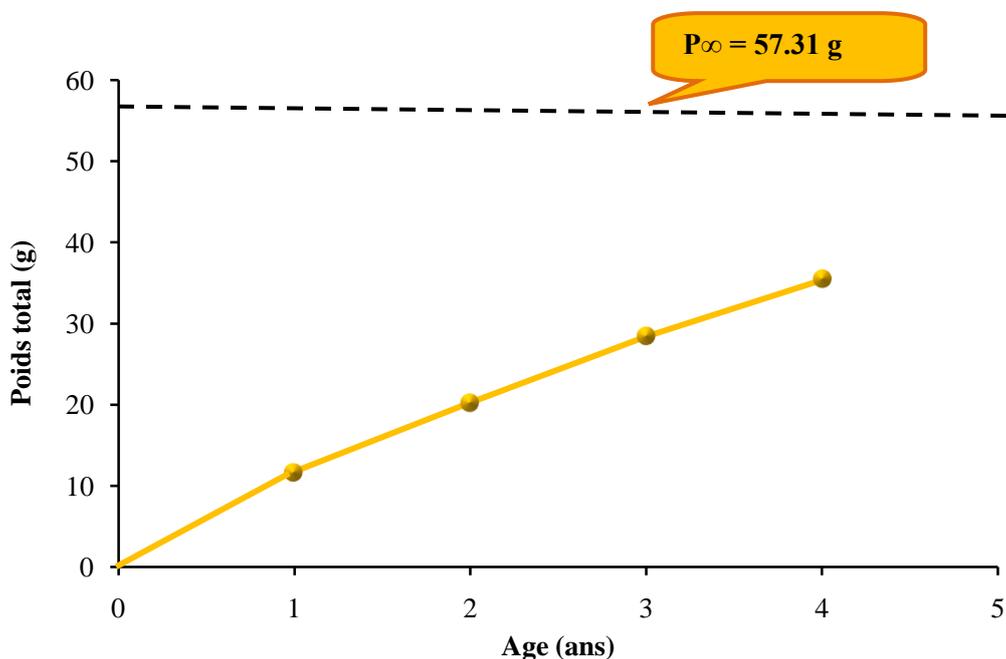


Figure 38: Courbe de croissance pondérale théorique chez *S. pilchardus* du LEA, montrant la croissance pondérale de *S. pilchardus* (Pt, g) vers son poids asymptotique (P_{∞} , g) en fonction du temps (âge, an).

3.2.2.3.2. Accroissement pondéral théorique

Les valeurs du Pt théorique et de l'accroissement pondéral théorique correspondant à chaque âge chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* ont été calculées.

Chez *E. encrasicolus*, l'accroissement pondéral est de 5.72 g durant la 1^{ère} année de vie. La croissance en poids est accélérée au cours de la 2^{ème} et la 3^{ème} année avec des gains respectifs de 11 g an⁻¹ et de 8.44 g an⁻¹. A partir de la 4^{ème} année, l'accroissement pondéral des anchois diminue pour atteindre 4.90 g an⁻¹ (Tab. 29, Fig. 39).

Les résultats de l'accroissement pondéral montrent que chez l'anchois, la croissance en poids est importante durant sa 2^{ème} et sa 3^{ème} année de vie puis il diminue progressivement.

Tableau 29: Représentation des valeurs du poids théorique et de l'accroissement pondéral théorique chez *E. encrasicolus* du LEA.

Espèce	Age (ans)	Pt théoriques (g)	Accroissement pondéral (g an ⁻¹)
<i>E. encrasicolus</i>	1	5.72	5.72
	2	16.72	11
	3	25.16	8.44
	4	30.06	4.90

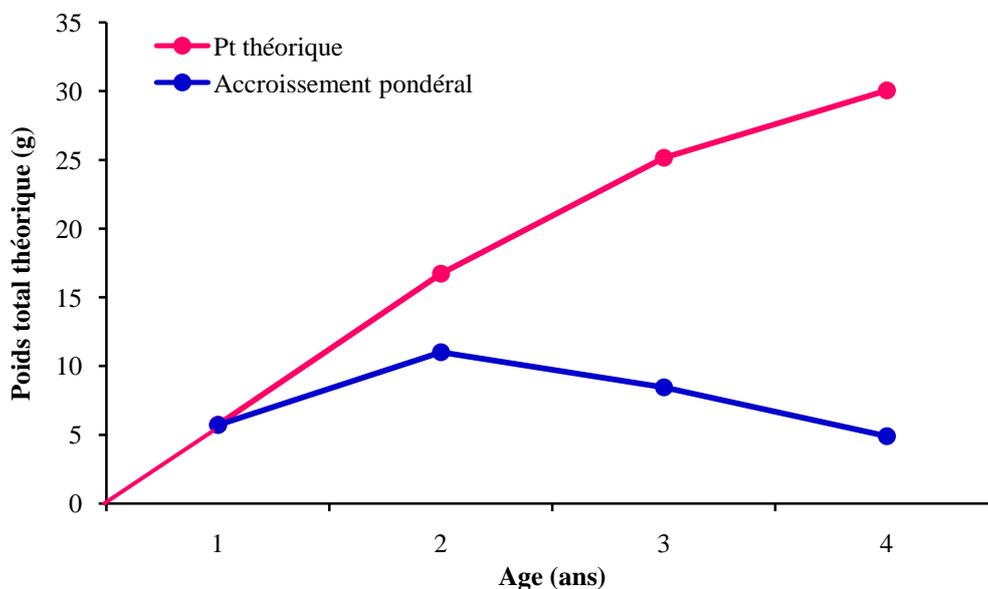


Figure 39: Courbes de croissance pondérale théorique et de l'accroissement pondéral théorique chez *E. encrasicolus* du LEA.

Chez *S. pilchardus*, l'accroissement pondéral est important durant sa 1^{ère} année. Elle peut atteindre en moyenne 11,74 g. Dès la 2^{ème} année, la croissance en poids diminue avec un gain pondéral de 8.53 g an⁻¹. Ce taux reste stable au cours de la 3^{ème} année avec 8.12 g an⁻¹, puis il va diminuer pour atteindre une valeur plus faible de 6.96 g an⁻¹ durant la 4^{ème} année (Tab. 30, Fig. 40). Ceci montre que la croissance pondérale de la sardine est importante durant sa 1^{ère} année de vie. Il est stable au cours de la 2^{ème} et la 3^{ème} année, faible durant la 4^{ème} année.

Tableau 30: Représentation des valeurs du poids théorique et de l'accroissement pondéral théorique chez *S. pilchardus* du LEA.

Espèce	Age (ans)	Pt théoriques (g)	Accroissement pondéral (g an ⁻¹)
<i>S. pilchardus</i>	1	11.74	11.74
	2	20.27	8.53
	3	28.39	8.12
	4	35.35	6.96

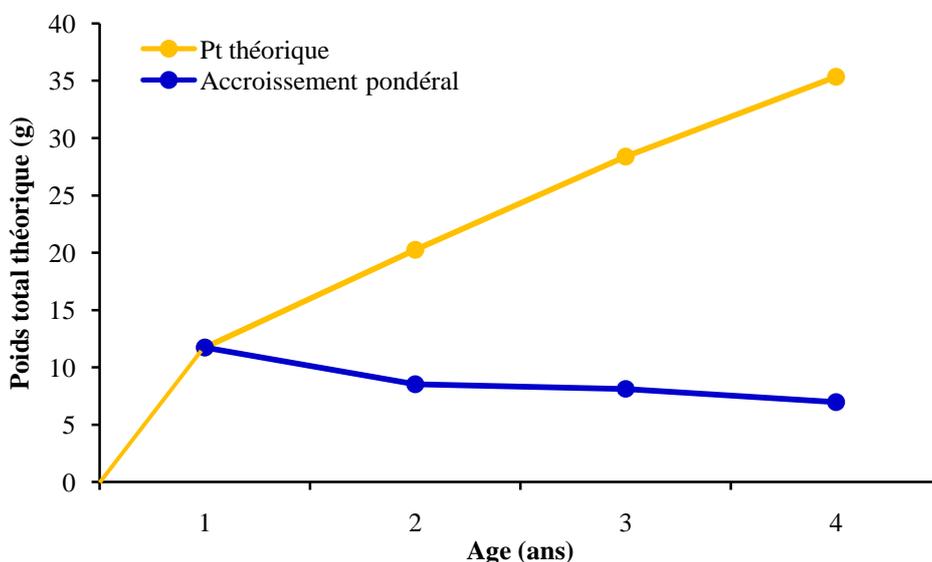


Figure 40: Courbes de croissance pondérale théorique de l'accroissement pondéral théorique chez *S. pilchardus* du LEA.

4. DISCUSSION

L'anchois, *Engraulis encrasicolus* et la sardine, *Sardina pilchardus*, 2 Téléostéens pélagiques abondants le long du LEA où ils sont capturés toute l'année. Les échantillons que nous avons obtenus mesuraient de 7.8 à 17.6 cm avec une moyenne de 13.79 cm pour l'anchois et de 7.3 à 18.7 cm avec une moyenne de 13.42 cm pour la sardine.

Chez les 2 espèces, il n'existe pas de caractère sexuel secondaire apparent qui permet de distinguer les mâles des femelles. Le sexe est déterminé alors après dissection et observation macroscopique des gonades. La proportion des sexes est directement liée à la reproduction, en effet, plus le rapport entre les mâles et les femelles est proche de l'équilibre (1), plus la reproduction comme le montre Legendre (1991) est meilleure.

Chez *E. encrasicolus*, le sex-ratio est globalement constant (SR = 0.98 : 1) et sans différence significative. Les taux de masculinité et de féminité sont presque égaux et proches de 50%. Ce résultat est comparable avec ceux trouvés chez la même espèce aussi bien dans la Méditerranée (Giraldez et Abad, 1995; Sinovčić, 2000; Gaamour *et al.*, 2004; Khemiri et Gaamour, 2009; Morello et Arneri, 2009) que dans l'Atlantique (Millàn, 1999). Cependant, Manzo *et al.* (2013) montrent que le sex-ratio d'*E. encrasicolus* des côtes italiennes est en faveur des femelles. Le même résultat a été signalé par Ba (1988) sur l'anchois des côtes mauritaniennes. Des données similaires sont rapportées chez l'anchois du Pérou, *Engraulis ringens* (Alheit *et al.*, 1984) et celui de la Californie, *Engraulis mordax* (Klingbeil, 1978; Parrish *et al.*, 1986) où les femelles dominent nettement dans les prises.

Chez *S. pilchardus*, le sex-ratio est globalement en faveur des femelles avec SR = 0.73 : 1, les taux respectifs de masculinité et de féminité sont de l'ordre de 42.49% et 57.51%. Ce résultat est comparable avec ceux mentionnés dans la baie d'Oran (Bouchereau, 1981) et en mer d'Alboran (Abad et Giraldez, 1993). En revanche, le sex-ratio de *S. pilchardus* est en faveur des mâles en mer Egée (Cýnahgýr, 1996), toutefois, un sex-ratio équilibré a été signalé chez la sardine des côtes marocaines (Barcova *et al.*, 2001; Amenzoui *et al.*, 2006) et tunisiennes (Kartas, 1981; Khemiri et Gaamour, 2009).

Le sex-ratio d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* varie en fonction de la taille. La dominance des femelles dans les petites et les grandes classes de tailles, observée chez les 2 espèces, semble être une règle générale chez les clupéiformes. Elle a été signalée par plusieurs auteurs chez *E. encrasicolus* (Arrignon, 1966; Ba, 1988; Erkoyuncu et Ozdamar, 1989;

Giraldez et Abad, 1995; Millan, 1999) et chez *Sardina pilchardus* (Bouchereau, 1981; Kartas 1981; Belvèze, 1984; Perez *et al.*, 1985; Abad et Giraldez, 1993; Amenzoui *et al.*, 2006; Khemiri, 2006). Cette tendance a été également retrouvée chez d'autres espèces de clupéiformes, nous citerons *Engraulis mordax* (Parrish *et al.*, 1986) ou encore *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis* (Milton *et al.*, 1994).

La dominance des femelles dans les petites classes de tailles est constatée par l'identification précoce et assez aisée des petits ovaires par rapport aux petits testicules. La supériorité numérique des femelles dans les grandes classes de tailles est signalée par plusieurs auteurs (Giraldez et Abad, 1995; Millan, 1999; Ouattara *et al.* 2008). C'est probablement le concours de quelques facteurs dont les plus possibles seraient une plus grande longévité et une croissance plus rapide des femelles, une importante vulnérabilité vis-à-vis des engins de pêche, une mortalité naturelle différente selon le sexe (Garcia et Albaret, 1977; Parrish *et al.*, 1986; Motos et Uriarte, 1991), mais l'hypothèse la plus plausible serait la migration. En effet, le déplacement spatio-temporel des anchois et des sardines affecte différemment toutes les classes de taille (Marchal, 1993).

Le sex-ratio d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* varie en fonction des saisons. Chez l'anchois les mâles sont beaucoup plus abondants au printemps et en été alors que les femelles le sont en automne et en hiver. Chez la sardine, les femelles sont dominantes durant l'hiver, le printemps et l'été, à l'automne leurs effectifs sont proches de ceux des mâles.

Les fluctuations saisonnières du sex-ratio sont la conséquence de 3 principaux mécanismes:

- Les aléas dus à l'échantillonnage, notamment l'action sélective des engins de pêche.
- Les mécanismes d'ajustement de la structure d'une population à chaque modification de l'environnement surtout les variations de la qualité et de la quantité de nourriture disponible dans le milieu (Nikolsky, 1969). Ces dernières sont parmi les causes essentielles des fluctuations saisonnières du sex-ratio au sein de la population peuplant le LEA, notamment en période de reproduction.
- La protection des progénitures est appuyée par une grande présence des mâles notamment par la mise en place de nids de ponte contre la prédation. Ce constat est signalé par Luttbeg et Warner (1999).

L'étude du cycle sexuel chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA a été établie sur la base de nombreux critères: morphologiques, pondéraux et microscopiques. Cela nous a

permis de caractériser les principales phases évolutives du cycle reproducteur de chaque espèce.

Les observations macroscopiques des gonades d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* au cours de leurs cycles reproducteurs, nous ont permis d'identifier 5 stades de maturité pour les mâles et les femelles de chaque espèce.

L'analyse des variations mensuelles des 5 stades de maturité sexuelle montre que les gonades d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* se trouvent à différents stades de maturité au cours de l'année. Pour le même mois, il existe une grande variabilité des fréquences des stades de maturité traduisant le grand décalage aussi bien dans la maturation que lors de l'émission entre les individus de la même population. Chez les 2 espèces, la présence de poissons matures que nous avons observé presque tout le long de l'année avec des pourcentages variables traduit l'étalement de la période de reproduction, ce qui a pour conséquence un fractionnement, comme le montrent Kartas et Quignard (1984), de l'émission des œufs en plusieurs «fournées».

La taille à la 1^{ère} maturité sexuelle (L_{m50}), correspond chez *E. encrasicolus* à une taille de 10.40 cm pour la population totale, 10.71 cm pour les mâles et 9.86 cm pour les femelles. Chez *S. pilchardus* cette taille est estimée à 11.09 cm pour la population totale, 11.56 cm pour les mâles et 11.37 cm pour les femelles. Les femelles d'*E. encrasicolus* sont pubères plus tôt que les mâles ce qui n'est pas le cas chez *S. pilchardus*, toutefois la L_{m50} estimée chez les 2 espèces est précoce et correspond à un âge de 1 an.

Chez *E. encrasicolus*, des tailles de 1^{ère} maturité sexuelle similaires à celles trouvées ont été mentionnées en Méditerranée (Fage, 1911; Furnestin, 1945; Arrignon, 1966; Girâldez et Abad, 1995) et dans l'Atlantique Est (Ba 1988; Millàn, 1999; Basilone *et al.*, 2006). En revanche, des tailles supérieures à celles du LEA ont été observées chez la même espèce sur les côtes algéroises (Djabali *et al.*, 1988; Sennai, 2003) et dans le golfe de Gascogne (Duhamel et Masse, 2004). Toutefois des tailles inférieures ont été rencontrées chez l'anchois par Marchal (1991), Leonid et Andrianov (1996), Torstensen *et al.* (2000), Gaamour *et al.* (2004), Mehl *et al.* (2005) et Ouattara *et al.* (2008).

Chez *S. pilchardus*, les valeurs de la L_{m50} estimées dans les eaux du LEA sont proches et comparables avec celles obtenues dans le golfe d'Annaba (Bedairia, 2011; Bouhali *et al.*, 2015), sur les côtes tunisiennes (Kartas, 1981; Khemiri, 2006) et en Cadiz (Rodriguez-Roda,

1970) alors que dans les littoraux oranais (Bouchereau, 1981) et algérois (Mouhoub, 1986) les L_{m50} sont plus grandes. Le même constat a été signalé chez la même espèce par Lee (1961) dans le golfe de Lion, Abad et Giraldez (1993) dans la mer d'Alboran, Silva *et al.* (2004) dans le golfe de Gascogne et Amenzoui *et al.* (2006) et dans la région de Laâyoune. Selon Albaret (1994), ces variations sont imputables aux différentes stratégies développées par les poissons pour une meilleure adaptation aux conditions environnementales.

Le suivi pondéral des gonades d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* par le calcul du RGS, combiné à l'observation de leur morphologie au cours du cycle sexuel, nous a permis de déterminer les périodes de reproduction. Les variations mensuelles des valeurs moyennes du RGS montrent que pour chaque espèce, il existe un seul cycle sexuel par an avec une période de reproduction étalée dans le temps. Selon Palomera (1992), cet allongement est une stratégie d'adaptation qui permet aux poissons d'assurer la survie des œufs et des larves.

Chez *E. encrasicolus*, la période de reproduction s'étale entre mars et octobre. Le processus de maturation et de ponte couvre 8 mois, coïncidant avec le réchauffement des eaux superficielles. La ponte est estivale où l'émission d'ovocytes et de spermatozoïdes se déclenche en mai et se poursuit jusqu'à septembre - octobre. Entre novembre et février, les gonades rentrent en repos sexuel, ils ont fini de frayer et ne manifestent aucune activité sexuelle. La périodicité et l'étalement de la période de reproduction observés chez *E. encrasicolus* du LEA sont comparables avec ceux trouvés chez la même espèce dans différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique (Fage, 1920; Furnestin et Furnestin, 1959; Rodriguez-Roda, 1977; Palomera et Sabatés, 1990; Palomera, 1992; Giraldez et Abad, 1995; Motos *et al.*, 1996; Regner, 1996; Millàn, 1999; Sinovčić, 2000; Funamoto *et al.*, 2004; Gaamour *et al.*, 2004; Zupa *et al.*, 2013). Toutefois, des petites différences ont été observées au moment du déclenchement de la ponte, elles sont probablement liées aux conditions physiques et biotiques du milieu (Wootton, 1982; Bye, 1984). La durée de ponte de l'anchois du LEA, coïncide aussi avec les résultats des études d'ichtyoplancton réalisées par Aldebert et Tournier (1971) et Chavance (1980) qui lors de leurs campagnes respectives en 1965 - 1968 et 1977 - 1978, rencontrent les premiers œufs d'anchois en mai jusqu'à septembre.

La période de reproduction d'*E. encrasicolus* n'est pas la même dans toutes les régions. Plusieurs travaux signalent des périodes de reproductions plus courtes (Chavance, 1980; Casavola *et al.*, 1996; Lisovenko et Andrianov, 1996; Sinovčić et Zorica, 2006) même si dans l'Atlantique, Ba (1988) et Berraho *et al.* (2005) montrent que la reproduction d'*E. encrasicolus* est étalée sur toute l'année.

Chez *S. pilchardus*, la période de reproduction couvre 7 mois, s'étalant d'octobre à avril et coïncidant avec le refroidissement des eaux superficielles. La maturation des glandes sexuelles débute en octobre, l'émission des produits génitaux dès janvier et se poursuit jusqu'avril. La ponte de *S. pilchardus* est hivernale et le repos sexuel s'échelonne entre mai et septembre. Cette période de reproduction est comparable à celles rapportées le long des côtes algériennes. Nous citerons Djabali et Mouhoub (1989) à Alger, Tomasini *et al.* (1989) à Oran, Bedairia (2011) et Bouhali *et al.* (2015) à Annaba. En Méditerranée (Abad et Giraldez, 1993; Ganas *et al.* 2007) et dans océan Atlantique (Nunes *et al.*, 2011), la reproduction de *S. pilchardus* se prolonge sur 6 mois avec une ponte en hiver. En revanche, de nombreux auteurs ont montré que la période de reproduction de *S. pilchardus* des côtes Atlantiques est plus étendue qu'en Méditerranée (Ré *et al.*, 1990; Amenzoui *et al.*, 2006).

En Méditerranée, la ponte chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* est de longue durée mais elle ne couvre pas toute l'année. A cause de l'existence de saisons hydrologiques plus ou moins marquées, certaines périodes sont plus favorables à la reproduction que d'autres (Arnée, 1931).

Les travaux réalisés en Méditerranée et dans l'Atlantique, indiquent des pontes précoces ou tardives (Sinovčić, 1984; Abad et Giraldez, 1993; Millàn, 1999; Amenzoui, 2006). Dans notre étude, nous avons constaté ce phénomène suite aux observations d'anchois et de sardines matures en périodes de repos sexuel, conséquence du décalage entre la maturation des spécimens de petite taille qui pondent, comme il l'a signalé Fage (1920), plus tardivement. Les pontes précoces ou tardives que nous avons trouvées sont probablement dues aux variations de la température de l'eau, comme il a été rapporté par Mandić *et al.* (2012).

Chez *E. encrasicolus* du LEA, la reproduction est sous la dépendance de la température de l'eau. La transition saison froide, saison chaude, est la plus favorable au déclenchement de la ponte. L'effet de la température de l'eau sur la reproduction d'*E. encrasicolus* figure souvent dans la littérature (Furnestin et Furnestin, 1959; Aldebert et Tournier, 1971; Cort *et al.*, 1979; Palomera, 1992; García et Palomera, 1996; Motos *et al.*, 1996; Millàn, 1999). Selon ces auteurs, le réchauffement des eaux superficielles joue un rôle très important dans le déclenchement de la ponte chez *E. encrasicolus*. En Méditerranée, *E. encrasicolus* se reproduit généralement dans les eaux chaudes superficielles dont la

température est supérieure à 14°C (Palomera et Sabatés, 1990; Garcia et Palomera, 1996; Regner, 1996).

Il en est de même pour *S. pilchardus*, chez qui la ponte est particulièrement sensible à la température (Aldebert et Tournier, 1971; Chavance, 1980; Olivar *et al.*, 2001). Selon ces auteurs, elle s'effectue lors du refroidissement des eaux. D'après Larianeta (1960), la ponte de *S. pilchardus* baisse avec le réchauffement des eaux, la position et la valeur des isothermes déterminent donc les lieux et les époques de ponte (Chavance, 1980). La reproduction de *S. pilchardus* du LEA est positivement corrélée avec la diminution de la température de l'eau. La transition saison chaude, saison froide est la plus favorable au déclenchement du processus de maturation et de ponte. L'effet de la température de l'eau sur la reproduction de la sardine est signalé par plusieurs auteurs, cette dernière s'effectue sur les côtes atlantiques du Maroc à 16°C (Furnestin, 1959) et dans l'Adriatique, entre 12.8 et 13.6°C (Gamulin, 1954). Dans le golfe de lion, les conditions optimum pour la ponte de la sardine sont réunies entre 12.5 et 14°C (Delaruelle, 2009), sur la côte Algéroise, elle a lieu lorsqu'elle est comprise entre 14 et 15°C (Khoudja, 1976).

L'analyse des variations pondérales du foie chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus*, à travers le calcul du RHS montre que ce dernier varie avec le RGS et présente des fluctuations sensibles liées au cycle reproducteur. Pour les 2 espèces, le RHS augmente lors de la maturation et de la ponte ce qui est due à la mobilisation des réserves lipidiques qui passent simultanément vers le foie et les gonades afin d'assurer les besoins énergétiques de la reproduction. En phase de post-reproduction, le poids du foie baisse. A partir de la phase de récupération, une augmentation du RHS est la conséquence du retour des réserves lipidiques vers le foie, à partir des ovocytes atrétiques non pondues et par l'apport alimentaire. Ainsi, le foie n'est pas sollicité pour le transfert des réserves nécessaires au développement des gonades. Il est donc évident que l'anchois et la sardine faisant partie des poissons gras comme le signale Lahaye (1980), dont les réserves lipidiques s'accumulent dans le mésentère et sous la peau pour passer dans les gonades afin d'assurer les besoins énergétiques de la gamétogenèse.

Le coefficient de condition (K) reflète l'état d'embonpoint des poissons, traduisant la capacité d'accumuler des réserves dans les muscles. L'évolution mensuelle de ce coefficient permet de déduire une stratégie dans l'utilisation des apports énergétiques. En effet, le coefficient de condition est corrélé positivement à la densité de lipides, ces derniers étant

utilisés comme le montrent Robinson *et al.* (2008) durant les périodes de jeûne, de reproduction et de maturation. Chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA, les variations temporelles du coefficient de condition montre un cycle saisonnier.

Chez *E. encrasicolus*, le coefficient de condition est meilleur en hiver, hors période de reproduction et mauvais le reste de l'année. Les valeurs maximales se situent entre novembre et janvier et constituent une phase de bonne condition qui précède le démarrage de la reproduction. Au cours de cette période, l'anchois se nourrit intensément pour stocker dans le mésentère et sous les muscles, des réserves lipidiques nécessaires à la maturation des gamètes mâles et femelles notamment au processus d'ovogenèse et de spermatogenèse. Entre février et octobre, le coefficient de condition diminue ce qui se traduit par un amaigrissement des anchois qui se nourrissent peu, à cause du développement des gonades qui compriment de plus en plus le tractus digestif réduisant ainsi le volume de la prise alimentaire (Lahaye 1980). En plus les réserves graisseuses sont investies majoritairement dans l'élaboration des produits sexuels et l'émission des œufs réduit la masse corporelle comme l'ont signalé Millàn (1999) et Somarakis *et al.* (2012). La présence de valeurs modérées de K en mars, mai, juin et septembre suggère que l'anchois continue à se nourrir durant la période de reproduction, pour pouvoir couvrir toutes les dépenses énergétiques du métabolisme de base, de la reproduction et de la croissance somatique comme il a été constaté par Lisovenko et Andrianov (1996), Millàn (1999) et Kim *et al.* (2013).

Chez *S. pilchardus*, le coefficient de condition est élevé entre octobre et mai, coïncidant avec la période de frai alors qu'entre juin et septembre, il diminue. L'augmentation correspondant à la phase dans laquelle les gonades sont sexuellement actives, est le résultat de la demande excessive d'énergie pour le processus de la gamétogenèse, comme c'est le cas de nombreux poissons Téléostéens marins tel que le sar commun, *D. sargus* (Morato *et al.*, 2003) ou encore le merlu, *Merluccius merluccius* (Belhoucine, 2012). En fin de période de reproduction, généralement en mars, on observe aussi une augmentation brutale de K conséquence d'une intensification alimentaire pour récupérer l'énergie investie dans les processus d'élaboration et d'émission des ovocytes et des spermatozoïdes. La tendance à la diminution du coefficient de condition lors du repos sexuel est traduite par un amaigrissement des sardines en fin de ponte, les réserves stockées sous la peau et dans le mésentère sont investis majoritairement pour assurer l'énergie essentielle au métabolisme de base et à la croissance somatique.

D'une manière générale on peut dire qu'*E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA s'alimentent toute l'année. L'augmentation des coefficients de condition juste après la ponte montre que l'état d'embonpoint de ces 2 espèces s'améliore rapidement comme le signalent Lisovenko et Andrianov (1996), Millàn (1999) et Bouhali *et al.* (2015).

L'analyse microscopique des ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus*, prélevés à différentes périodes du cycle reproducteur, nous a permis de déterminer leurs degrés de maturité, de caractériser les principales phases évolutives de leurs cycles sexuels et de préciser les périodes de reproduction et de ponte. Selon la cinétique de l'ovogenèse, le cycle sexuel d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus*, passe par 3 phases successives. Une phase de maturation ovarienne coïncidant avec le processus de vitellogenèse. Une phase de ponte correspondant à la maturation finale et l'émission d'ovocytes mûrs et une phase de récupération ou de repos sexuel.

Pendant toute la période de ponte, des ovocytes pré-vitellogéniques, des ovocytes vitellogéniques à tous les stades de développement et des follicules post-ovulatoires sont présents dans les ovaires, leurs croissances et leurs distributions sont plurimodales. Au sein d'un même ovaire, plusieurs lots d'ovocytes sont visibles. L'accroissement final de chaque lot correspond à l'hydratation des ovocytes qui atteignent une taille définitive d'environ 1000 μm chez l'anchois et 800 chez la sardine. Ces ovocytes lorsqu'ils arrivent à maturité, sont pondus par lots successifs. La stratégie de ponte chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA est de type «ponte fractionnée», ces poissons sont susceptibles d'effectuer comme le signale Fontana (1969), plusieurs actes de ponte de façon fractionnée durant la même saison de reproduction.

Du point de vue histologique, la période de reproduction d'*E. encrasicolus* commence en mars et se termine en octobre alors que chez *S. pilchardus*, elle s'étale d'octobre à avril. Cette étude nous a permis de situer avec précision les périodes de reproduction des 2 poissons et de montrer qu'elles concordent avec celles calculées grâce au RGS (Millan, 1999; Khemiri, 2006; Khemiri et Gaamour, 2009; Amenzoui, 2010; Manzo *et al.*, 2013; Zup *et al.*, 2013).

La fécondité individuelle absolue estimée chez *E. encrasicolus*, oscille entre 5222 et 50390 ovocytes par femelle mature avec une moyenne de 24757 ovocytes. Chez *S. pilchardus*, cette fécondité a été estimée entre 10288 et 45386 ovocytes avec une moyenne de 21433 ovocytes. Ces résultats montrent que *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA sont des espèces à grand potentiel reproductif chez qui la mortalité des larves est importante et influence fortement le recrutement. Ainsi, la stratégie utilisée pour compenser la forte

mortalité potentielle est basée sur une allocation d'énergie à la reproduction favorisant la production massive d'œufs. Ce résultat est comparable à celui préconisé par Cury et Roy, (1989) et Bakun (1996).

La fécondité individuelle absolue d'*E. encrasicolus* du LEA est supérieure à celle trouvée chez la même espèce par Ouattara *et al.* (2008) dans le littoral ivoirien où ces auteurs trouvent une moyenne de 14616 oocytes seulement. Chez *S. pilchardus* du LEA cette fécondité est proche de celle rapportée par Bédairia, (2011) dans le golfe d'Annaba où elle varie entre 10900 et 57600 ovocytes. Bouchereau (1981) à Oran, détermine un intervalle de 5000 à 20000 ovocytes par sardine, il prend en considération les ovocytes dont le diamètre est supérieur à 170 μm . En Tunisie, Kartas (1981) estime la fécondité de la sardine entre 5000 et 38500 œufs par individu ne comptant que les ovocytes supérieurs à 375 μm de diamètre. D'après Andreu (1955), la sardine de Malaga pond en moyenne 29000 ovocytes dans un intervalle de 15000 à 50000 et seuls les ovocytes dont le diamètre est supérieur à 200 μm sont comptabilisés.

Il est difficile d'établir une comparaison entre les fécondités que nous avons estimé et celles provenant d'autres zones géographiques pour 2 raisons:

- Chaque auteur utilise un diamètre ovocytaire différent pour commencer son comptage, ce qui empêche de définir clairement leur limite inférieure.
- La fécondité est fortement liée à la taille de 1^{ère} maturité sexuelle qui change d'une population à l'autre en fonction des conditions du milieu. Ces conditions sont essentiellement la quantité de nourriture disponible, la température, le degré de pression des prédateurs et l'intensité de la pêche (Wootton, 1982; Bye, 1984). Elles peuvent être attribuées aux facteurs génétiques sachant qu'il n'existe que très peu de renseignements sur le contrôle génétique de la fécondité (Kartas et Quignard, 1984).

Les fécondités individuelles absolues estimées chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* sont positivement corrélées aux poids total, somatique, des gonades et à la longueur totale du poisson. C'est également le cas pour les anchois des côtes tunisiennes (Gaamour *et al.*, 2004) et ivoiriennes (Ouattara *et al.*, 2008) et la sardine du littoral marocain (Amenzoui *et al.*, 2006). Ce constat est également signalé chez *Sardinelle aurita* (Conand, 1977) et *Solea vulgaris* (Le Bec, 1985).

L'étude de l'âge montre que l'anchois et la sardine du LEA sont caractérisés par une faible longévité estimée à 4 ans. Cette caractéristique est typique des PP des eaux chaudes et tempérées qui durant leurs vies, dépensent une énergie considérable.

La majorité des études réalisées en Méditerranée s'accordent à donner le même âge, de 4 ans, aux différents stocks d'*E. encrasicolus*, peuplant les côtes Ouest algériennes (Bacha *et al.*, 2010), les côtes tunisiennes (Khemeri *et al.*, 2007) et Nord-Ouest méditerranéennes (Morales-Nin et Pertierra, 1990). Le même résultat a été signalé par Sinovčić (2000) et Giannetti et Donato (2003) dans l'Adriatique. La longévité d'*E. encrasicolus* peut varier de 2 ans (Fage, 1911) à 5 ans (Hemida, 1987; Bellido *et al.*, 2000). Dans un rapport de l'Ifremer (2004), la longévité de l'anchois du golfe de Gascogne est de 5 ans. Cette variation est probablement due à l'emploi de méthodes différentes de détermination de l'âge ou à des méthodes identiques mais non standardisées.

La longévité de *S. pilchardus* estimée à 4 ans, rejoint celles proposées par Fage (1920) dans les eaux algéroises et par Mozzi et duo (1959) dans les côtes italiennes. D'une manière générale, les différents stocks de *S. pilchardus* étudiés en Méditerranée présentent une faible longévité ne dépassant jamais 5 ans (Mouhoub, 1986; Bencherifi *et al.*, 1989; Brahmi *et al.*, 1998; Bedairia, 2011; Bouhali, 2015). En revanche, en Atlantique, Copace (1978) estime cet âge à 6 ans alors que Guerault (1980) et Sinovčić (1986) le place à 8 ans.

Les tailles asymptotiques estimées chez *E. encrasicolus* à 18.25 cm et chez *S. pilchardus* à 20.02 cm, sont atteintes après seulement 4 ans avec des vitesses de croissance respectives de 0.74 an^{-1} et 0.34 an^{-1} . Il s'agit d'espèces à croissance rapide comme le signalent plusieurs auteurs dans différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique (Bouchereau et Ghazi, 1988; Karacam et Düzgünes, 1990; Morales-Nin et Pertierra, 1990; Millàn, 1999; Bellido *et al.*, 2000; Pecquerie *et al.*, 2009; Amenzoui, 2010; Bacha *et al.*, 2010).

Le modèle de croissance de Von Bertalanffy, appliqué aux données âge - longueur, a montré que l'essentiel de la croissance chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA est réalisé au cours de la 1^{ère} année de vie. Ces résultats suggèrent, comme le montrent Bellido *et al.* (2000), Amenzoui (2010) et Bacha *et al.* (2010), que l'exploitation de ces stocks dépend essentiellement des premiers groupes d'âges, lesquels dépendent fortement du succès du recrutement.

La 1^{ère} année de vie d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* correspond à une phase de forte croissance car le taux de croissance somatique est plus élevé avant le début de la 1^{ère} maturité

sexuelle (Roff, 1983). La baisse la plus importante du taux de croissance des 2 espèces, est observée après la 1^{ère} année de vie correspondant à l'acquisition de la taille de 1^{ère} maturité sexuelle. A partir de ce moment, une portion importante de l'énergie est investie dans la reproduction au dépend de celle consacrée à la croissance, ce qui engendre une baisse du taux de croissance chez les 2 espèces.

Les valeurs de la longueur asymptotique (L_{∞}) indicatrices de la croissance linéaire et du coefficient de vitesse de croissance (K) du stock d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* du LEA, se rapprochent des résultats trouvés chez l'anchois par de nombreux auteurs (Pertierra, 1987; Morales-Nin et Pertierra, 1990; Bellido *et al.*, 2000; Basilone *et al.*, 2004; Khemiri *et al.*, 2007; Bacha *et al.*, 2010) et chez la sardine dans différentes régions (Lopez, 1963; Boulva, 1975; Biaz et Rami, 1978; Guerault, 1980; Bouchereau, 1981; Kartas, 1981; Mouhoub, 1986; Morales-Nin et Pertierra, 1990; Sinovčić, 1991; Bedairia, 2011; Bouhali, 2015). Toutefois, il existe des dissemblances dans la L_{∞} et le K entre les différentes populations d'une même espèce. Ces différences sont dues principalement à:

- La divergence des méthodes d'échantillonnages.
- L'hétérogénéité des méthodes de calcul utilisées comme la lecture directe sur les otolithes ou les écailles, le rétro-calcul, l'analyse de fréquence de taille.
- Divers travaux ont montré que les variations de la L_{∞} , observées chez des groupes d'individus de la même espèce, pouvaient être attribuées à des conditions de vie dans le milieu (température en particulier), ou encore au taux d'exploitation (Fréon, 1988). Atarhouch *et al.*, (2006) expliquent ces différences comme étant dues à des facteurs génétiques, où les individus à forte croissance possèdent une structure génotypique particulière.

L'indice de performance de croissance (\emptyset') a été calculé chez *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* du LEA à partir des valeurs de L_{∞} et K. Chez l'anchois, cet indice est de l'ordre de 2.392, il est très proche de ceux trouvés chez la même espèce par de nombreux auteurs dans différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique (Hemida, 1987; Morales-Nin et Pertierra, 1990; Thomas, 1985; Bellido *et al.*, 2000; Sinovčić, 2000; Basilone *et al.*, 2004; Khemiri *et al.*, 2007; Bacha *et al.*, 2010). Chez la sardine, la valeur de \emptyset' est de 2.134. Elle se rapproche de celles trouvées par Amenzoui (2010), Bedairia (2011) et Bouhali (2015). Ainsi, la croissance linéaire d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* du LEA évolue d'une manière rapide et identique à celles trouvées chez les mêmes espèces dans différentes régions

La croissance relative d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* du LEA et de type allométrie majorante avec b supérieur à 3, le poids croît proportionnellement plus vite que le cube de la longueur, traduisant une bonne croissance pondérale des 2 espèces. Ce résultat est comparable à ceux obtenus chez *E. encrasicolus* des côtes tunisiennes (Gaamour *et al.*, 2004) et mauritaniennes (Ba, 1988) où la valeur du coefficient d'allométrie est significativement supérieure à 3. Cette observation a été également faite par Millàn (1999), Funamoto *et al.* (2004) et par Manzo *et al.* (2013). Par contre, une allométrie minorante avec b inférieur à 3 a été signalée par Ouattara *et al.* (2008) chez l'anchois du littoral Est ivoirien.

Chez *S. pilchardus*, nos résultats s'accordent avec ceux trouvés sur la même espèce le long des côtes algériennes (Bouchereau, 1981; Mouhoub, 1986; Brahmi *et al.*, 1998; Bouhali, 2015) où on a une allométrie majorante et des coefficients d'allométrie b significativement supérieurs à 3. Le même résultat a été signalé chez *S. pilchardus* des côtes tunisiennes (Kartas, 1981) et celles de Landres (Gueraut et Avrilla, 1978). Toutefois, Bedairia (2011) a observé une isométrie de croissance sur la sardine du golfe d'Annaba où le poids croît proportionnellement au cube de la longueur. Quignard et Kartas (1976) ont signalé chez la sardine des côtes tunisiennes, une allométrie minorante où le poids croît proportionnellement moins vite que le cube de la longueur. Le même résultat a été trouvé par Idrissi et Zouiri (1985) sur les côtes de l'Atlantique marocain.

Les différences de croissance observées chez les populations d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* dans différentes régions sont probablement dues à des facteurs internes et externes tels que l'âge, le sexe, la disponibilité de nourriture, la température, la salinité, le régime alimentaire ou encore le développement des gonades (Pauly, 1984; Sparre, 1992; Zaydin et Taskavak, 2007).

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons recueilli des données et des informations fondamentales sur la biologie de l'anchois, *Engraulis encrasicolus* et de la sardine, *Sardina pilchardus* peuplant le littoral extrême Est algérien. Deux grands axes ont été traités: la biologie de la reproduction et l'étude de l'âge et de la croissance.

Le cycle sexuel d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* à été suivi entre 2011 et 2012, à travers l'étude de plusieurs aspects à savoir: le sex-ratio, les stades de maturité sexuelle, la taille à la 1^{ère} maturité sexuelle, la période de reproduction, la condition et la stratégie d'utilisation des réserves graisseuses, l'histologie des ovaires, le suivi de la dynamique ovocytaire, l'estimation de la fécondité et la détermination de la stratégie de ponte. Pour répondre à cette problématique, nous nous sommes basés sur des critères d'ordres macroscopiques, pondéraux et microscopiques.

Ainsi, on peut dire que l'anchois, *E. encrasicolus* et la sardine *S. pilchardus* du LEA ne présentent pas de dimorphisme sexuel apparent, le sexe n'est déterminé qu'après dissection et observation macroscopiques des gonades.

La proportion des sexes est importante dans la reproduction des 2 populations. Chez l'anchois, le sex-ratio est constant, le nombre des mâles est proche de celui des femelles alors que celui de la sardine est en faveur des femelles qui dominent dans les prises. Chez les 2 espèces, le sex-ratio varie en fonction de la taille et des saisons.

Au cours du cycle sexuel, les gonades mâles et femelles d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* changent d'apparence et évoluent en fonction des phases du cycle reproducteur. On se basant sur des critères macroscopiques comme la forme, la couleur, la vascularisation, la taille et le volume occupé par la gonade dans la cavité abdominale, 5 stades de maturité sexuelle ont été établis pour les mâles et les femelles des 2 espèces: inactif, début de maturation, pré-ponte/pré-émission, ponte/émission, post-ponte/post-émission. Ces différents stades se succèdent au cours du cycle sexuel d'une façon cyclique.

E. encrasicolus et *S. pilchardus* sont des poissons de type gras, leurs réserves lipidiques sont stockées sous la peau et dans le mésentère avant de passer vers les gonades pour assurer les besoins énergétiques de la gamétogenèse. Dans les eaux du LEA, *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* adaptent leurs stratégies d'utilisation des réserves graisseuses en

fonction de la période de frai ou de repos. Pour couvrir toutes les dépenses énergétique du métabolisme de base, de reproduction et de croissance somatique ces poissons s'alimentent sans arrêt pendant toute l'année.

E. encrasicolus et *S. pilchardus* du LEA sont caractérisés par une maturité sexuelle précoce et une période de reproduction étalée. Ces espèces commencent à participer à la reproduction dès la fin de leur 1^{ère} année (âge 1) à une taille L_{m50} de 10.40 cm pour l'anchois et 11.09 cm pour la sardine. Lorsqu'ils atteignent leurs maturités sexuelles, l'anchois se reproduit entre mars et octobre avec une ponte estivale et la sardine, entre octobre et avril avec une ponte hivernale. Chez les 2 espèces, l'étalement de la période de ponte traduit un grand potentiel reproductif. Un tel étalement, a pour conséquence un fractionnement de l'émission des œufs en plusieurs lots. Ce potentiel reproductif a été mesuré à travers l'estimation de la fécondité individuelle absolue où nous avons constaté que l'anchois peut émettre plus de 50.000 ovocytes de forme ovoïdes et la sardine pond plus de 45.0000 ovocytes sphériques.

L'examen histologique des ovaires d'*E. encrasicolus* et de *S. pilchardus* prélevés à différentes périodes du cycle reproducteur, et la détermination du degré de maturité du lot d'ovocytes le plus avancé présent dans l'ovaire, nous ont permis de constater 6 stades ovariens: ovaire immature, ovaire en maturation, ovaire mature (pré-ponte), ovaire en reproduction (ponte), ovaire en post-ponte et ovaire en repos sexuel. La distribution plurimodale des ovocytes et la présence simultanée d'ovocytes pré-vitellogéniques et vitellogéniques à différent stade de maturité avec des follicules post-ovulatoire au sein d'un même ovaire, confirme que l'émission des œufs se fait par lot. Ces résultats nous ont permis de considérer que l'anchois, *E. encrasicolus* et la sardine, *S. pilchardus* du LEA sont des espèces à ponte fractionnée.

Dans les eaux du LEA, *E. encrasicolus* et *S. pilchardus* sont caractérisés par une courte longévité estimée à 4 ans et une croissance linéaire rapide surtout durant la 1^{ère} année, pour ralentir par la suite. La croissance relative est de type allométrie majorante, traduisant une bonne croissance pondérale des 2 espèces.

En perspectives

Nous avons étudié la biologie de la reproduction, l'âge et la croissance chez *E. encrasicolus* et chez *S. pilchardus* pêchés dans le littoral extrême Est algérien. Les données acquises contribuent à une meilleure connaissance de l'écobiologie de ces poissons indispensable pour tout établissement de modèles d'évaluation des stocks pour permettre leurs pérennités et leurs exploitations durables. Cependant de nombreux champs d'investigation restent ouverts, ils sont indispensables pour compléter les connaissances actuelles aussi bien sur l'anchois que sur la sardine.

Parmi les champs à développer nous suggérons à travers des travaux de recherche à moyens et longs termes:

- **L'estimation** de la fréquence de ponte et le calcul de la fécondité par acte de ponte.
- **L'évaluation** de la biomasse des stocks par la méthode de production journalière d'œufs.
- **L'étude** de l'influence de l'environnement notamment la température de l'eau sur le cycle sexuel.
- **La lecture** journalière des otolithes.
- **L'étude** qualitative et quantitative du régime alimentaire.
- **L'estimation** de l'abondance et de la structure démographique des stocks de pêche.
- **L'étude** de la biomasse disponible et le niveau d'exploitation (mortalité, recrutement).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abad R. & Giraldez A. 1993. Reproduccion, factor de condicion y talla de primer madurez de la *Sardina pilchardus* (Walb.), del litoral de Malaga, mar de Alboran (1989 à 1992). *Biol. Inst. Esp. Oceanogr*, 9 (1): 145 - 155.

Abad R., Miquel J., Iglesias M. & Alvarez F. 1998. Acoustic estimation of abundance and distribution of sardine in the Northwestern Mediterranean. *Fisheries research*, 34: 239 - 245.

Aboussouan A. & Lahaye J. 1979. Les potentialités des populations ichtyologiques. Fécondité et ichtyoplancton. *Cybium*, 3 (6): 29 - 46.

Albaret J.J. 1977. La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le golfe de Guinée. *Cahiers ORSTOM. sér. Océanographie*, 15(4): 389 - 419.

Albaret J.J. 1994. Les poissons: Biologie et peuplement. *In: Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II - Les milieux lagunaires* (Durand J. R., Dufour P., Guiral D. & S.G.F. Zabi, édés). Paris, ORSTOM: 238 - 279.

Aldbert Y. & Carries C. 1976. Premiers résultats d'une étude quantitative de la reproduction de la sardine dans le Golfe de Lion. *XXV^{ème} Congrès. CIESM. Split*.

Aldebert Y. & Tournier H. 1971. La reproduction de la sardine et de l'anchois dans le golfe du Lion. *Revue des travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*. 35 (1): 57 - 75.

Alheit J., Alarcon V.H. & Macewicz B.J. 1984. Spawning frequency and sex ratio in the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep*, 25: 43 - 52.

Alheit J., Roy C. & Kifani S., 2009. Decadal-scale variability in populations. Chapter 5, in: Checkley D., Alheit J., Oozeki Y., Roy C. (Eds.), *Climate Change and Small Pelagic Fish*, Cambridge University Press, 64 - 87.

Amenzoui K., Ferhan-Tachinante F., Yahyaoui A., Kifani S. & Mesfioui A.H. 2006. Analyse of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast. *Comptes Rendus Biologies*, 329: 892 - 901.

Amenzoui K. 2010. Variabilité des caractéristiques biologiques de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) exploitée au niveau des zones de Safi, Agadir et Laâyoune (côtes Atlantiques Marocaines). Thèse de Doctorat. Université Mohammed V-Agdal. Maroc. 329 p.

Arné P. 1931. Contribution à l'étude de l'anchois du golfe de Gascogne. *Revue des Travaux d'ORSTOM, Tome IV. Fasc. 2. N° 14*: 153 - 181.

Arrignon J. 1966. L'anchois, *Engraulis encrasicolus* L., des côtes d'Oraine. *Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes*, 30 (4): 317 - 342.

Atarhouch T., Rüber L., Gonzalez E.G., Albert E.M., Rami M., Dakkak A. & Zardoya R. 2006. Signature of an early genetic bottleneck in a population of Moroccan sardines *Sardina pilchardus*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39 (2): 373 - 38.

Ba I. 1988. Biologie et dynamique des populations d'anchois (*Engraulis encrasicolus*) des côtes Mauritanienes. Thèse de Doctotat 3^{ème} cycle. Université de Bretagne occidentale. 131 p

Bacha M. & Amara R. 2009. Spatial, temporal and ontogenetic variation in diet of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) on the Algerian coast (SW Mediterranean). *Estuarine, Coastal Shelf Sciences* 85: 257 - 264.

Bacha M., Moali A., Benmansour N.E., Brylinski J.M., Mahe K. & Amara R. 2010. Relationships between age, growth, diet and environmental parameters for anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Bay of Bénisaf, SW Mediterranean, West Algerian coast. *Cybiurn*, 34(1): 47 - 57.

Bacha M. & Amara R. 2012. Inter-cohort differences in growth, condition and feeding of juvenile anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Gulf of Béjaia (Algerian coast, SW Mediterranean): Implications for recruitment success. *Fisheries Research*, 129 - 130: 73 - 81.

Bacha M., Jemaa S., Hamitouche A., Rabhi K. & Amara R. 2014. Population structure of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*, in the SW Mediterranean Sea, and the Atlantic Ocean: evidence from otolith shape. *ICES Journal of Marine Science*, 11: 1 - 8.

Bagenel T.B. 1968. Eggs and early life history. Part I. Fecundity.

Bakun A. 1996. Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics. University of California Sea Grant, San Diego, California, USA, NOAA in cooperation with Centro de Investigaciones Biologicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico. 323p.

Barkova N.A., Chukhgalter O.A. & Scherbitch L.V. 2001. Problèmes structuraux des populations de sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) habitant au large des côtes de l'Afrique du Nord-Ouest. In *Groupe de Travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique Nord-Occidentale Nouadhibou, Mauritanie*, 24 - 31 mars 2001 (657): 120 - 133.

Basilone G., Guisande C., Patti B., Mazzola S., Cuttitta A., Bonanno A., Vergara A.R. & Maneiro I. 2006. Effect of habitat conditions on reproduction of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in Strait of Sicily. *Fisheries oceanography*, 15 (4): 271 - 280.

Basilone G., Gantias K., Ferreri R., D'Eliaa M., Quinci E.M., Mazzolaa S. & Bonanno A. 2015. Application of GAMs and multinomial models to assess the spawning pattern of fishes with daily spawning synchronicity: A case study in the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the central Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 167: 92 - 100.

Bauchot R. 1980. Larousse. *Articles de Renan à science, la grande encyclopédie.*

Bedairia A. & Djebbar A.B. 2009. A preliminary analysis of the state of exploitation of the sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the gulf of Annaba, East Algerian. *Animal Biodiversity and Conservation*, 3(2): 89 - 99.

Bedairia A. 2011. Biologie, écologie et exploitataion de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans le littoral Est - Algérien. Thèse de Doctotat. Université Badji Mokhtar. Annaba. Algérie. 203 p

Belhoucine F. 2012. Etude de la biologie de la croissance et de la reproduction d'un poisson Téléostéen, le merlu (*Merluccius merluccius* linné, 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourd (Zinc, Plomb, Cadmium) dans la baie d'Oran. Thèse de Doctorat. Univrsité d'Oan. Algérie. 275 p.

Bellido J.M., Pierce G.J., Romero J.L. & Millàn M. 2000. Use of frequency analysis methods to estimate growth of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) in the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research*, 48: 107 - 115.

Belvèze H. 1984. Biologie et dynamique des populations de sardine (*Sardina pilchardus*) peuplant les côtes atlantiques et proposition pour un aménagement des pêcheries. Thèse de doctorat d'Etat. Université Brest Occidentale. 531p.

Bencherifi S., Idrissi M. & Lakhnigue A. 1989. Structure démographique du stock de sardines *Sardina pilchardus* peuplant les côtes Méditerranéennes du Maroc. *Rapport de la sixième consultation technique du conseil général des pêches.*

Benmansour N. 2009. Contribution a l'étude de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*, Linné, 1758) de l'extrême Ouest Agerien (Ghazaouet et bénisaf). Recherche de quelques métaux lourds. Thèse de Doctorat. Université Aboubekr Belkaïd. Tlemcen. 189 p.

Bernal M., Stratoudakis Y., Coombs S., Angelico M.M., Lago de Lanzos A., Porteiro C., Sagarminaga Y., Santos M., Uriarte A., Cunha E., Valdés L. & Borchers D. 2007. Sardine spawning off the European Atlantic coast: Characterization of spatio-temporal variability in spawning habitat. *Progress Oceanography*, 74: 210 - 227.

Berraho A., Ettahiri O., Letourneur Orbi A. & Yahyaoui A. 2005. Importance des paramètres et des larves des petits pélagiques du sud de l'Atlantique marocain. *Cybiurn*, 29(1): 21 - 31.

Beyer J.E. 1991. On length-weight relationships. 2. Computing mean weights from length statistics. *Fishbyte*, 9: 50 - 54.

Bhattacharya C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115 - 135.

Biaz R. & Rami M. 1978. Données disponibles sur les poissons pélagiques de la côte Nord Marocaine. *FAO Fisheries Reports* (FAO). N° 204.

Billard R. 1979. La gamétogenèse, le cycle sexuel et le contrôle de la reproduction chez les poissons Téléostéens. *Bulletin Français de Pisciculture*, 273: 117 - 136.

Bouaïn A. 1977. Contribution à l'étude morphologique, anatomique et biologique de *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758) et *Dicentrarchus punctatus* (Bloch, 1792) des côtes tunisiennes. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences de Tunis. 115 p.

Bouchereau J.L. 1981. Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran (Algérie). Thèse Doctorale 3^{ème} cycle, Université Aix-Marseille II. 239 p.

Bouchereau J.L. & Ghazi M. 1988. Paramètres de croissance de (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792), de la baie de Beni-Saf (Algérie). *Rapport de la Commission Internationale de la Mer Méditerranée*, 31 (2): 267.

Bougis P. 1952. Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus* L., *Mullus surmuletus* L.). *Archive de Zoologie Expérimentale et générale*, 89 (2): 57 - 174.

Bouhali F.Z., Lechekhab C., Ladaimia S., Bedairia A., Amara R. & Djebbar A.B. 2015. Reproduction et maturation des gonades de *Sardina pilchardus* dans le golfe d'Annaba (Nord-Est algérien). *Cybium*, 39(2): 143 - 153.

Boulva J. 1975. Données nouvelles sur la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum 1792) du golfe de Lion en Méditerranée. *FAO, Rapp. Pêches*.

Brahmi B., Bennoui A. & Oualiken A. 1998. Estimation de la croissance de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) dans la région centre de la côte Algérienne. In: Leonart J. (ed.). *Dynamics des populations marine, Cahiers Options Méditerranéennes, CIHEAM*, 35: 57 - 64.

Brown-Peterson N.J., Wyanski D.M., Saborido-Rey F., Macewicz B.J. & Lowerre-Barbieri S.K. 2011. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 3 (1): 52 - 70.

Bye V. 1984. The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. In: Potts, G.W, R.J. (Eds.), Fish reproduction: Strategies and Tactics. *Academic Press, London*, pp: 187 - 205.

Casavola N., Marano G. & Rizzi E. 1996. Batch fecundity of *Engraulis encrasicolus* L. in the south-western Adriatic Sea. *Scientia Marina*, 60: 369 - 377.

CGPM. 2011. Commission générale des pêches pour la méditerranée, Rapport de la trente cinquieme session, Rome.

Chavance P. 1980. Production des aires de ponte, survie larvaire et biomasse adulte de la sardine et de l'anchois dans l'est du Golfe du Lion (Méditerranée occidentale). *Tethys*, 9(4): 399 - 418.

Chavez F.P., Ryan J., Lluch-Cota S.E. &Ñiquen N. 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science*, 299: 217 - 221.

Conand C. 1977. Contribution à l'étude du cycle sexuel et de la fécondité de la sardinelle ronde, *Sardinella aurita* : pêche sardinière dakaraise en 1975 et premier semestre 1976 .*Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr XV*, 4: 301 - 312.

Coombs S.H., Smyth T.J., Conway D.V.P., Halliday N.C., Bernal M., Stratoudakis Y. & Alvarez P. 2006. Spawning season and temperature relationships for sardine (*Sardina pilchardus*) in the Eastern North Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 86: 1245 - 1252.

Copace. 1978. Les pêches dans l'Atlantique centre-Est. *Rapport du groupe de travail sur l'unification de détermination de l'âge de la sardine (Sardina pilchardus, Walb)*. COPAC/TECH/78/8/Dakar (fr.): 9 p.

Cort J.L., Cendrero O. & Cardenas E. 1979. Nuevos datos re la anchoa del Cantabrico. *Informacion Pesquera. Inst. Esp. Oceanog*, 9: 1 - 199.

Couraudon-Réale M., Huret M., Bourriau P., Taraud L. & Petitgas P. 2010. Densité des œufs d'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et de sardine (*Sardina pilchardus*) dans le Golfe de Gascogne. Soutenance de Master 2. Université Paris VI.

Cýnahgýr B. 1996. Reproduction of European pilchard, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Aegean Sea. *Turkish Journal of Zoology*, 20: 33 - 50.

Cury P. & Roy C. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 670 - 680.

Cury P., Bakun A., Crawford R.J.M., Jarre A., Quiñones R.A., Shannon L.J. & Verheye H.M. 2000. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57: 603 - 618.

Dagnelie P. 1975. *Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Tome II.* Presses agronomiques de Gembloux: Gembloux. 463 p.

Dekker W. 1986. Age reading of European eels using tetracycline labelled otoliths. *Inter. Coun. Explor. Sea*, 16: 1 - 14.

Delaruelle G. 2009. Biologie de la reproduction de deux petits pélagiques, l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*), dans le golfe du Lion et première approche de la variabilité spatiale de leurs distributions. Rapport de stage de Master. Ifremer. 20 p.

Demir N. 1965. Synopsis of biological data on anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) (Mediterranean and adjacent Seas). *F.A.O. Fish. Synops.* 26 (1): 42 p.

Deniel C. 1981. Les poissons plats en baie de Douarnenez: Reproduction - Croissance - Migrations. Thèse d'état. U. B .O.

Derbal F. & Kara M.H. 2013. Age, croissance et reproduction du sar tambour *Diplodus cervinus cervinus* (Sparidae) des côtes de l'Est algérien. *Cybium*, 37(4): 247 - 254.

Dieheb K., Ghorbel M., Jarboui O. & Bouaïn A. 2006. Interactions between reproduction and fisheries in Bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae), from Gulf of Gabes (Tunisia). *Cybium*, 30 (4): 355 - 364.

Dieuzeide R., Nouella M. & Roland J. 1959. Catalogue des poissons des côtes Algériennes. Tome III. Osteoptérygiens. 2^{ème} édition, revue et augmentée: 299 p.

Djabali F., Mouhoub R. & Hemida F. 1988. Résultats des travaux réalisés sur les stocks de sardines et des anchois des côtes algéroises. *FAO. Rapp. Pêches*, 395:112 - 120.

Djabali F. & Hemida F. 1989. Reproduction de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*, Linné) de la région d'Alger. *Bulletin de l'Institut océanographique d'Alger*, 12: 12 - 21.

Djabali F. & Mouhoub R. 1989. Reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) de la région d'Alger. *Pélagos, Bull. Inst. Scient. de la Mer et de l'Aménagement du Littoral*, 7 (1): 29 - 31.

Duhamel E. & Masse J. 2004. Anchois commun (*Engraulis encrasicolus*), stock du golfe de Gascogne (Divisions VIII ab du CIEM). 6 p.

Durand M.H. 1991. La crise sardinière française: les premières recherches scientifiques autour d'une crise économique et sociale. In "Pêcheries Ouest africaines, variabilité, instabilité et changement ". Cury P. & C. Roy, eds., *ORSTOM*, Paris. France: 26 - 36.

Erkoyuncu I. & Ozdamar E. 1989. Estimation of the age, size and sex composition and growth parameters of anchovy, *Engraulis encrasicolus* in the Black Sea. *Fisheries Research*, 7: 241 - 247.

Ettahiri O., Berraho A., Vidy G., Ramdani M. & Do chi T. 2003. Observation on the spawning of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan Atlantic coast (21 - 26 N). *Fisheries Research*, 60: 207 - 222.

Fage L. 1911. Recherches sur la biologie de l'anchois *Engraulis encrasicolus* L. *Annals de l'Institut Oceanographique de Paris* 2(4): 1 - 40.

Fage L. 1920. Engraulidae, Clupeidae. Report on the Danish Oceanographical Expeditions 1908 - 1919 to the Mediterranean and adjacent Seas 2, 140 p.

FAO. 1999. Division des ressources halieutiques et Division des politiques et de la planification de la pêche. Aménagement des pêcheries, *FAO Directives techniques pour une pêche responsable*, Rome. 91p.

FAO. 2011. FAO yearbook, Fishery and Aquaculture Statistics 2009. FAO, Roma.

FAO. 2014. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Possibilités et défis. 275p.

Fisher W., Bauchot M.L. & Shneider M. 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vertèbres. Rome. FAO. 2: 761 - 1530.

Fontana A. 1969. Etude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* (VAL) et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de Pointe Noire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr* 2, (2): 101 - 113.

Fontana A. & Pianet R. 1973. Biologie des sardinelles *Sardinella eba* (Val) et *sadinella aurita* (Val) des côtes du Gongo et du Gabon. *ORSTOM du centre du Pointe-Noire*, 31: 39 p.

Fréon P. 1988. Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Inst. Française de Recherche. Sci pour le développement en Coopération. Collection Etudes et Thèses, Paris 1988 ORSTOM (Ed), 287 p.

Fréon P., Stéquert B. & Boëly T. 1978. La pêche des poissons pélagiques côtiers en Afrique de l'Ouest des Iles Bissagos au nord de la Mauritanie: description des types d'exploitation. *ORSTOM sér. Océanogr*, 16 (3 - 4): 209 - 228.

Fréon P., Cury P., Shannon L. & Roy C. 2005. Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: a review. *Bulletin of marine science*, 76(2): 385 - 462.

Funamoto T., Aoki I. & Wada Y. 2004. Reproductive characteristics of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in two bays of Japan. *Fisheries Research*, 70: 71 - 81.

Furnestin J. 1945. Contribution à l'étude biologique de la sardine Atlantique (*Sardina pilchardus* Walbaum). Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix-Marseille. 172 p.

Furnestin J. 1952. Biologie des Clupéidés Méditerranéens. Vie et milieu, 4 (1): 37 - 56.

Furnestin J. 1959. La reproduction de la sardine *Sardina pilchardus* et de l'anchois *Engraulis encrasicolus* des côtes Atlantiques du Maroc. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 23(1): 79 - 104.

Furnestin J. & Furnestin M.L. 1959. La reproduction de la sardine et de l'anchois des côtes Atlantiques du Maroc. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 23(1): 79 - 102.

Gaamour A., Khemiri S., Mili S. & Ben Abdallah L. 2004. L'anchois (*Engraulis encrasicolus*) des côtes Nord de la Tunisie: reproduction et exploitation. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer de Salammbô*, 3: 17 - 24.

Gamulin T. 1954. La ponte et les aires de ponte de la sardine dans l'adriatique. *Cons. Gén. Pêches Méditerranée*. N° 2, Document technique, 40: 229 - 232.

Ganias K., Somarakis S., Machias A. & Theodorou A.J. 2003. Evaluation of spawning frequency in a Mediterranean sardine population (*Sardina pilchardus sardina*). *Marine Biology*, 142: 1169 - 1179.

Ganias K., Somarakis S., Koutsikopoulo C. & Machias A. 2007. Factors affecting the spawning period of sardins in tow highly oligotrophic Seas. *Marine Biology*, 4: 1559 - 1569.

Garcia S. & Albaret J.J. 1977. Utilisation de la relation sex-ratio-taille pour la décomposition par sexe des structures démographiques. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr*, 15 (2): 83 - 87.

Garcia A. & Palomera I. 1996. Anchovy early life history and relation to its surrounding environment in the Western Mediterranean basin. *Scientia Marina*, 60 (Supl 2): 155 - 166.

Gayanilo F.C., Sparre P. & Pauly D. 2005. FAO-ICLARM Outils d'évaluation des stocks II (FiSAT II). Version révisée. Guide d'utilisation. *FAO Série informatique. Pêche. N° 8, Version révisée. Rome, FAO.* 190 p.

Giannetti G. & Donato F. 2003. Age détermination manuel. Adriaen training course on fish age determination by otolith reading. *Adria Med Occasional Papers* (Ancona, 13 - 24 May 2002). Termoli.

Giraldez A. & Abad R. 1995. Aspects on the reproductive biology of the western Mediterranean anchovy from the coasts of Malaga. *Scientia Marina*, 59 (1): 15 - 23.

Guerault D. 1980. La croissance linéaire de la sardine du golfe de Gascogne. Ses variations à long terme. *CIEM. C. M/H*, 40: 9 p.

Guerault D. & Avrilla J.L. 1978. La sardine de la côte des landres. Pêche et biologie. *CIEM.C.M/H*, 23: 18 p.

Guidetti P., Petrillo M., De Benedetto G. & Albertelli G. 2013. The use of otolith microchemistry to investigate spawning patterns of European anchovy: A case study in the eastern Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Fisheries Research*, 139: 1 - 4.

Gushchin A.V. & Corten A. 2015. Feedind of pelagic fische in waters of Mauritania: European Anchovy, *Engraulis encrasicolus*, European Sardine, *Sardina pilchardus*, Round Sardinelle, *Sardinella aurita*, and Fat Sardenella, *S. maderensis*. *Journal of ichthyology*, 55 (1): 77 - 85.

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 U.K.*, 28: 141 - 153.

Hemida F. 1987. Contribution à l'étude de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Linné, 1758) dans la région d'Alger. Biologie et exploitation. Thèse de Magistère. USTHB. Algérie. 157p.

Hoek P.P.C. 1914. Les Clupéidés (excepté le Hareng) et leur migration. Les sardines. *Cons.Inst. Explo. Mer. Rapp et PV*. 18: 1 - 69.

Hunter J.R. & Macewicz B. 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*, 83: 119 - 136.

Idrissi M. & Zouiri M. 1985. Données biostatistiques disponibles sur la sardine et l'anchois en Méditerranée marocaine. *Rapport de la 4^{ème} consultation technique du CGPM*. Sidi Fredj, Algérie, 16 - 21 novembre 1985. *FAO. Rapp. Pêches*, (347): 99 - 105.

IFREMER. 2004. Analyse de la pêcherie des petits pélagiques, sardine et anchois dans le golfe de Gascogne. *Rapport de stage intégré de début de 2^{ème} année.* 8 p.

ISTPM. 1982. Rapport de mission sur l'évaluation des ressources halieutiques de la marge continentale Algérienne. Stocks pélagiques, stocks demersaux exploitables au chalut. *Campagne Thalassa, Ichtyos, Joamy.* 101.

Jemaa S. 2014. Étude de la structure des populations et du régime alimentaire de l'anchois européen (*Engraulis encrasicolus*) et de la sardine européenne (*Sardina pilchardus*): relations avec l'environnement. Thèse de Doctorat. Université du Littoral (ULCO). 241p.

Karacam H. & Düzgünes E. 1990. Age, growth and meat yield of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758) in the Black Sea. *Fisheries Research* 9, 181 - 186.

Kartas F. 1981. Les Clupéidés de Tunisie. Caractéristiques biométriques et biologiques. Etude comparée des populations de l'Atlantique-Est et de la Méditerranée. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Tunis. 608 p.

Kartas F. & Quignard J.P. 1984. La Fécondité des Poissons Téléostéens. *Collection de Biologie des Milieux Marins*, 5. Masson. 121 p.

Khemiri S. 2006. Reproduction, âge et croissance de trois espèces de Téléostéens pélagiques des côtes Tunisiennes: *Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus* et *Boops boops*. Thèse de Doctorat de l'ENSAR, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes Spécialité Halieutique.

Khemiri S., Gaamour A., Meunier F. & Zylberberg I. 2007. Age and growth of *Engraulis encrasicolus* (Clupeiforme: Engraulidae) in the Tunisian waters. *Cahiers de Biologie Marine*, 48: 259 - 269.

Khemiri S. & Gaamour A. 2009. Relation taille-masse, condition relative et cycle sexuel des anchois et des sardines des côtes tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer de Salammbô*, 36: 45 - 57.

Kherraz A. 2011. Aspect biologique et évaluation de la pêcherie de la bogue *Boops boops* (Linné, 1758) de la frange cotière Oranaise. Biologie. Croissance. Exploitation. Mémoire de Magister. Université d'Oran. 110 p.

Khoudja F. 1976. Etude morphologique et histologique de la chronologie du développement larvaire chez l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*). Thèse de 3^{ème} cycle. Alger. 79 p.

Kim J.Y., Lee S.K., Kim S.S. & Choi M.S. 2013. Environmental factors affecting anchovy reproductive potential in the southern coastal waters of Korea. *Animal Cells and Systems*, 17(2): 133 - 140.

King M. 1995. Fisheries biology: Assessment and Management. *Ed Fishing New Books*, Osney Mead, Oxford Ox 2 OEL, England: 341 p.

Klingbeil R.A. 1978. Sex ratios of the northern anchovy *Engraulis mordax*, off Southern California. *California Fish and Game*, 64 (3): 200 - 209.

Ladaimia S. & Djebbar A.B. 2012. Biométrie et dimorphisme sexuel chez l'anchois, *Engraulis encrasicolus* des côtes de l'extrême Est Algérien. 23^{ème} *Forum international des sciences biologiques et de biotechnologie (ATSB)*, Hammamet - Tunisie, 21 - 24 Mars.

Ladaimia S., Bouhali F.Z. & Djebbar A.B. 2012a. Cycle sexuel chez l'anchois, *Engraulis encrasicolus* des côtes de l'extrême Est Algérien (El Tarf). 3^{ème} *Congrès Franco-Magrébin de Zoologie et d'Ichtyologie*, Marrakech - Maroc, 06 - 10 Novembre.

Ladaimia S., Bouhali F.Z., Benchikh N., Diaf A. & Djebbar A.B. 2012b. Croissance relative et cycle sexuel chez l'anchois, *Engraulis encrasicolus* (Linné, 1758) du littoral extrême Est Algérien. XIV^{ème} *Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer (ATSMER)*, Sousse - Tunisie, 15 -18 Décembre.

Ladaimia S., Bouhali F.Z., Benchikh N., Diaf A. & Djebbar A.B. 2013. Relation taille-Poids, ponte de l'anchois et de la sardine du littoral extrême Est algérien. 40^{ème} *Congrès de la CIESM*, Marseille - France, 28 Octobre - 01 Novembre.

Ladaimia S., Bouhali F.Z., Benchikh N., Diaf A. & Djebbar A.B. 2014. Cycle sexuel chez deux petits pélagiques du littoral d'El Kala (Est-Algérie): L'anchois, *Engraulis encrasicolus* et la sardine, *Sardina pilchardus*. IX^{ème} *Congrès Magrébin des Sciences de la Mer*. Sousse - Tunisie, 21 - 24 Décembre.

Ladaimia S., Bouhali F.Z., Benchikh N., Diaf A. & Djebbar A.B. 2016. Reproductive biology of anchovy *Engraulis encrasicolus* from the North eastern coast of Algeria (SW-Mediterranean). *Cahiers de biologie marine*, 57 (3): 241 - 251.

Lahaye J. 1980. Les cycles sexuels chez les poissons marins. *Oceanis*, (6 - 7): 637 - 654.

La Mesa M., Donato F., Giannetti G. & Arneri E. 2009. Growth and mortality rate of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Adriatic Sea during the transition from larval to juvenile stages. *Fisheries Research*, 96: 275 - 280.

Lamotte M. 1971. Initiation aux Méthodes statistiques en Biologie. Paris:Masson&Cie. 144 p

Larianeta G. 1960. Exposé synoptique des données biologiques sur *Sardina pilchardus* de la Méditerranée et des mers limitrophes. Species Synopsis, 4. *FAO. Fish. Biol. Synop*, 09: 137 - 173.

La-Roche M., Franquet F. & Quintero M.E. 1983. Plan regional de evaluacion de recursos. Provincia de Santa Cruz de Tenerife. Vol. III. Demersales. Consejeria Agric. y Pesca, *Gobierno de Canarias (ed.)*, Las Palmas G. C., pp: 328 - 468.

Laurent V, 2005. Description de la structure génétique des populations de sardines européennes, *Sardina pilchardus*, dans un contexte d'évolution de l'espèce. Université de Perpignan et de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. p 218.

Le Bec C. 1985. Cycle sexuel et fécondité de la sole *Solea vulgaris* (Quensel, 1806) du golfe de Gascogne. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 47 (3 - 4): 179 - 189.

Le Cren E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch *Perca fluviatilis*. *Journal of Animal Ecology*, 20: 201 - 219.

Lee J.Y. 1961. Note complémentaire sur les sardinelles *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) du golfe du Lion. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, 16 (2): 335 - 339.

Leonid A.L. & Andrianov D.P. 1996. Reproductive biology of anchovy (*Engraulis encrasicolus ponticus* (Alexandrov 1927) in the Black Sea. *Scientia Marina*, 60: 209 - 218.

Lisovenko L.A. & Andrianov D.P. 1996. Reproductive biology of the anchovy (*Engraulis encrasicolus ponticus*, (Aleksandrov 1927) in the Black Sea. *Scientia Marina*, 60(2): 209 - 218.

Lleonart J. & Maynou F. 2003. Fish stock assessments in the Mediterranean: state of the art. *Scientia marina*, 67: 37 - 49.

Lleonart J. 2015. La pêche en Méditerranée. Stocks, évaluations et état d'exploitation. Secteurs stratégiques / Économie et territoire. Annuaire IEMed de la méditerranée, 297 - 303.

Lopez J. 1963. Edal de la sardina, *Sardina pilchardus*, Walbaum, (1792) de Barcelona. *Invest. Pesp.Barç*, 23: 133 - 157.

Lowerre-Barbieri S.K., Gantias K., Saborido-Rey F., Murua H. & Hunter J.R. 2011. Reproductive Timing in Marine Fishes: Variability, Temporal Scales, and Methods. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*. Special section: *fisheries reproductive biology*, 3: 71 - 91.

Luttbeg B. & Warner R.R. 1999. Reproductive decision-making by female peacock wrasse: flexible versus fixed behavioral environments. *Behaviour Ecology*, 10 (6): 666 - 674.

Mac Gregor J.S. 1966. Fecundity of the pacific Hake *Merluccius productus* (ayear). *California Fish and game*, 54: 281 - 288.

Mandić M., Regner S., Krpo-Ćetković J. & Joksimović A. 2012. Unusual occurrence of anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758) eggs in December 2006 in the Boka Kotorska Bay (Adriatic Sea). *Acta Adriatica*, 53(1): 133 - 137.

Manzo C., Cilenti L., Fabbrocini A. & D'Adamo R. 2013. Population size structure, growth and reproduction of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) in the Lagoon of Lesina (South-Western Adriatic Sea, Italy). *Transitional Waters Bulletin*, 7(2): 41 - 52.

Marchal E. 1991. Nanisme et sédentarité chez certaines espèces de poissons pélagiques: deux aspects d'une même réponse à des conditions défavorables. *In: Pêcheries Ouest-Africaines*, 201 - 208. Éditions ORSTOM.

Marchal E. 1993. Biologie et écologie des poissons pélagiques côtiers du littoral ivoirien. *In: Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome I : Le Milieu marin*, pp: 277 - 286. Éditions ORSTOM.

Martoja R. & Martoja-Pierson M. 1967. Initiation aux techniques de l'histologie animale. Masson: Paris. 345 p.

Mehl S., Olsen M. & Bannerman P. 2005. Surveys of the fish resources of the western gulf of Guinea (Benin, Togo, Ghana and Côte d'Ivoire). Surveys of the pelagic and demersal resources 3 - 29 may. 24 p.

Mesnildrey L., Gascuel D., Lesueur M, & Le Pape O. 2010. Analyse des effets des réserves de pêche. Rapport scientifique. Les publications du Pôle Halieutique AGROCAMPUS OUEST n°2, 105 p.

Mezedjri L., Kerfouf A. & Tahar A. 2013. Reproductive cycle of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) (Clupeiformes Engraulidae) in the gulf of Skikda (Algerian East coasts). *Biodiversity Journal*, 4: 269 - 274.

Millán M. 1999. Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research*, 41: 73 - 86.

Milton D.A., Blaber S.J.M. & Rawlinson N.J.F. 1994. Reproductive biology and egg production of three species of Clupeidae from Kiribati, tropical central Pacific. *Fishery Bulletin*, 92: 102 - 121.

Morales-Nin B. & Pertierra J.P. 1990. Growth rates of the anchovy *Engraulis encrasicolus* and the sardine *Sardina pilchardus* in the north-western Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 107: 349 - 356.

Morato T., Afonso P., Lourinho P., Nash R.D.M. & Santos R.S. 2003. Reproductive biology and recruitment of the sea bream in the Azores. *Journal of Fish Biology*, 63: 59 - 72.

Morello E.B. & Arneri E. 2009. Anchovy and sardine in the Adriatic Sea. An ecological review. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 47: 209 - 256.

Motos L. & Uriarte A. 1991. An egg production estimate of biomass of the Bay of Biscay anchovy in 1990. *ICES CM 1991/H*: 32, 24 pp.

Motos L., Uriarte A. & Valencia V. 1996. The spawning environment of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Scientia Marina*, 60: 117 - 140.

Mouhoub R. 1986. Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes Algéroises. Thèse de Magistère, USTHB. Alger. 163 p.

Mozzi C. & Duo A. 1959. Croissance et âge des sardines de la haute Adriatique, débarquées à Chioggia. Italie. *Proc. Gen. Fish. Coun. Médit*, 5: 105 - 112.

MPRH. 2004. Plan national de développement de la pêche et de l'aquaculture, 2003 - 2007. 77p.

MPRH. 2014. Secteur de la pêche et de l'aquaculture. Bilan (2012 - 2014). Prospective 2030 & Projet « PLAN AQUAPECHE 2020 ». 72p.

Nikolioudakis N., Palomera I., Machias A. & Somarakis S. 2011. Diel feeding intensity and daily ration of the sardine *Sardina pilchardus*. *Marine Ecology Progress Series*, 437: 215 - 228.

Nikolsky G.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. 352 p.

Nikolsky G.V., 1969. Theory of fish population dynamics as the biological back-ground for rational exploitation and management of fishery resources (translated by BRADLEY, J.E.S.). Oliver and Boyd, Edinburgh, X VI: 323 p.

Nunes C., Silva A., Soares E. & Ganius K. 2011. The Use of Hepatic and Somatic Indices and Histological Information to Characterize the Reproductive Dynamics of Atlantic Sardine *Sardina pilchardus* from the Portuguese Coast. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management and Ecosystem Science*, 3(1): 127 - 144.

Olivar M.P., Salat J. & Palomera I. 2001. Comparative study of spatial distribution patterns of the early stages of anchovy and pilchard in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 217: 111 - 120.

Ouattara S., Fantodji A. & Ouattara M. 2008. Quelques aspects reproductifs de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) de la pêche artisanale du littoral est ivoirien. *Cybium*, 32(3): 201 - 209.

Palomera I. 1992. Spawning of anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Northwestern Mediterranean relative to hydrographic features in the region. *Marine Ecology Progress Series*, 79: 215 -223.

Palomera I. & Sabatés A. 1990. Co-occurrence of *Engraulis encrasicolus* and *Sardinella aurita* eggs and larvae in the Western Mediterranean. *Scientia Marina*, 54(1): 61 - 67.

Palomera I., Olivar M.P., Salat J., Sabatés A., Coll M., Garcìa A. & Morales-Nin B. 2007. Small pelagic fish in the NW Mediterranean Sea: An ecological review. *Progress in oceanography*, 74: 377 - 396.

Parrish R.H., Mallicoate D.L. & Klingbeil R.A. 1986. Age dependent fecundity, number of spawning per year sex ratio, and maturation stages in northern anchovy *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*, 84: 503 - 517.

Pauly D. 1982. Studying single-species dynamics in a multispecies context. *In: Theory and Management of Tropical Fisheries*. ICLARM Conf. Proc. 9 (Pauly D. & Murphy G.I., eds), pp: 33 - 70.

Pauly D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. ICLARM Studies and Reviews 8. ICLARM, Manila, Philippines. 325 p.

Pauly D. & Munro J.L. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2 (1): 21.

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

Pauly D. 1997. Méthodes d'évaluation de la mortalité naturelle, 135 - 156 p. *In : Cépaduès (eds.), Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Collection Polytech.* I.N.P. Toulouse, 1 - 288.

Pecquerie L., Petitgas P. & Kooijman M. 2009. Modeling fish growth and reproduction in the context of the Dynamic Energy Budget theory to predict environmental impact on anchovy spawning duration. *Journal of Sea Research*, 62: 93 - 105.

Pérez N., Porteiro C. & Alvarez F. 1985. Contribución al conocimiento de la biología de la sardina de Galicia. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr*, (2 - 3): 27 - 37.

Pertierra J.P. 1987. Crecimiento del boqueroân (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) (Pisces, Engraulidae) de la costa catalana (Mediterraneo noroccidental). *Inv. Pesq*, 51: 263 - 275.

Petrakis G. & Stergiou K.I. 1995. Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fisheries Research*, 21: 465 - 469.

Pichot P. & Aldbert Y. 1978. La pêche de la sardine en Méditerranée française. *Sci. Pêches. Bulletin de l'Institut des Pêches Maritimes*, (277): 1 - 17.

Pinnegar J.K., Polunin N.V.C. & Badalamenti F. 2003. Long-term changes in the trophic level of western Mediterranean fishery and aquaculture landings. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 60: 222 - 235.

Politikos D., Somarakis S., Tsiaras K.P., Giannoulaki M., Petihakis G., Machias A. & Triantafyllou G. 2014. Simulating anchovy's full life cycle in the northern Aegean Sea (eastern Mediterranean): A coupled hydro-biogeochemical - IBM model. *Progress in Oceanography*, 57: 45 - 56.

Postel E. 1955. Les faciès bionomiques des cpotes de Guinée française. *Rapp.Cons.Int. Expl.Mer*,137: 10 - 13.

Quero J.C. 1997. Les poissons des mers des pêches françaises: identification, inventaire et répartition de 209 espèces. *Ifremer. Ed. Delachaux et Niestle*. 304 p.

Quetglas A., Guijarro B., Ordines F. & Massuti E. 2012. Stock boundaries for fisheries assessment and management in the Mediterranean : the Balearic Islands as a case study. *Scientia Marina*, 76.

Quignard J.P. & Kartas F. 1976. Observation sur la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792), poisson, Téléostéen) des côtes Tunisiennes durant l'hiver 1973 - 1974. *Rapp. CIEM*, 23 (8): 21 - 25.

Ré P., Cabrale Silva R., Cunha E., Farinha A., Meneses I. & Moita T. 1990. Sardine spawning off Portugal. *Bol. Inst. Nac. Invest. Pescas*, Lisboa, 15: 31 - 44.

Refes W. 2011. Contribution à la connaissance de la biodiversité des fonds chalutables de la côte algérienne: les peuplements ichtyologiques des fonds chalutables du secteur oriental de la côte algérienne. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba. Algérie. 280 p.

Regner S. 1996. Effects of environmental changes on early stages and reproduction of anchovy in the Adriatic Sea. *Scientia Marina*, 60 (2): 167 - 177.

Ricker W.E. 1971. Linear regressions in fisheries research. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 30: 409 - 434.

Ricker W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1 - 382.

Risso A. 1826. Histoire naturelle des principales productions de l'Europe méridionale et particulièrement de celle des environs de Nice et des Alpes maritimes: tables méthodologiques des genres de poissons. *Levrant (Ed)*. Paris, 3: 99 - 480.

Robinson M.L., Gomez-Raya L., Rauw W.M. & Peacock M.M. 2008. Fulton's body condition factor K correlates with survival time in a thermal challenge experiment in juvenile Lahontan cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki henshawi*). *Journal of thermal biology*, 33: 363 - 368.

Rodriguez-Roda J. 1970. La sardina, *Sardina pilchardus* (Walb.), del golfo de Cadiz. *Invest. Pesca*, 34 (2): 451 - 476.

Rodriguez-Roda J. 1977. El boqueron *Engraulis encrasicolus* (L.) del Golfo de Cadiz. *Inv. Pesq*, 41: 423 - 542.

Roff D.A. 1983. An allocation model of growth and reproduction in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40: 1395 - 1404.

Roule L. 1940. Migrations et fécondités des poissons. *Librairie Delagrave*, Paris, 256 p.

Schwartzlose R.A., Alheit J., Bakun A., Baumgartner T.R., Colete R., Crawford R.J.M., Fletcher W.J., Green-Ruiz Y., Hagen E., Kawasaki T., Lluch-Belda D., Lluch-Cota S.E., Mac Call A.D., Matsuura Y., Nevarez-Martinez M.O., Parrish R.H., Roy C., Serra R., Shust K.V., Ward M.N. & Zuzunaga J. 1999. Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *S. African Journal of Marine Sciences*, 21: 289 - 347.

Sennai C.S. 2003. Les petits pélagiques de l'extrême Ouest Algérien, Centre national d'Étude et de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture. 17 p.

Silva A. 2003. Morphometric variations among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1352 - 1360.

Silva A., Santos M.B., Morais A., Carrera P., Alvarez P., Jorge A., Peleteiro E., Caneco B., Porteiro C. & Uriarte A. 2004. Geographic variability in sardine maturity and growth within the Atlanto-Iberian stock area. *ICES CM / Q*: 15.

Simpson A.C. 1951. The fecundity of the plaice. *Fish Invest. Lond. Sér 2*, 17(5): 27 p.

Sinovčić G. 1984. Summary of biological parameters of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) from the Central Adriatic. *FAO Fisheries Report*, 290: 147 - 148.

Sinovčić G. 1986. Estimation of growth, mortality, production and stock size of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from the Middle Adriatic. *Acta Adriatica Split*, 27 (1 - 2): 67 - 74.

Sinovčić G. 1991. Stock size, assessment of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) population from central eastern Adriatic on the basis of VPA method. *Acta Adriatica*, 32(2): 869 - 884.

Sinovčić G. 2000. Anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758): biology, population dynamics and fisheries case study. *Acta Adriatica*, 41 (1): 3 - 53.

Sinovčić G. & Zorica B. 2006. Reproductive cycle and minimal length at sexual maturity of *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Zrmanja River estuary (Adriatic Sea Croatia). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 69: 439 - 448.

Smith A., Brown C., Bulman C., Fulton E., Johnson P., Kaplan I., Lozano-Montes H., Mackinson S., Marzloff M., Shannon L., Shin Y. & Tam J. 2011. Impacts of fishing low-trophic level species on marine ecosystems. *Science*, 333: 1147 - 1150.

Somarakis S., Schismenou E., Siapatis A., Giannoulaki M., Kallianiotis A. & Machias A. 2012. High variability in the daily egg production method parameters of an eastern Mediterranean anchovy stock: influence of environmental factors, fish condition and population density. *Fisheries Research*, 117 - 118: 12 - 21.

Sparre P. 1992. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part I- Manual. *FAO Fisheries Technical Paper* 306/1. Rev 1. 1992. Rome.

Stequert B. & Ramcharrum B. 1995. La fécondité du listao. (*Katsuwonus pelamis*). *Aquatic Living Resources* 8 (1): 79 - 89.

Thomas R.M. 1985. Age studies on pelagic fish in the south-east Atlantic, with particular reference to the south-western pilchard *Sardinops ocellata*. Ph.D. Thesis. University of Cape Town. South Africa.

Tomasini J.A., Bouchereau J.L. & Ben Sahala Talet A. 1989. Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) des côtes oranaises (Algérie). *Cybium*, 13 (1): 37 - 50.

Torstensen E., Alvheim O., Koranteng K.A. & Tandstad M. 2000. Campagne sur les ressources halieutiques dans la région Ouest du golfe de Guinée (Bénin, Togo, Ghana, et la Côte d'Ivoire). Rapport des campagnes "DR. Fridtjof Nansen" du 29 août au 17 septembre 2000. 49 p.

Tsagarakis K., Pyrounaki M.M., Giannoulaki M., Somarakis S. & Machias A. 2012. Ontogenetic shift in the schooling behaviour of sardines, *Sardina pilchardus*. *Animal Behaviour*, 84: 437 - 443.

Tsikliras A.C., Antonopoulou E. & Stergiou K.I. 2010. Spawning period of Mediterranean marine fishes. *Reviews In Fish Biology And Fisheries*, 20(4): 499 - 538.

Uriarte A., Alday A., Santos M. & Motos L. 2012. A re-evaluation of the spawning fraction estimation procedures for Bay of Biscay anchovy, a species with short interspawning intervals. *Fisheries Research*, 117 - 118: 96 - 111.

Von Bertalanffy L.V. 1938. A quantitative theory of organic growth. (Inquiries on growth laws II). *Hum. Biol.*, 10: 181 - 213.

Whitehead P.J.P., Nelson G.J. & Wongratana T. 1988. FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. *FAO Fish. Synop.* 125 (7/2): 305 - 579. Rome.

Wootton R.J. 1982. Environmental factors in fish reproduction. In: Richter, C.J.J., Goos, H.J.Th. (Eds.), Reproductive physiology of fish. Pudoc, Wageningen pp: 210 - 219.

Worm B., Hilborn R., Baum J.K., Branch T.A., Collie J.S., Costello C., Fogarty M.J., Fulton E.A., Hutchings J.A., Jennings S., Jensen O.P., Lotze H.K., Mace P.M., McClanahan T.R., Minto C., Palumbi S.R., Parma A.M., Ricard D., Rosenberg A.A., Watson R. & Zeller D. 2009. Rebuilding Global Fisheries. *Science*, 325: 578-585

Zar J.H. 1984. Biostatistical Analysis 2nd ed. *New Jersey: Prentice-Hall, Inc.* 718 p

Zarrad R., Missaoui H., Alemany F., Salah R.M., Garcia A., Ridha M., Othman J. & Amor E. 2006. Spawning areas and larval distributions of anchovy *Engraulis encrasicolus* in relation to environmental conditions in the Gulf of Tunis (Central Mediterranean Sea). *Scientia Marina*, 70: 137 - 146.

Zaydin O. & Taskavak E. 2007. Length-weight relationships for 47 fish species from Izmir Bay (eastern Aegean Sea, Turkey). *Acta Adriatica*, 47(2): 211 - 216.

Zorica B., Čieskec V., Brzulja G. & Kraljević V. 2014. Presence of anchovy eggs in the eastern Adriatic Sea during the winter, coincidence or not?. *Acta Adriatica*, 55(1): 107 - 112.

Zupa R., Santamaria N., Bello G., Deflorio M., Basilone G., Passantino L. & Corriero A. 2013. Female reproductive cycle and batch fecundity in the central-southern Adriatic population of *Engraulis encrasicolus* (Osteichthyes: Engraulidae). *Italian Journal of Zoology*, 80(4): 510 - 517.