



### Mémoire de Fin d'Études

Année universitaire : 2020-2021

Spécialité : Ingénieur agronome

Spécialisation (et option éventuelle) :  
Sciences Halieutiques et Aquacoles  
(AQUA)

d'ingénieur de l'institut Supérieur des Sciences agronomiques,  
agroalimentaires, horticoles et du paysages

de Master de l'institut Supérieur des Sciences agronomiques,  
agroalimentaires, horticoles et du paysages

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

« Influence des paramètres d'eau sur les qualités morphologiques et radiographiques des alevins de daurade royale (*Sparus aurata*) élevés en circuit recirculé. »

Par Adeline ROBIN



**Soutenu à Rennes le 16 Septembre 2021**

**Devant le jury composé de :**

Présidente : **Dominique Ombredane**, Professeure

Autres membres du jury : **Hervé Le Bris**, Enseignant-chercheur

**Matthieu Gaumé**, Expert et Ingénieur d'Étude

Maîtres de stage : **Nelly Léonard**

**Magali Raybaud**

Enseignant référent : **Dominique Ombredane**

## Table des matières

---

Remerciements .....	I
Avant-propos .....	II
Introduction .....	1
I. Etat de l'art sur les paramètres d'eau .....	2
Bibliographie .....	8
Sitographie .....	11
Origine des photographies .....	11

## Table des figures

---

Figure 1. Photographie satellite de Google, indiquant la position de la Ferme Marine du Douhet, 2021) .....	II
---	----

## Table des tableaux

---

Tableau 1. Résumé des valeurs seuil et des DL50 trouvées dans la littérature scientifique...	7
--	---

# Remerciements

---

Je tiens à remercier en premier lieu mes maîtres de stage Nelly LEONARD et Magali RAYBAUD, qui m'ont accordé leur confiance pour mener à bien ce projet et m'avoir ouvert les portes du service Qualité dans le monde de l'entreprise. Je vous remercie pour votre accompagnement et votre soutien tout au long du stage. J'adresse un merci tout particulier, à toi, Magali, pour ta grande disponibilité et toutes les réponses que tu as apportées à mes nombreuses questions.

Je souhaite également remercier l'ensemble de l'équipe Qualité, à savoir les deux techniciens Qualité, Karine DURAND et Jérôme BROTHIER, et les « filles de la Qualité », Mylène COLLEVILLE et Stéphanie FLAHOU. Un grand merci pour votre aide lors des périodes de rush, pour le partage de vos connaissances et pour votre bonne humeur.

Je remercie également l'équipe Nurserie, à savoir Ugo TOMKOWIAK et Grégory AUBRIERE de la nurserie 7, Owen PAINTENDRE et Elise ESTIVAL de la nurserie 6, Antonin STONESTREET alternant entre les différentes nurseries et Antoine BOUILLER qui supervise les préparations de lot en nurserie 5 mais également toutes les nurseries. Je vous remercie pour votre accueil, pour votre disponibilité et votre aide quotidienne dans le suivi des bassins. Un grand merci également à Julien TAILLANDIER, responsable Production, pour m'avoir toujours aimablement renseigné sur le devenir de « mes » bassins.

Je remercie Jean-Sébastien BRUANT, directeur de l'entreprise, qui m'a fait confiance pour la réalisation de ce stage.

Je souhaite remercier également toutes les autres personnes que je n'ai pas citées auparavant mais avec lesquelles j'ai passé d'excellents moments, notamment à jouer à la coinche sur l'heure de midi.

J'adresse mes sincères remerciements à Dominique OMBREDANE, ma tutrice de stage, pour sa disponibilité pour répondre à mes différentes interrogations au cours du stage. Je voudrais également vous remercier, ainsi que les membres du jury, à savoir Hervé LE BRIS et Matthieu GAUME, pour évaluer mon travail.

Je remercie ma famille et mes amis, qui ne cessent de m'apporter leur soutien au quotidien.

# Avant-propos

---

## Présentation de l'entreprise

La Ferme Marine du Douhet (FMD) est située au Port du Douhet, à La Brée-les-Bains (17 840), au nord-est de l'île d'Oléron (France). L'île d'Oléron est une île de Charente-Maritime, département appartenant à la région Nouvelle-Aquitaine (figure 1).

Les coordonnées géographiques de la Ferme Marine du Douhet à ses quatre points sont :

46°00'09,9" N – 1°19'55,6" W

45°59'57,5" N – 1°19'42,9" W

46°00'04,1" N – 1°19'32,4" W

46°00'13,5" N – 1°19'46,6" W

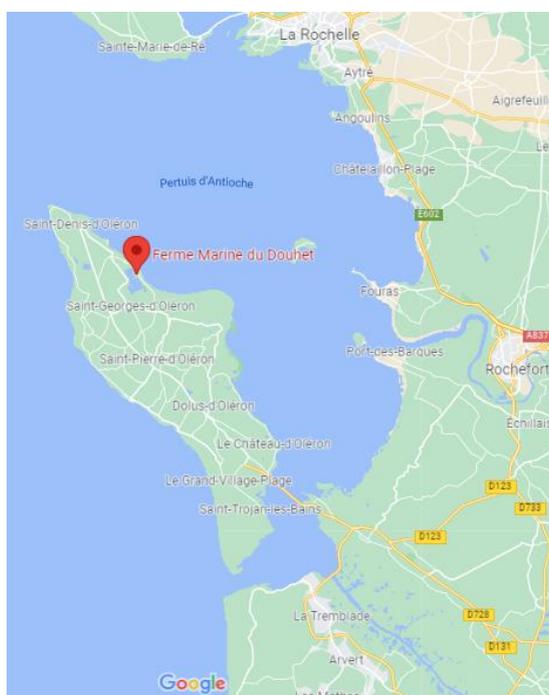


Figure 1. Photographie satellite de Google, indiquant la position de la Ferme Marine du Douhet, 2021)

Biologie de l'espèce d'intérêt : La daurade royale

La dorade royale ou daurade est un poisson osseux de la famille des Sparidés. Les deux écritures, daurade ou dorade, sont admises et la plus usuelle est « daurade ».

Classification officielle de la daurade royale, selon Linnaeus, 1758 (Froese et Pauly, 2021) :

Règne : *Animalia*  
Embranchement : *Chordata*  
Sous-embranchement : *Vertebrata*  
Classe : *Actinopterygii*  
Ordre : *Perciformes*  
Sous-ordre : *Percoidei*  
Famille : *Sparidae*  
Genre : *Sparus*  
Espèce : *aurata*

Il s'agit d'un poisson démersal, euryhalin et eurythermal. Son aire de distribution est large et se répartit entre la Méditerranée (rarement dans la mer Noire) et l'Atlantique-Est (des Îles Britanniques au Cap-Vert, en passant par les Îles Canaries).

La daurade royale est un poisson hermaphrodite protandre, les alevins naissent avec le sexe masculin et deviennent plus tard des femelles. Les mâles font entre 20 et 30 centimètres, et les femelles peuvent atteindre les 40 cm. La fécondation est externe et les œufs flottants. Sa période de reproduction est comprise entre les mois d'Octobre et Décembre et s'effectue en pleine mer.

Omnivore pour survivre, la daurade est préférentiellement carnivore. Elle broie les carapaces des crustacés, mange les mollusques et occasionnellement des poissons. (Christofilogiannis, 1993)

La daurade royale possède des flancs gris argentés et un bandeau frontal doré bordé de noir entre les deux yeux, d'où son nom. Elle est également caractérisée physiquement par une grande tache sombre et allongée sur le haut de l'opercule. L'extrémité de la nageoire caudale est bordée de noir. Le corps du poisson est ovale, comprimé latéralement et assez élevé, la tête est bombée. La bouche est basse avec des lèvres épaisses. (Lamare et al., 2021)

# Introduction

---

Ce stage de fin d'études a été réalisé au sein de la Ferme Marine du Douhet, devenue depuis le 1<sup>er</sup> juin 2021, les Fermes Marines du Soleil.

Ecloserie de daurades royales (*Sparus aurata*) depuis plus de vingt-cinq ans, la Ferme Marine du Douhet travaille sur l'amélioration de la qualité d'eau de ses systèmes fonctionnant en recirculation.

Le service Qualité protège la renommée internationale de l'entreprise, reconnue pour la qualité des alevins produits, et fédère les différents secteurs de la ferme dans des projets d'amélioration continue.

Les poissons sont élevés dans des conditions d'élevage intensif, au sein de circuits fonctionnant en recirculation. Un tel volume de poissons dans les bassins engendre des concentrations importantes de déchets du métabolisme (ammoniac) et de la respiration (dioxyde de carbone).

Une de mes missions de stage a été de dresser un état de l'art sur la qualité de l'eau, en trouvant des valeurs seuil pour les principaux paramètres physico-chimiques garantissant une bonne croissance des alevins.

# I. Etat de l'art sur les paramètres d'eau

---

Cette synthèse bibliographique a pour objectif de dresser un état des lieux de la bibliographie existante sur la qualité de l'eau optimale pour les alevins de daurades royales (*Sparus aurata*), en trouvant des valeurs seuil pour les principaux paramètres physico-chimiques.

## 1.1) Les paramètres physiques

### La température

La température, exprimée en degrés Celsius (°C) influence directement le métabolisme des poissons, qui sont poïkilothermes, et par conséquent leur développement (Vincent, 2008).

La gamme optimale de température pour l'élevage des larves de *Sparus aurata* pendant le développement embryonnaire est comprise entre 16 et 22°C. Si on prend en compte la période complète allant de la fertilisation à l'ouverture de la bouche, 19°C est considérée comme la température optimale pour le développement larvaire, puisque les larves atteignent leur taille maximale à cette température. (Polo et al., 1991)

D'après Kir (2020), il est recommandé d'élever les juvéniles de daurade royale à des températures entre 25 et 26°C qui optimisent la croissance des poissons.

La température affecte également les équilibres physiques ou chimiques, en particulier ceux de l'ammoniac et de l'oxygène. Si la température augmente, la concentration à saturation en oxygène diminue à pression atmosphérique et salinité constante (Vincent, 2008).

### La salinité

La salinité traduit la concentration d'une eau en électrolytes – ensemble des anions et des cations-, et plus particulièrement en chlorure de sodium (Vincent, 2008).

La daurade royale peut vivre dans de nombreux environnements de salinités différentes en fonction de son stade de maturité : eaux côtières, estuaires et lagunes (Arias, (1976) ; Suau et López (1976)).

Selon l'étude menée par Tandler et al. (1995), une relation négative a été trouvée entre la salinité et la survie : lorsque la salinité de l'élevage a diminué de 40 à 25‰, la survie des larves âgées de moins de 32 jours a augmenté de 5,3 à 18,6 %.

Klaoudatos et Conides (1996) et Conides et al. (1997) ont montré que la salinité optimale pour la croissance des alevins de daurades royales était de 28‰.

## 1.2) Les paramètres chimiques

### Le pH

Le pH, ou potentiel Hydrogène, mesure par définition le caractère acide ou basique d'une eau à partir de sa concentration en ions hydronium [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] (Vincent, 2008).

L'eau de mer a généralement un pH compris entre 7,8 et 8,3 (Wheaton, 1977) et elle possède un fort pouvoir tampon.

Les travaux de Parra et Yufera (2002) montrent que le maintien durant 24 heures à un pH de 8,9, à 52 jours après l'éclosion, entraîne une mortalité de 50 % des alevins.

Il est donc préférable de maintenir un pH inférieur à 8,0 - 8,2 pour éviter toute risque de mortalité liée à un pH basique sur les larves de daurade royale (Hussenot et al., 2006).

La dose létale médiane, notée DL 50, est un indicateur mesurant la dose d'une substance nécessaire pour provoquer la mort de 50 % d'une population donnée. En ce qui concerne les pH acides, la DL50, à 12 jours est à pH 5,55. Ces seuils sont très inférieurs aux valeurs relevées dans le milieu naturel (Hussenot et al., 2006).

### La dureté et les réserves alcalines

La dureté et les réserves alcalines reflètent le pouvoir tampon de l'eau, c'est-à-dire sa capacité à moduler les variations du pH. Elles ont une influence sur de nombreux autres paramètres et sur la productivité du milieu aquatique (Vincent, 2008).

#### *La dureté calcique et la dureté magnésienne*

D'après l'ouvrage *Aquaculture*, sous la direction de Christiane Ferra (2008), la dureté totale exprime la concentration de l'eau en ions divalents calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), indispensables à la vie piscicole. En France, deux unités sont utilisées le degré hydrotimétrique, soit  $0,1 \text{ mmol.L}^{-1}$  de ces ions ou  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ).

La dureté totale des eaux naturelles varie de moins de 5 à plus de 10 000 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Les eaux ont traditionnellement été classées comme douces (0-75 mg/L), modérément dures (75-150 mg/L), dures (150-300 mg/L) ou très dures (> 300 mg/L) (Timmons et Ebling, 2007).

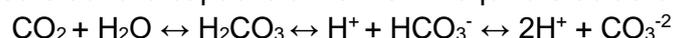
La dureté totale de l'eau de mer est autour de 750 °f (degrés hydrotimétriques français), sachant que 1 degré français équivaut à 10 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

La mesure de la dureté totale est importante parce qu'elle tend à affecter la toxicité de certains métaux lourds. En règle générale, plus une eau est douce, plus n'importe quel métal lourd s'avèrera toxique. (Branson, 1993)

#### *La dureté carbonatée et l'alcalinité*

D'après Timmons et Ebling (2007), l'alcalinité se définit de manière générale comme étant une mesure du pouvoir tampon du pH ou de la capacité de neutralisation des acides de l'eau. En termes chimiques, l'alcalinité est définie comme la quantité totale de bases titrables dans l'eau, exprimée en équivalent mg/L de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). Les principaux ions qui contribuent à l'alcalinité sont le carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et le bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).

L'alcalinité totale mesure donc la capacité à maintenir l'équilibre acide-base :



L'alcalinité est également appelée dureté carbonatée. En eau de mer, une valeur de dureté carbonatée comprise entre 7 et 8 degrés français est optimale, ce qui correspond à des valeurs comprises entre 120 et 145 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

La dureté carbonatée n'est généralement pas une cause de problèmes majeurs dans l'eau de mer car cette dernière a un pouvoir tampon très élevé. Mais la mesurer régulièrement permet de vérifier si des dérèglements ont lieu. (Branson, 1993)

Une alcalinité élevée réduit la fluctuation quotidienne du pH.

Le calcium peut être associé à des effets délétères tels que la néphrocalcinose (Chen et al., 2001), mais il est également nécessaire à certains stades de vie (par exemple, les larves) de certains poissons, ou à la bonne croissance des crustacés (Boyd, 1990).

Les gaz dissous : O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>

### *Oxygène*

Le dioxygène dissous (O<sub>2</sub>) est indispensable à la vie des animaux aquatiques. Sa concentration est une fonction décroissante de la température et de la salinité. Dans les systèmes aquacoles, il provient de la dissolution de l'oxygène atmosphérique, de la photosynthèse et des apports anthropiques (aération ou oxygénation) (Vincent, 2008).

Des problèmes peuvent être causés en cas de déficience ou d'excès d'oxygène dissous dans l'eau, aussi appelé supersaturation en oxygène. La teneur en oxygène dissous varie en fonction des espèces de poissons considérée, mais de manière générale, on estime que la teneur idéale est de 5 mg/l. Dans les écloseries, les teneurs peuvent être supérieures (Branson, 1993).

Seginer et Mozes (2012) ont estimé la concentration nominale (limitative) de dioxygène pour les daurades royales, dont la masse corporelle est comprise entre 1 et 450 g. Ainsi, une concentration de 5,5 g [O<sub>2</sub>]/m<sup>3</sup> est nécessaire dans une eau de mer d'une salinité de 40 ‰.

### *Dioxyde de carbone*

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est présent généralement sous la forme d'un gaz libre ou formant des composés chimiques tels que le bicarbonate ou les carbonates. La principale source de ce gaz est la diffusion dans l'atmosphère, la décomposition de la matière organique, et en tant que rejet de la respiration des organismes vivants. (Vincent, 2008)

De forts niveaux de dioxyde de carbone peuvent causer des problèmes et mener à un pH de l'eau acide, notamment du fait de la réaction de dissociation du gaz dans l'eau. Des teneurs inférieures à 6 mg/L de dioxyde de carbone libre sont généralement recommandées. (Vincent, 2008)

Des niveaux plus élevés peuvent interférer avec la prise d'oxygène dans la respiration et causer des néphrocalcinose, une maladie où du carbonate de calcium vient se déposer dans les tubules rénaux et pour laquelle il n'y a pas de traitement (Branson, 1993).

A des concentrations élevées de CO<sub>2</sub>(aq), les effets physiologiques de ce gaz sont néfastes, et ce, chez diverses espèces de poissons. Danley et al. (2005), Fivelstad (2013) et Ben-Asher et al. (2013) ont par exemple montré qu'une concentration élevée de CO<sub>2</sub> réduisait les taux de croissances des poissons. Bromley et Smart (1981) et Moran et Støttrup (2011) ont obtenu de moins bons ratios de conversion alimentaire lorsque les concentrations en CO<sub>2</sub> étaient fortes. Ben-Asher et al. (2013), dont l'étude s'est axée sur les juvéniles de daurade royale, ont

démontré que de fortes concentrations en gaz carboniques entraînaient un taux de mortalité plus élevé.

Dans des systèmes d'aquaculture en recirculation, le dioxyde de carbone dissous ( $\text{CO}_2(\text{aq})$ ) s'accumule fortement en raison de l'effet combiné des charges d'alimentation élevées et de l'efficacité limitée des dispositifs d'extraction du  $\text{CO}_2$ . Les juvéniles de daurade royale élevés dans un circuit recirculé à faible concentration de  $\text{CO}_2(\text{aq})$  (~16 mg/L) ont grandi plus rapidement que ceux qui ont grandi dans des concentrations de  $\text{CO}_2(\text{aq})$  beaucoup plus élevées et fluctuantes (19-37 mg/L). (Ben-Asher et al., 2013)

Ainsi, il est préférable d'avoir de faibles niveaux de gaz carboniques dans les systèmes recirculés et d'éviter au maximum les fluctuations.

Les rejets métaboliques :  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$

La dégradation de la matière organique par les organismes hétérotrophes et le métabolisme des poissons sont générateurs de composés azotés toxiques : l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) ou les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ). La toxicité varie en fonction de la concentration, de la durée d'exposition et des caractéristiques intrinsèques de l'animal. Dans les circuits fermés, ces composés azotés sont oxydés par la flore bactérienne des filtres biologiques par nitrification. Le produit final, les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), est beaucoup moins toxique mais peut s'accumuler si aucun traitement de dénitrification est réalisé. (Vincent, 2008)

### *L'ammoniac*

L'urée et l'ammoniac sont les deux principaux produits rejetés par les poissons. L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est un gaz dissous, issu de la désamination de la matière organique, des matières fécales et surtout de l'excrétion branchiale sous forme de sels ammoniacaux. La charge des bassins, le type d'aliment utilisé et les taux de rationnement influencent cette excrétion.

Ce composé existe sous deux formes dans l'eau : une forme non ionisée,  $\text{NH}_3$ , toxique et responsable de troubles branchiaux, et une forme ionisée,  $\text{NH}_4^+$  (ion ammonium), moins toxique. Ces deux formes existent en équilibre dans l'eau. En milieu basique, l'équilibre se déplace vers la formation de  $\text{NH}_3$ . Il en va de même de la température : si elle augmente, le taux d'ammoniac croît. (Vincent, 2008)

Des hautes teneurs en ammoniac peuvent révéler une trop forte concentration de poissons par bassins ou un surnourrissage. Des moyens existent pour limiter l'ammoniac dans l'eau : soit en augmentant la fréquence des renouvellements en eau et en apportant plus d'oxygène pour améliorer la nitrification (réaction qui oxyde l'ammoniac en une forme moins toxique), soit en diminuant l'alimentation et la biomasse. (Vincent, 2008)

D'après Wajsbrodt et al. (1991), la DL 50 de l'azote ammoniacal total est de 23,7 mg/L après 96 heures d'exposition pour des juvéniles de daurades royales (entre 0,4 et 3,2 g). Une toxicité accrue de l'ammoniac a été observée avec la diminution du niveau d'oxygène. Le manque d'oxygène diminue la nitrification, l'ammoniac reste donc sous sa forme toxique.

La toxicité de l'ammonium dépend fortement des autres paramètres physico-chimiques. Elle augmente à mesure que le pH augmente et diminue à mesure que le pH diminue (Wurts, 2003).

Kir et Sunar (2018) ont estimé un niveau sûr d'azote ammoniacal total pour les juvéniles de daurade royale de 1,1 g.

Un niveau sûr se définit comme une concentration dans laquelle les organismes peuvent rester en vie et se développer. Il se calcule à partir de la CL50 à 96 h, qui correspond à la concentration létale du produit chimique qui cause la mort de 50 % des animaux, divisée par un facteur de 10 (Sprague, 1971).

Le niveau sécuritaire d'azote ammoniacal total est de 1,9 mg/L, ce qui correspond à 0,09 mg/L d'ammoniaque toxique, dans des conditions expérimentales où la salinité était de 30 ppt, la température de 20°C, et à un pH de 8,2.

### *Nitrites*

Les nitrites proviennent en majorité de l'oxydation de l'ammoniac par des bactéries nitrifiantes, mais également de la réduction des nitrates. Ils sont considérés comme des composés toxiques pour les poissons. Leur toxicité varie en fonction du pH et de la dureté totale de l'eau. En effet, si le pH ou la dureté totale décroissent, la toxicité des nitrites tend à augmenter. (Vincent, 2008)

Si présents à un niveau suffisant, les nitrites peuvent causer la production de la méthémoglobine, qui entraîne une hypoxie et une cyanose. Il s'agit d'un problème connu dans les circuits fermés. (Branson, 1993)

Pour limiter le taux de nitrites, le producteur peut augmenter le débit pour diluer la pollution, ou oxygéner davantage pour favoriser la nitratisation. (Vincent, 2008)

Selon l'étude menée par Kir et Sunar (2018), la toxicité en nitrite diminue à mesure que la salinité augmente. Les niveaux de sécurité de NO<sub>2</sub>-N est estimé à 80 mg/L à une salinité de 30 ppt, ce qui équivaut à 264 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/L.

### *Nitrates*

Les nitrates sont généralement considérés comme étant peu toxiques pour les poissons. La toxicité des nitrates pour les animaux aquatiques peut-être due à la conversion des pigments porteurs d'oxygène (l'hémoglobine, l'hémocyanine) en formes incapables de transporter de l'oxygène (la méthémoglobine) (Cheng et Chen, 2002 ; Camargo et al., 2005).

Les effets de niveaux élevés de nitrates varient selon les espèces de poissons et peuvent être influencés par la salinité de l'eau dans différents systèmes (Hamlin, 2006 ; Torno et al., 2018).

La valeur seuil des nitrates est de 20 mg NO<sub>3</sub>-N/l, soit 88 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, pour les animaux marins (Camargo et al., 2005).

Dans la littérature, il n'existe à l'heure actuelle aucune valeur seuil spécifique de la toxicité des nitrates pour la daurade royale. Cependant, des preuves existent que des niveaux élevés de nitrates peuvent potentiellement empêcher l'absorption d'iode, altérant ainsi la synthèse des hormones thyroïdiennes des poissons marins (Crow et al., 1998).

## Les composés phosphatés

Le phosphate n'est pas souvent toxique pour les poissons. Il est un composant significatif des fécès des poissons (Branson, 1993). Le phosphate est une combinaison de l'acide phosphorique avec une base.

D'après Kaushik (2005), le phosphore (P) joue un rôle de premier plan dans le métabolisme des poissons. Il est notamment essentiel dans le développement du tissu osseux et dans les tissus musculaires. Les téléostéens ont des teneurs de plus de 15 % dans les os.

Pour les poissons téléostéens, le besoin en phosphore disponible se situe entre 0,4 et 0,9 % de l'aliment (Kaushik, 2005). Une carence en phosphore entraîne des déformations squelettiques (Kaushik 1999, Lall 2002, Sugiara et al 2004). Il n'existe à l'heure actuelle aucune valeur seuil concernant la concentration de phosphates maximale dans les bassins d'aquaculture puisque le phosphate est reconnu comme étant peu toxique.

Cet état de l'art sur les paramètres physico-chimiques peut être résumé sous forme de tableau (tableau 1).

	Valeurs seuil	unité
pH	[6,0;8,0]	
T	[16,0;26,0]	°C
Sal	[25,0;40,0]	‰
O <sub>2</sub>	>5,5	mg O <sub>2</sub> /L
CO <sub>2</sub>	<6	mg CO <sub>2</sub> /L
NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub>	< 1,9	mg NH <sub>4</sub> tot/ L
NH <sub>3</sub> toxique	<0,09	mg NH <sub>3</sub> /L
NO <sub>2</sub>	<264	mg NO <sub>2</sub> /L
	DL50	unité
NO <sub>3</sub>	<88	mg NO <sub>3</sub> /L
PO <sub>4</sub>	/	mg PO <sub>4</sub> /L

Tableau 1. Résumé des valeurs seuil et des DL50 trouvées dans la littérature scientifique

## Bibliographie

---

Arias A (1976)

**Sobre la biología de la dorada, *Sparus aurata* L., de los esteros de la provincia de Cádiz.** Inv. Pesq., 40, pp. 201-222

Ben-Asher R., Seginer I., Mozes N., Nir O., Lahav O. (2013)

**Effects of sub-lethal CO<sub>2</sub>(aq) concentrations on the performance of intensively reared gilthead seabream (*Sparus aurata*) in brackish water: Flow-through experiments and full-scale RAS results.** Aquacultural Engineering Volume 56, Pages 18-25

Boyd C.E (1990)

**Water Quality in Pond for Aquaculture.** Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, AL. 482 pp.

Branson E (1993)

**Environmental Aspects of Aquaculture.** Aquaculture for veterinarians: fish husbandry and medicine -pp 57-67

Bromley P.J, Smart G (1981)

**The effects of the major food categories on growth, composition and food conversion in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson).** Aquaculture 23, 325–336.

Camargo J. A, Alonso A, Salamanca A (2005)

**Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates.** Chemosphere 58 (2005) 1255–1267

Chen C.-Y, Wooster G.A, Getchel R.G, Bowser P.R, Timmons M.B (2001)

**Nephrocalcinosis in Nile Tilapia from a recirculating aquaculture system: a case report.** J. Aquat. Anim. Health, 13, pp. 368-372

Christofilogiannis P (1993)

**The Veterinary Approach to Sea-bass and Sea-bream.** Aquaculture for veterinarians : fish husbandry and medicine -pp 379-393

Conides A.J, Parpoura A.R, Fotis G (1997)

**Study on the effects of salinity on the fry of the euryhaline species gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758).** J. Aquac. Trop., 12, pp. 297-303

Crow G.L, Atkinson M.J, Ron B, Atkinson S (1998)

**Relationship of water chemistry to serum thyroid hormones in captive sharks with goitres.** Aquat. Geochem., 4 (3/4), pp. 469-480, 10.1023/A:1009600818580

Danley L, Kenney P.B, Hankins A (2005)

**Effects of carbon dioxide exposure on intensively cultured rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: physiological responses and fillet attributes.** J. World Aquacult. Soc. 36, 249–261.

Elsadin S, Nixon O, Mozes N, Allon G, Gaon A, Tandler A, Koven W (2019).

**The effect of dissolved carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) on the bone mineral content and on the expression of bone-Gla protein (BGP, Osteocalcin) in the vertebral column of white grouper (*Epinephelus aeneus*)** Aquaculture Volume 511, 634196.

Fivelstad S (2013)

**Long-term carbon dioxide experiments with salmonids.** *Aquacult. Eng.* 53, 40–48.

Froese R, Pauly D Editors (2021)

**FishBase. *Sparus aurata* Linnaeus, 1758.** Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=151523> on 2021-08-18

Hamlin H.J (2006)

**Nitrate toxicity in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*).** *Aquaculture*, 253 (1–4), pp. 688-693

Hussenot J, Mornet F, Le Moine O, Geairon P, Guesdon S (2006)

**Rapport d'expertise : Etude de la qualité des eaux d'alimentation de l'écloserie de la Ferme Marine de Douhet (FMD), pour une amélioration de la survie larvaire de la daurade royale (*Sparus aurata*).** Ifremer. Programme « Durabilité des systèmes de production en aquaculture ». Projet « Maîtrise des risques environnementaux en aquaculture ». 43 Pages

Kaushik S (2005)

**Besoins et apport en phosphore chez les poissons.** *INRA Productions Animale*, 18 (3), 203-208. DOI: 10.20870/productions-animales.2005.18.3.3525

Kaushik S (1999)

**Nutrition minérale.** In : **Nutrition et alimentation des poissons et crustacés**, J. Guillaume, S. Kaushik, P. Bergot, R. Métailler, (Eds), INRA Editions, 213-227.

Kir M, Sunar M.C (2018)

**Acute Toxicity of Ammonia and Nitrite to Sea Bream, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758), in Relation to Salinity.** *Journal Of The World Aquaculture Society*, Vol. 49, No. 3 doi: 10.1111/jwas.12448

Kir M (2020)

**Thermal tolerance and standard metabolic rate of juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) acclimated to four temperatures.** *Journal of Thermal Biology* 93 102739

Klaoudatos S.D, Conides A.J (1996)

**Growth food conversion, maintenance and long-term survival of gilthead sea bream, *Sparus aurata* L., juveniles after abrupt transfer to low salinity salinity.** *Aquacult. Res.*, 27, pp. 765-774

Lall S.P (2002)

**The Minerals. Fish Nutrition**, Third Edition. R. H. Hardy, Halver, J.E. (Eds), Academic Press, Elsevier Science, USA, 259-308.

Moran D, Støttrup J.G (2011)

**The effect of carbon dioxide on growth of juvenile Atlantic cod *Gadus morhua* L.** *Aquatic Toxicology* 102, 24–30.

Parra G, Yufera, M (2002)

**Tolerance response to water pH in larvae of two marine fish species, gilthead seabream, *Sparus aurata* (L.) and Senegal sole, *Solea senegalensis* (Kaup), during development.** *Aquaculture Research* 33, 747-752.

- Polo A, Yufera M and Pascual E (1991)  
**Effects of temperature on egg and larval development of *Sparus aurata* L.** Aquaculture, 92 367-375
- Seginer I & Mozes N (2012)  
**A note on oxygen supply in RAS: The effect of water temperature.** Aquacultural Engineering - Volume 50, Pages 46-54
- Sprague J. B (1971)  
**Measurement of pollutant toxicity to fish: III. Sublethal effects and “safe” concentrations.** Water Research 5(6):245–266.
- Suau P et López J (1976)  
**Contribución al estudio de la dorada *Sparus aurata* L.** Inv. Pesq., 40 (1976), pp. 169-199
- Sugiura S.H, Hardy R.W, Roberts R.J (2004)  
**The pathology of phosphorus deficiency in fish - a review.** J. Fish Diseases, 27, 255-265.
- Tandler A, A.Anav F, Choshniak I (1995)  
**The effect of salinity on growth rate, survival and swimbladder inflation in gilthead seabream, *Sparus aurata*, larvae.** Aquaculture Volume 135, Issue 4, PP 343-353
- Timmons M.B, Ebling J.M (2007)  
**Recirculating Aquaculture. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY, USA.** NRAC Publication No. 01-007, 975 pp.
- Torno J, Einwächter V, Schroeder J.P, Schulz (2018)  
**Nitrate has a low impact on performance parameters and health status of on-growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared in RAS.** Aquaculture, 489, pp. 21-27
- Vincent G (2008)  
**L'évaluation de la qualité d'une eau en aquaculture.** Aquaculture. Sous la direction de Christiane Ferra. Vuibert. ISBN 978-2-7117-7191-2
- Wajsbrodt N, Gasith A, Krom M.D, Popper D.M (1991)  
**Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* under reduced oxygen levels.** Aquaculture. 92: 277-288.
- Wheaton F.W (1977)  
**Aquacultural Engineering.** Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, FL, p. 708
- Wurts W.A (2003)  
**Daily pH cycle and ammonia toxicity.** World Aquaculture, 34(2): 20-21)

## Sitographie

---

Hamza Muhammad Arain.

<https://www.hamzasreef.com/Contents/Calculators/FreeAmmonia.php> 2010-2021 (consulté aout 2021)

Lamare V, Castillo J-P, Pastor J in : DORIS, 10/04/2021 : *Sparus aurata* Linnaeus, 1758, <https://doris.ffesmm.fr/ref/specie/465> (Consulté juin 2021)

## Origine des photographies

---

La photo de la première page de couverture est une photo prise par mes soins des géniteurs daurades de la FMD.