

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).

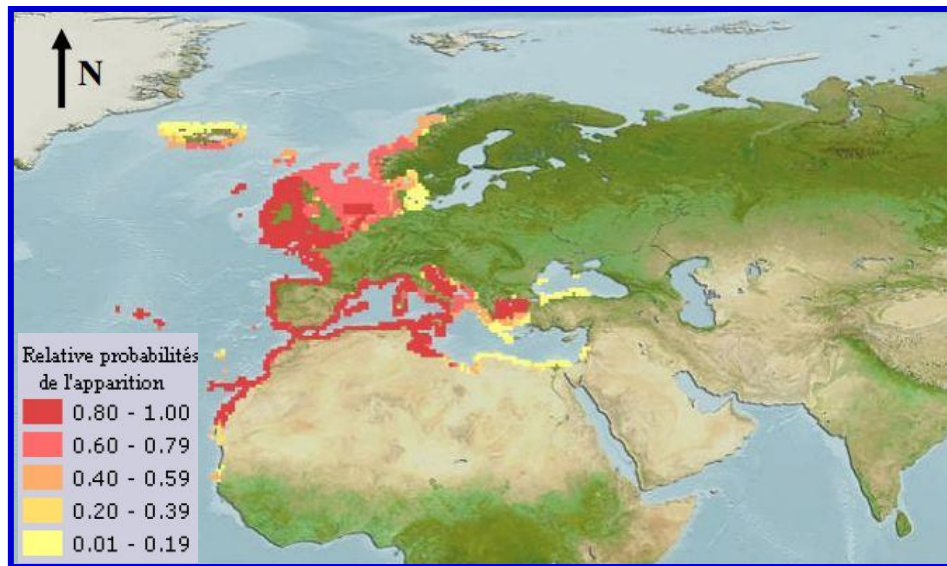


Figure 7: Répartition géographique de *S. pilchardus* (www.fishbase.org). L'échelle des couleurs illustre l'occurrence d'apparition de l'espèce dans les zones indiquées. Noter que pour l'Algérie cette occurrence est comprise entre 0.8 et 1.

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: poid 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).

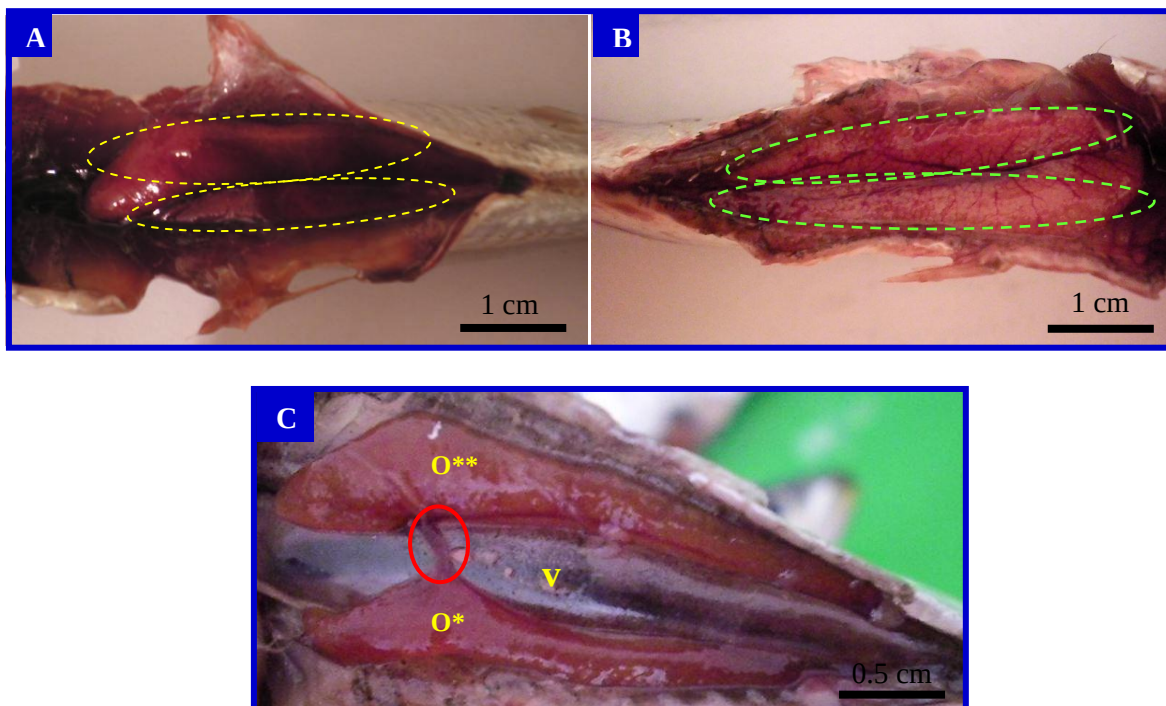


Figure 8: Photographies de dissections d'abdomens d'*E. encrasicolus* (A) et de *S. pilchardus* (B) en période de reproduction, montrant la localisation et l'aspect macroscopique des ovaires d'*E. encrasicolus* (pointillés jaunes) et de *S. pilchardus* (pointillés verts) dans la cavité abdominale. Noter 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 (Fa) 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 ichthyologiques 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 ichthyologie. 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:

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

Où:

Lt: 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 (Petrakis 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 (Lt) au poids (Pt) est établie, pour la population totale, les mâles et les femelles de chaque espèce, par l'expression d'allométrie de Ricker (1971):

$$Pt = a Lt^b$$

Avec:

Pt: poids total (g).

Lt: 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.