



**HAL**  
open science

# Influence de la température sur le potentiel invasif de la perche soleil *Lepomis gibbosus*

Marie Vanacker

► **To cite this version:**

Marie Vanacker. Influence de la température sur le potentiel invasif de la perche soleil *Lepomis gibbosus*. [Rapport de recherche] Université de Metz; Laboratoire d'Interactions Ecotoxicologie, Biodiversité et Ecosystème. 2011. <hal-02920167>

**HAL Id: hal-02920167**

**<https://hal.science/hal-02920167v1>**

Submitted on 24 Aug 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

**VANACKER Marie**

Année 2010-2011  
Rapport de DESU



# **Influence de la température sur le potentiel invasif de la perche soleil *Lepomis gibbosus***

Réalisé du 15/09/2010 au 15/07/2011

Au Laboratoire d'Interactions Ecotoxicologie, Biodiversités et Ecosystèmes

Sous la direction de :

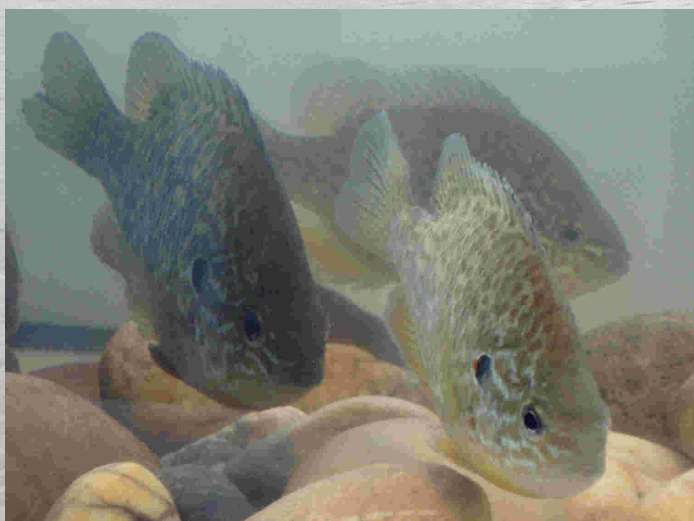
Gérard Masson, Maître de conférences, Université de Metz

Emmanuel Valente, Ingénieur de recherche, LIEBE

Et

Jean-Nicolas BEISEL, Maître de conférences, Université de Metz

Mémoire soutenu le 30 Septembre 2011





# Table des Matières

Liste des Figures.....	4
Liste des Tableaux.....	7
Liste des Annexes.....	9
Introduction .....	10
I/ Présentation de l'espèce.....	13
1.1. Identification de l'espèce .....	13
1.2. Ecologie et biologie de l'espèce.....	13
1.3. Aire de répartition .....	14
II/ Matériels et Méthodes .....	17
2.1. Présentation des sites d'études .....	17
2.2. Méthodes de pêches .....	18
2.2.1. La pêche électrique.....	18
2.2.2. Le verveux à tortue.....	19
2.2.3. La senne de plage .....	19
2.3. Analyse des données .....	21
2.3.1. Température et degrés jours .....	21
2.3.2. Indices physiologiques .....	21
2.3.5. Détermination de l'âge et de la croissance des individus.....	22
2.3.4. Reproduction .....	23
2.3.5. Analyses statistiques .....	24
III/ Résultats .....	25
3.1. Les milieux non échauffés.....	25
3.1.1 Senzich .....	25
3.1.2 Mondelange .....	29
3.1.3 Argancy .....	33
3.1.4. Gravière La Maxe.....	36
3.1.5. Canal de Jouy-aux-Arches .....	39
3.1.6. Le bras mort de Pont-à-Mousson .....	42
3.1.7. La gravière de Pont-à-Mousson .....	44
3.1.8. Châtel-sur-Moselle .....	48
3.1.9. Saint-Nabord .....	52
3.1.10. Saulxures-sur-Moselotte.....	55
3.2. Les milieux échauffés.....	59
3.2.1. Le Mirgenbach .....	59
3.2.2. La Lagune La Maxe .....	62
3.3. Comparaison des différents sites.....	66
3.3.1. Caractéristiques thermiques et physique des différents sites .....	66
3.3.2. Croissance et traits d'histoire de vie .....	69
3.3.3 Effet thermique sur les différents traits de vie .....	78
3.3.4. Potentiel invasif de la perche soleil.....	78
IV/ Discussion .....	83
Conclusion :.....	91
Bibliographie .....	92

## Liste des Figures

Figure 1. Photographie d'une perche soleil ( <i>Lepomis gibbosus</i> ).....	13
Figure 2. Distribution de la perche soleil en Europe d'après Copp et Fox (2007) .....	15
Figure 3. Distribution de la perche soleil en France en 1999. En vert, les régions où l'espèce est présente, et en gris, où elle est absente. Mise à jour des données dans la région des Vosges. Carte issue de l'INPN ( <a href="http://inpn.mnhn.fr/isb/espece/cd_nom/69338">http://inpn.mnhn.fr/isb/espece/cd_nom/69338</a> ).....	16
Figure 4. Carte des différents sites d'études échantillonnés dans le bassin versant de la Moselle.....	18
Figure 5. Illustrations des différentes techniques de pêche utilisées : pêche électrique (en haut), pêche aux verveux (en bas à gauche) et pêche à la senne (en bas à droite).....	20
Figure 6. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière de Sentszich en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction). .....	25
Figure 7. Longueur moyenne des individus à Sentszich ( $\pm$ écart-type) selon le sexe, et l'âge à l'hiver (tous mois confondus) .....	26
Figure 8. Croissance marginale moyenne (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm $\pm$ écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans la gravière de Sentszich et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b).....	28
Figure 9. Distribution des effectifs à Sentszich selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus (tous mois confondus) .....	28
Figure 10. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière de Mondelange en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction). .....	29
Figure 11. Longueur moyenne des individus à Mondelange ( $\pm$ écart-type) selon le sexe à l'hiver (tous mois confondus) .....	30
Figure 12. Croissance marginale moyenne (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm $\pm$ écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans la gravière de Mondelange et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b).....	32
Figure 13. Distribution des effectifs à Mondelange selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus .....	32
Figure 14. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière d'Argancy en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction). .....	33
Figure 15. Longueur moyenne des individus à Argancy ( $\pm$ écart-type) selon le sexe à l'hiver.....	35
Figure 16. Distribution des effectifs à Argancy selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus .....	35
Figure 17. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière La Maxe en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction). .....	36
Figure 18. Longueur moyenne des individus dans la gravière La Maxe ( $\pm$ écart-type) selon le sexe à l'hiver .....	38
Figure 19. Distribution des effectifs dans la gravière La Maxe selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus .....	38
Figure 20. Evolution des températures journalières (°C) dans le Canal de Jouy-Aux-Arches en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction). Les relevés de	

la température s'arrêtent à partir de la mi-octobre, d'où l'arrêt de l'augmentation des degrés jours.....	39
Figure 21. Longueur moyenne des individus au Canal de Jouy ( $\pm$ écart-type) selon le sexe à l'hiver .....	41
Figure 22. Distribution des effectifs au Canal de Jouy-aux-Arches selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus .....	42
Figure 23. Longueur moyenne des individus dans le bras mort de Pont-à-Mousson ( $\pm$ écart-type) selon le sexe à l'hiver .....	43
Figure 24. Fig. Distribution des effectifs dans le bras mort de Pont-à-Mousson selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus .....	44
Figure 25. Evolution des températures journalières ( $^{\circ}$ C) dans la gravière de Mondelange en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 $^{\circ}$ C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).....	45
Figure 26. Longueur moyenne des individus dans la gravière de Pont-à-Mousson ( $\pm$ écart-type) selon le sexe, et l'âge à l'hiver (tous mois confondus) .....	46
Figure 27. Croissance marginale moyenne (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm $\pm$ écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans la gravière de Pont-à-Mousson et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b) .....	47
Figure 28. Distribution des effectifs dans la gravière de Pont-à-Mousson selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus (tous mois confondus) .....	48
Figure 29. Evolution des températures journalières ( $^{\circ}$ C) dans la gravière de Châtel-sur-Moselle en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 $^{\circ}$ C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction) .....	49
Figure 30. Longueur moyenne des individus à Châtel-sur-Moselle ( $\pm$ écart-type) selon le sexe à l'hiver .....	50
Figure 31. Distribution des effectifs à Châtel-sur-Moselle selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus .....	51
Figure 32. Evolution des températures journalières ( $^{\circ}$ C) dans la gravière de Saint-Nabord en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 $^{\circ}$ C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).....	52
Figure 33. Longueur moyenne des individus à Saint-Nabord ( $\pm$ écart-type) selon le sexe, et l'âge à l'hiver (tous mois confondus).....	53
Figure 34. Croissance marginale (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm $\pm$ écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans la gravière de Saint-Nabord et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b).....	54
Figure 35. Distribution des effectifs à Saint-Nabord selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus (tous mois confondus).....	55
Figure 36. Evolution des températures journalières ( $^{\circ}$ C) dans la gravière de Saulxures-sur-Moselotte en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 $^{\circ}$ C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).....	56
Figure 37. Longueur moyenne des individus à Saulxures-sur-Moselotte ( $\pm$ écart-type) selon le sexe et l'âge à l'hiver .....	57
Figure 38. Distribution des effectifs à Saulxures-sur-Moselotte selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus .....	58
Figure 39. Evolution des températures journalières ( $^{\circ}$ C) dans le réservoir du Mirgenbach en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 $^{\circ}$ C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).....	59
Figure 40. Longueur moyenne des individus dans le Mirgenbach ( $\pm$ écart-type) selon le sexe à l'hiver (tous mois confondus) .....	61

Figure 41. Croissance marginale (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm ± écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans le réservoir du Mirgenbach et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b).....	61
Figure 42. Distribution des effectifs dans le Mirgenbach selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus (tous mois confondus) .....	62
Figure 43. Evolution des températures journalières (°C) dans la lagune La Maxe en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).....	63
Figure 44. Longueur moyenne des individus dans la lagune La Maxe (± écart-type) selon le sexe à l'hiver .....	64
Figure 45. Distribution des effectifs dans la lagune La Maxe selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus .....	65
Figure 46. Degrés jours (°C x jours) suivant les différents sites d'études. ....	67
Figure 47. Dendrogramme ("Hierarchical clustering on Principal Components" (HCPC)) représentant la classification physique des différents sites. ....	69
Figure 48. Proportion des individus (mâles et femelles confondus) suivant leur âge à la capture dans chaque site. ....	70
Figure 49. Modèle de Von Bertalanffy dans les différentes gravières, dans le réservoir du Mirgenbach et dans la Lagune La Maxe chez les mâles (graphe du haut) et chez les femelles (graphe du bas). ....	76
Figure 50. Croissance marginale (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm) des femelles (figure du haut) et des mâles (figures du bas) âgés d'un hiver dans les différentes gravières et dans le réservoir du Mirgenbach suivant les différents mois de captures. ....	77
Figure 51. Analyse en Composantes Principales chez les femelles, représentant les différents sites suivant les quatre variables (longévité, l'âge à maturité (AaM), la taille à maturité (LaM), et la longueur des individus au premier hiver (LH1)). ....	80
Figure 52. Analyse en Composantes Principales chez les mâles non-cocufiants, représentant les différents sites suivant les quatre variables (longévité, l'âge à maturité (AaM), la taille à maturité (LaM), et la longueur des individus au premier hiver (LH1)). ....	81

## Liste des Tableaux

Tableau 1. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Sentzich suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c).....	27
Tableau 2. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Sentzich. ....	29
Tableau 3. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Mondelange suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c) .....	31
Tableau 4. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Mondelange. ....	32
Tableau 5. Distribution des effectifs totaux à Argancy suivant la longueur à l'hiver (LH mm) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c).....	34
Tableau 6. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière d'Argancy. ....	35
Tableau 7. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de La Maxe suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c).....	37
Tableau 8. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière La Maxe.....	38
Tableau 9. Distribution des effectifs totaux dans le canal de Jouy-aux-Arches suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c) .....	40
Tableau 10. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans le canal de Jouy-aux-Arches.....	41
Tableau 11. Distribution des effectifs totaux dans le bras mort de Pont-à-Mousson suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c) .....	43
Tableau 12. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans le bras mort de Pont-à-Mousson.....	44
Tableau 13. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Pont-à-Mousson suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c) .....	46
Tableau 14. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière d'Argancy. ....	48
Tableau 15. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Châtel-sur-Moselle suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c) .....	50
Tableau 16. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Châtel-sur-Moselle. ....	51
Tableau 17. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Saint-Nabord suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c) .....	53
Tableau 18. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Sentzich. ....	55
Tableau 19. Distribution des effectifs totaux à Saulxures-sur-Moselotte suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c).....	57
Tableau 20. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Saulxures-sur-Moselotte.....	58

Tableau 21. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Mondelange suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c) .....	60
Tableau 22. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans le réservoir du Mirgenbach.....	62
Tableau 23. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Châtel-sur-Moselle suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c) .....	64
Tableau 24. Longueur à maturité (LaM en mm), âge à maturité (AaM en année) et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans le réservoir du Mirgenbach.....	65
Tableau 25. Caractéristiques physiques et thermiques (températures en °C) des différents sites d'études. NA : aucune donnée n'a été enregistrée. Les sites en gras représentent les sites échauffés.....	68
Tableau 26. Moyenne des longueurs totales (LT en mm) rétro-calculés aux différents hivers chez les individus femelles et croissance moyenne (L1-L2 ; L2-L3) entre les trois premiers hivers (en mm) toutes campagnes confondues, nT : effectif. Age moyen à maturité (AaM), longueur moyenne à maturité (LaM), indice gonado-somatique moyen (IGS %) calculé pour les femelles matures. En gras sont figurés les sites échauffés. ....	72
Tableau 27. Moyenne des longueurs totales (LT en mm) rétro-calculés aux différents hivers chez les individus mâles et croissance moyenne (L1-L2 ; L2-L3) entre les trois premiers hivers (en mm) toutes campagnes confondues, nT : effectif. Age moyen à maturité (AaM) calculé pour les mâles matures nidifiants, longueur moyenne à maturité calculé pour les cocufiants et nidifiants (LaM1) et les nidifiants uniquement (LaM2), indice gonado-somatique moyen (IGS %) calculé pour les mâles matures nidifiants uniquement. En gras sont figurés les sites échauffés. ....	73
Tableau 28. Moyenne des longueurs totales (LT en mm) rétro-calculées aux différents hivers pour tous les individus (mâles et femelles) toutes campagnes confondues, nT : effectif. Croissance moyenne (L1-L2 ; L2-L3) entre les trois premiers hivers (en mm), paramètres de croissance $L_{\infty}$ et K du modèle de Von Bertalanffy (1938) et indice de condition IK de Le Cren (1951). ....	74
Tableau 29. Régression linéaire reliant la température et les degrés jours des différents sites à l'âge, la longueur à maturité et l'IGS des mâles et des femelles. Significatif si $P < 0.05$ . ....	78
Tableau 30. Récapitulatif du potentiel invasif de la perche soleil dans les différents sites .....	88

## Liste des Annexes

Annexe A. Plan d'observation dans le bassin versant de la Moselle (Masson et al, 2011).....	95
Annexe B. Effectif de perches soleil capturés lors des différentes campagnes et effort de pêche calculé en juin.....	96
Annexe C1. Distribution des effectifs à Sentszich en juin selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	97
Annexe C2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la gravière de Sentszich selon la longueur totale (LT, mm).....	98
Annexe D1. Distribution des effectifs à Mondelange en juin selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	99
Annexe D2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la gravière de Mondelange selon la longueur totale (LT, mm).....	100
Annexe E. Distribution des effectifs à Argancy selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	101
Annexe F. Distribution des effectifs dans la gravière de La Maxe selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	102
Annexe G. Distribution des effectifs dans le canal de Jouy selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	103
Annexe H. Distribution des effectifs dans le bras mort de Pont-à-Mousson selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	104
Annexe I1. Distribution des effectifs en juin dans la gravière de Pont-à-Mousson selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	105
Annexe I2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la gravière de Pont-à-Mousson selon la longueur totale (LT, mm).....	106
Annexe H. Distribution des effectifs à Châtel-sur-Moselle selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	107
Annexe K1. Distribution des effectifs en juin à Saint-Nabord selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	108
Annexe K2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la gravière de Saint-Nabord selon la longueur totale (LT, mm).....	109
Annexe L. Distribution des effectifs à Saulxures-sur-Moselotte selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	110
Annexe M1. Distribution des effectifs en juin dans le réservoir du Mirgenbach selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture.....	111
Annexe M2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans le réservoir du Mirgenbach selon la longueur totale (LT, mm).....	112
Annexe N. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la lagune La Maxe selon la longueur totale (LT, mm).....	113
Annexe O. Régressions linéaires reliant la température et les degrés jours à la croissance (mâles et femelles confus). Significatif si $P > 0.05$ .....	114

## Introduction

Parmi les vertébrés, les espèces de poissons ont été les plus nombreuses à avoir été introduites dans différents milieux, cependant leurs impacts sur la faune et la flore aquatiques ont été les moins étudiés (Gutiérrez-Estrada et al, 2000). Les premières introductions d'espèces de poissons remontent à l'époque romaine pour assurer l'alimentation des populations humaines. Puis, à partir du 19<sup>ème</sup> siècle le nombre d'introductions (ou tentatives d'introduction) a été fortement amplifié dû principalement à la pêche de loisir (représentant environ 36 % des introductions), suivie par la curiosité scientifique et la lutte biologique (19 % chacune), puis par les accidents (15 %) et en dernier par l'aquaculture (11 %). Au total, 23 espèces de poisson ont été introduites en France, représentant 32 % des espèces piscicoles actuelles (Keith et Allardi, 1997). Ces espèces, absentes à l'Holocène sont maintenant naturalisées, et constituent avec les mammifères, le groupe taxonomique où ont été enregistrés le plus d'introductions (Pascal et al, 2006 ; Beisel et Lévêque, 2010).

La perche soleil, *Lepomis gibbosus*, originaire d'Amérique du Nord, est considérée comme une espèce invasive en Europe, son introduction en France datant du 19<sup>ème</sup> siècle, et plus précisément en 1877 (Pascal et al, 2006 ; Beisel et Lévêque, 2010). A l'heure actuelle en France, cette espèce est classée comme nuisible, susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques et son introduction est interdite (INPN, 2010). D'après Copp et al, (2005) repris par Cucherousset et al, (2009), est défini comme une espèce invasive « une espèce indigène ou non-indigène qui s'étend, avec ou sans l'aide de l'Homme, dans son habitat naturel ou semi-naturel, produisant un changement significatif dans la composition, la structure, ou les processus de l'écosystème, ou qui engendre de sévères pertes économiques aux activités humaines ». On peut rajouter à cette définition « qu'une espèce invasive a le potentiel de coloniser de nouveaux écosystèmes, influençant ainsi la capacité à modifier son allocation de ressources énergétiques pour la croissance somatique et gonadique en réponse à des environnements différents » (Copp et al, 2004). L'intérêt des scientifiques pour la perche soleil date du début du 20<sup>ème</sup> siècle (Kunzler, 1908) mais les études spécifiques de l'espèce ne se développeront qu'à partir de la moitié du 20<sup>ème</sup> siècle (Copp et Fox, 2007). De plus, son impact sur les écosystèmes aquatiques est quasi inconnu en Europe (Copp et al, 2004 ; INPN, 2010). On suppose que la perche soleil a contribué au déclin de certaines espèces de poissons à travers la compétition pour la nourriture et leur prédation sur les œufs de poissons (Copp et al, 2004).

Le but de cette étude est de déterminer le potentiel invasif de la perche soleil dans différents sites situés d'amont en aval du bassin versant de la Moselle, ainsi que dans des milieux échauffés (le réservoir du Mirgenbach et la lagune La Maxe). L'étude est conduite dans un périmètre géographique restreint qui permet de limiter les fluctuations de photopériode susceptibles de moduler les traits biologiques. Pour déterminer les stratégies démographiques de la perche soleil dans chaque site, les traits de vie et les caractéristiques individuelles liées à la croissance (âgeage, taille aux différents hivers, modèle de croissance de von Bertalanffy ...) et au pouvoir reproducteur (indice gonadosomatique, âge et longueur à maturité) ont été caractérisés. La modélisation de la croissance individuelle et la caractérisation du développement sexuel au sein de chaque population doivent permettre de quantifier le potentiel invasif de chaque population, éprouvé par la diversité de l'expression des traits biologiques à l'échelle du bassin versant. Ces données seront comparées au modèle conceptuel prédictif de risque invasif de l'espèce (Copp et Fox, 2007).

D'autre part, les traits de vie des individus de chaque population ont été confrontés aux températures relevées dans chacun des sites, en comparaison avec les deux milieux échauffés échantillonnés, le but étant de déterminer si la température peut influencer ces paramètres. La température est un des paramètres fondamentaux dans la vie d'un poisson puisqu'elle permet entre autre, de conditionner l'entrée en maturation de l'individu ainsi que sa croissance (Gillet, 2001). Pour la perche soleil, la reproduction a lieu de mai à août lorsque l'eau atteint entre 15 à 30 °C (Keith et Allardi, 2001 ; Tomecek et al, 2007). En outre, un accroissement de la température permettrait une augmentation de l'énergie liée à la reproduction et au taux de croissance chez les jeunes, ainsi qu'une diminution de l'âge à maturité (Arendt et al, 1997 ; Luksiené et al, 2000). D'après Atkinson (1994), les poissons vivant dans des eaux chaudes entrent en maturité précocement durant leur cycle vitale (i.e. diminution de l'âge de maturité) grâce à un taux de croissance des juvéniles élevé. Cette hypothèse a été éprouvée en Europe chez la perche soleil (Copp et al, 2002; Copp et Fox, 2007). En effet, les populations européennes de perche soleil évoluant dans des eaux échauffées, développent un taux de croissance élevé des juvéniles et un développement sexuel précoce et ainsi manifestent des phénomènes potentiellement invasifs (Fox et Crivelli, 2001 ; Cucherousset et al, 2009). En Angleterre, où les eaux sont plus froides, les populations présentent une croissance individuelle plus faible et une maturation sexuelle plus tardive. Ainsi en Europe, les traits biologiques exprimés ne conduisent pas toujours à des risques de phénomènes invasifs, et est considérée comme telle essentiellement dans le Sud et le Centre de l'Europe (Copp et Fox, 2007). Cependant, les changements climatiques annoncés (+1,1 à

6,4 °C ; IPCC, 2007) pourraient modifier les traits biologiques de la perche soleil, et notamment induire une diminution de l'âge à maturité et une augmentation de la croissance juvénile. Les réponses apportées dans la présente étude pourront permettre d'émettre une hypothèse quant à la propagation de l'espèce sous l'effet du changement global, et plus particulièrement celui d'un réchauffement climatique.

# I/ Présentation de l'espèce

## 1.1. Identification de l'espèce



**Figure 1. Photographie d'une perche soleil (*Lepomis gibbosus*)**

Règne : *Animalia*  
Embranchement : *Chordata*  
Super-Classe : *Osteichthyes*  
Classe : *Actinopterygii*  
Sous-Classe : *Neopterygii*  
Infra-Classe : *Teleostei*  
Super-Ordre : *Acanthopterygii*  
Ordre : *Perciformes*  
Sous-Ordre : *Percoidei*  
Famille : *Centrarchidae*  
Genre : *Lepomis*

La perche-soleil *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) est nettement reconnaissable par sa coloration bleu verdâtre voir olive (figure 1), sa coloration s'intensifie nettement au moment des fraies. Son ventre est jaune et les opercules bleu-vert peuvent porter une tache noire bordée de rouge visible. Sa taille maximale rencontrée dans son aire d'origine est de 40 cm, mais en Europe, elle est nettement plus petite (Przybylski et Zieba, 2011). En France, la taille adulte se situe entre 8 et 15 cm, et exceptionnellement elle peut atteindre au-delà de 18 cm (Keith et Allardi, 2001). Sa nageoire dorsale est longue et divisée en deux parties. La partie antérieure est petite comparée à la postérieure et contient 9 à 12 épines, alors que la partie postérieure peut avoir de 10 à 14 rayons. La nageoire anale possède 3 épines suivies de 8 à 11 rayons, alors que les nageoires pectorales possèdent qu'une seule épine. La ligne latérale est complète, légèrement courbée dans la partie médiane du corps, et entourée de 35 à 47 écailles cténoïdes (Przybylski et Zieba, 2011).

## 1.2. Ecologie et biologie de l'espèce

La perche soleil habite dans des eaux peu profondes et peu turbides, envahies par la végétation. Elle habite généralement des lacs, étangs gravières, annexes ou chenaux lenticules

en système fluviale où la circulation de l'eau y est assez lente. On peut la retrouver dans des eaux saumâtres. Son régime alimentaire est très diversifié, mais elle chasse essentiellement à vue (Keith et Allardi, 2001). La longévité de cette espèce est de 8 à 10 ans dans son aire d'origine (Keith et Allardi, 2001), en Europe, certaines populations peuvent atteindre l'âge de 9 ans en Angleterre (Copp et Fox, 2007). Il est possible que dans les eaux où la population est importante, la distribution des tailles y est plus faible, faisant apparaître des populations naines (Keith et Allardi, 2001). Dans son aire d'origine et son aire d'introduction, la perche soleil est omnivore et tend à se nourrir avec les proies les plus abondantes (Copp et al, 2004). Sa maturation sexuelle est possible dès l'âge d'un an, mais généralement le mâle est adulte à 3 ans et la femelle à 4 ans (Keith et Allardi, 2004). La perche soleil émet des pontes multiples de mai à août, lorsque l'eau atteint 15 à 30 °C. Lors de sa frai, les mâles construisent un nid circulaire en eau peu profonde, sur n'importe quel substrat (Keith et Allardi, 2001 ; Tomecek et al, 2007). Ensuite, les mâles protègent activement les œufs et les embryons situés sur leurs nids, ce qui est d'une part, le facteur clé du succès de leur dispersion (Tomecek et al, 2007). La femelle de 9 à 11 cm pond entre 8000 et 11000 œufs mesurant entre 0,9 à 1,2 mm de diamètre. L'éclosion des larves s'effectue au bout de 2-3 jours et les larves mesurant entre 8 et 12 mm (Keith et Allardi, 2001). Les nids sont souvent regroupés comme les perches soleil tendent à se regrouper dans divers sites. Les nids sur substrat boueux cachés par la végétation sont plus dispersés (> 1m de diamètre) que ceux situés sur des graviers (environ 0,5 de diamètre (Tomecek et al, 2007). Chez la perche soleil, une stratégie de reproduction alternative a développé chez certains jeunes mâles, on les appelle les « cocufiants ». Ces derniers, généralement se cachent derrière des objets (plantes, rochers, débris de bois) afin d'éviter d'être chasser par les autres mâles, et lorsque la femelle relâche ses œufs, ils entrent dans le nid et relâchent leur sperme (Tomecek et al, 2007). Les « cocufiants » peuvent être identifié grâce à un IGS élevé > 3%, pour de faible taille.

### ***1.3. Aire de répartition***

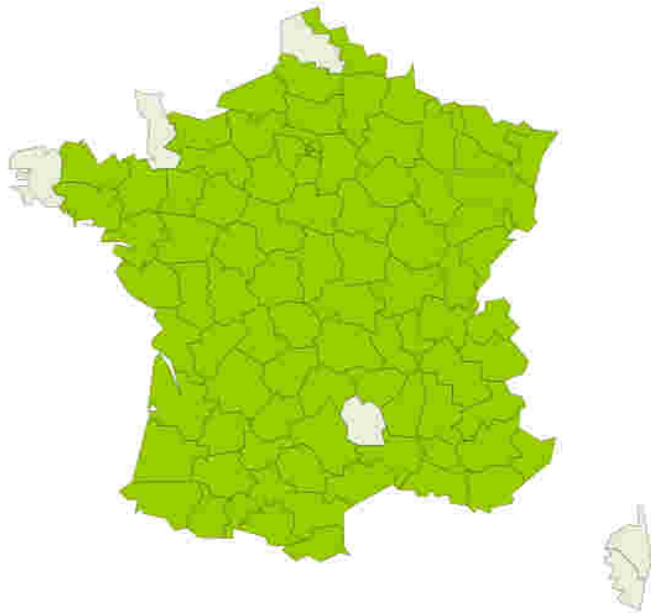
L'aire d'origine de la perche soleil se situe dans les zones tempérées du Nord - Est de l'Amérique et plus précisément de New Brunswick (Canada) et de la péninsule de Floride (USA) (Copp et Fox, 2007 ; Tomecek et al, 2007). Classée comme invasive, en Europe du Centre et du Sud, elle a été introduite au 19<sup>ème</sup> siècle dans plusieurs régions. Aujourd'hui,

cette espèce s'est établie dans 28 pays d'Europe et d'Asie Mineure ainsi que dans la péninsule Ibérique et la région de la mer Noire (Figure 2) (Copp et Fox, 2007).

Les premiers individus, originaires du Canada, ont été introduits en France en 1877 (Keith et Allardi, 2001 ; Przybylski et Zieba, 2011), cependant le but de ces introductions demeure encore aujourd'hui incertaines (Przybylski et Zieba, 2011). Il semble que les aquariophiles aient joué un important rôle quant à la propagation de cette espèce (Przybylski et Zieba, 2011), mais pour Keith et Allardi (1997), la raison principale de l'introduction de la perche soleil est la curiosité scientifique. Ainsi, sa reproduction artificielle a été réalisée pour la première fois en 1885 (Keith et Allardi, 2001). Utilisée principalement comme poisson d'ornement, la perche soleil a été introduite et stockée dans des étangs et en aquarium, et relâchée intentionnellement lors d'alevinages de carpes (Przybylski et Zieba, 2011). Par le biais d'introductions successives et des connexions avec les canaux, l'aire de répartition de la perche soleil en France s'est largement répandue dès la fin du XIXe siècle jusqu'au début du XXe siècle. Aujourd'hui en France, la distribution de l'espèce est quasi globale, cependant l'espèce est absente de quelques régions et départements comme la Corse, la Manche et le Finistère (Keith et Allardi, 2001) (Figure 3).



**Figure 2. Distribution de la perche soleil en Europe d'après Copp et Fox (2007)**



**Figure 3. Distribution de la perche soleil en France en 1999. En vert, les régions où l'espèce est présente, et en gris, où elle est absente. Mise à jour des données dans la région des Vosges. Carte issue de l'INPN ([http://inpn.mnhn.fr/isb/espece/cd\\_nom/69338](http://inpn.mnhn.fr/isb/espece/cd_nom/69338))**

## II/ Matériels et Méthodes

### *2.1. Présentation des sites d'études*

La perche soleil a été échantillonnée dans le bassin versant de la Moselle, et plus particulièrement dans les eaux courantes de la Moselle, dans les systèmes lentiques artificiels, échauffés ou non. La phase d'échantillonnage a été précédée par une phase d'enquête auprès des gestionnaires des milieux aquatiques et acteurs de la pêche de loisir (ONEMA, fédérations de pêche et de protection des milieux aquatiques, sociétés de pêche, propriétaires et exploitants de plans d'eau) afin d'avérer la présence ou l'absence des perches soleil pour chaque type recensé (Annexe A). Depuis les lacs glaciaires jusqu'à la frontière Luxembourgeoise, y compris en Moselle, des relevées de températures ont été effectuées (exceptée dans le bras mort de Pont-à-Mousson). Les pêches ont été conduites en quelques jours consécutifs, essentiellement au mois de juin en 2009, si durant cet échantillonnage, les effectifs n'ont pas été satisfaisants, les prélèvements ont été reconduits en juin 2010. L'échantillonnage a lieu en été lorsque les perches soleil ont atteint leur développement sexuel, au début de la reproduction. Ce calendrier n'a pas pu être respecté en 2009, dans les gravières d'Argancy (fin mai 2009) et de Mondelange (juillet 009), ni dans le canal de Jouy-aux-Arches (juillet 2009).

Dans ce rapport, douze sites avec différentes caractéristiques (milieux échauffés, gravières, bras mort et canal) sont représentés présentant un effectif satisfaisant durant les deux années d'études (Figure 4). Deux sites sont situés au niveau de La Maxe, une gravière, et la lagune qui présente des caractéristiques particulières puisque c'est un milieu échauffé servant de zone tampon à la centrale électrique de La Maxe avant les rejets des effluents thermiques dans la rivière Moselle. Au niveau de Pont-à-Mousson, deux sites ont été aussi échantillonnés, un bras mort de la Moselle et une gravière. Les caractéristiques de chaque site sont répertoriées dans le tableau 25. De plus, des indicateurs d'abondance ont été calculés suivant l'abondance des effectifs capturés et la durée de l'échantillonnage.

Dans le réservoir du Mirgenbach et dans des sites témoins (Saint-Nabord, Mondelange, la gravière de Pont-à Mousson, et Sentzich), des échantillonnages ont été effectués de mars à juin 2010 pour confronter l'évolution des traits biologiques durant les

différents mois. Le calendrier d'échantillonnage (dates vs sites) avec les différents effectifs capturés, ainsi que l'effort de pêche (ind./heur) de chaque site est représenté en Annexe B.

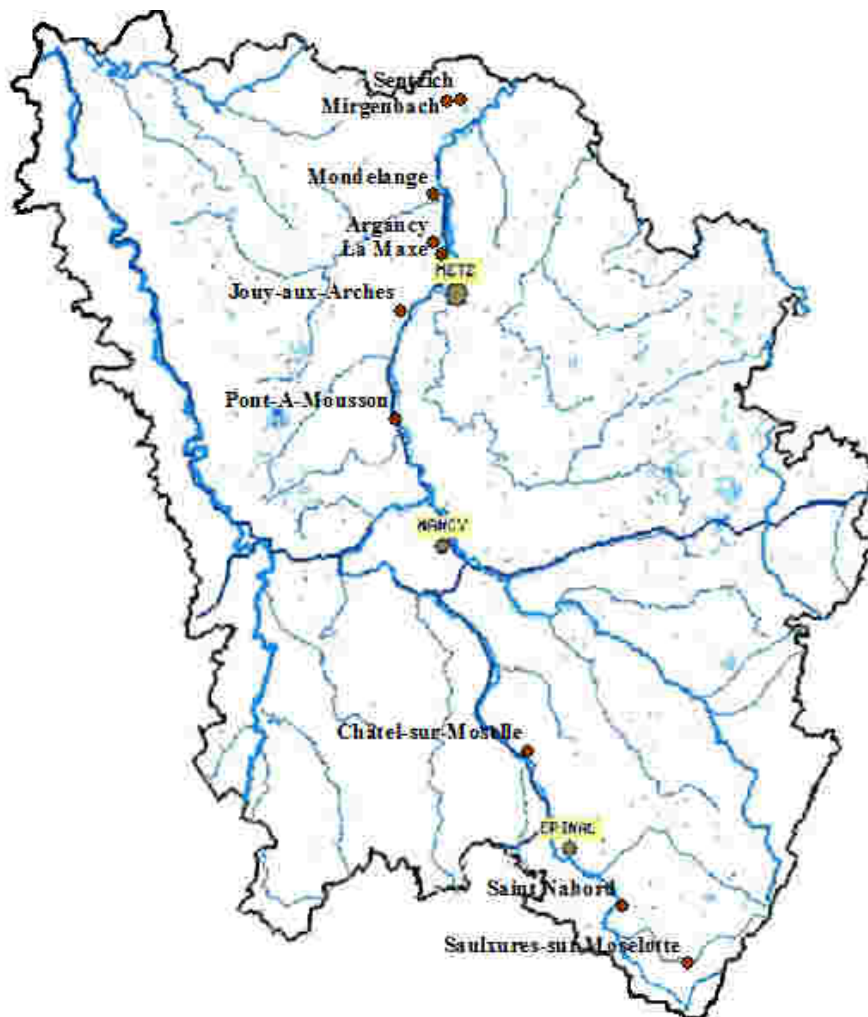


Figure 4. Carte des différents sites d'études échantillonnés dans le bassin versant de la Moselle.

## 2.2. Méthodes de pêches

### 2.2.1. La pêche électrique

La majorité des pêches a été réalisée par pêche électrique grâce à un boîtier autotransformateur, le Héron, conçu pour effectuer des pêches dans des eaux ayant une conductivité comprise entre 15 et 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La pêche électrique est effectuée depuis une embarcation, grâce à l'immersion d'une anode portée par un opérateur placé à l'avant du bateau. Le courant, établi entre la cathode fixe et l'anode mobile, va attirer le poisson vers la surface et l'assommer pendant un court instant, le temps de le récupérer avec une épuisette

(Figure 5). En cas de trop faible profondeur, l'échantillonnage est effectué à pied selon le même processus. Cette technique permet d'échantillonner dans tous les types d'habitats situés en rive et est moins sélective vis-à-vis des différentes espèces et des caractéristiques des individus. Il impose un fractionnement de l'effort d'échantillonnage et permet de donner des informations sur la distribution des structures spatiales et temporelles (saisonnères). Les poissons sont échantillonnés en eaux peu profondes (station rivulaire) du fait de la limite du rayon d'action de l'appareil (environ 1 m) (Dembski, 2005).

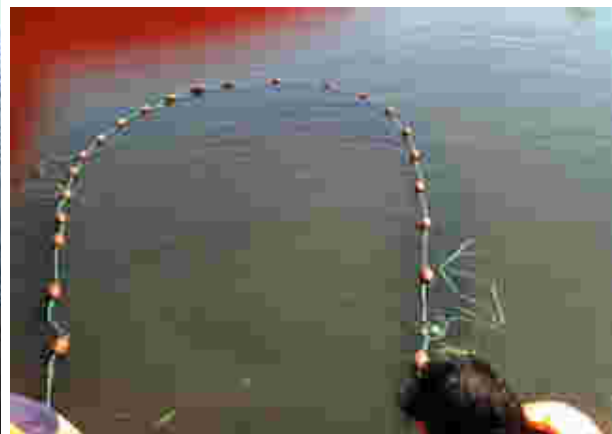
### **2.2.2. Le verveux à tortue**

Déployé par les pêcheurs professionnels dans les eaux calmes et peu profondes (bras morts, lacs, marais, étangs salés), le verveux est composé d'une nasse conique ouverte à sa base et d'un filet déflecteur vertical disposé dans le prolongement de la nasse, dont les mailles mesurent 2 mm. Il est relativement bien adapté à l'étude des rives, et permet de prospecter certains habitats littoraux inaccessibles aux filets actifs : hélrophytes, hydrophytes, souches. Des cerceaux et des anchons (ou filets tronconiques intérieurs fixés aux cerceaux et ouverts aux deux extrémités) soutiennent le filet extérieur de la nasse. La base des anchons est orientée vers l'ouverture de la nasse. Ces anchons permettent au poisson de s'engager plus profondément dans l'engin, et délimitent des compartiments dans lequel le poisson reste piégé. Le verveux repose perpendiculairement à la rive, ainsi, le poisson longe le filet déflecteur et finit par s'engager dans la nasse (Figure 5). Quand il franchit les anchons, le poisson n'a aucune possibilité de retour. Cependant, le verveux perd de son efficacité quand la profondeur dépasse la hauteur de l'aile (Dembski, 2005). La pose des filets a été réalisée pendant 2 heures pour les campagnes de Mai 2010 dans les gravières de Sentzich, Mondelange, Pont-à-Mousson et Saint-Nabord ainsi que dans le réservoir du Mirgenbach. La méthode des verveux a été aussi utilisée pour la campagne de pêche d'Argancy en Mai 2009 en plus de la pêche électrique.

### **2.2.3. La senne de plage**

La senne de plage est déployée dans les eaux n'atteignant pas plus de 1-2 m de profondeur, dans le cadre d'un suivi temporel de l'ichtyofaune. Trois sections composent la senne, une poche centrale et deux ailes situées aux extrémités, le tout mesurant de 22 m de

long x 1,4 m de haut avec une poche de 3 m de profondeur. La partie supérieure de la senne est munie de flotteurs montés sur une ralingue en polypropylène. Une tresse plombée leste sa partie inférieure. Deux personnes tendent le filet parallèlement à la rive, puis les deux ailes de la senne sont halées à la terre, perpendiculairement à la rive de façon à ce que le poisson se retrouve piégé dans le filet (Figure 5). Une personne reste en permanence à l'extérieur du filet, à proximité de la poche, afin de libérer la senne quand un obstacle est rencontré. La senne de plage a été utilisée durant les mêmes campagnes qu'avec les verveux à tortue.



**Figure 5. Illustrations des différentes techniques de pêche utilisées : pêche électrique (en haut), pêche aux verveux (en bas à gauche) et pêche à la senne (en bas à droite)**

## 2.3. Analyse des données

### 2.3.1. Température et degrés jours

Les températures ont été relevées toutes les 10 min à l'aide d'une sonde HOBO, placé environ 50 cm sous la surface de l'eau. Par la suite, les températures moyennes journalières sont calculées. Les degrés jours sont calculés suivant la formule suivante (Neuheimer et Taggart, 2010) :

$$DD = \sum (T_i - T_{Th}) \Delta d, T_i \geq T_{Th}$$

$T_i$  : température mesurée au jour  $i$

$T_{Th}$  : température seuil prédéfinie ( $T_{Th} = 10$  °C chez la perche soleil)

$\Delta d$  : intervalle de temps,  $\Delta d = 1$  jour puisqu'on est dans le cas de mesures journalières.

Le seuil définit chez la perche soleil est proche de la température de 10°C, en dessous de celle-ci elle cesse de s'alimenter (Keast, 1968).

### 2.3.2. Indices physiologiques

Après capture, chaque poisson a été individuellement identifié par un code comprenant un numéro regroupant le site et la date de pêche (e.g. PES1A 150611). Des données morphologiques en mm ont été mesurées pour chaque poisson : la longueur totale du poisson (LT), la longueur standard (LS), la hauteur, l'ouverture buccale, et l'épaisseur du poisson. Des mesures physiologiques ont été aussi notifiées comme la masse des gonades et la masse du foie. Ces mesures nous permettent par la suite de déterminer l'indice gonadosomatique (IGS) et l'indice hépatosomatique (IHS) pour chaque individu selon les équations suivantes :

$$IGS = M_{\text{gonade}} / M_{\text{poisson}} \times 100$$

$$IHS = M_{\text{foie}} / M_{\text{poisson}} \times 100$$

L'indice de condition (IK) de chaque poisson a été calculé suivant la méthode de Le Cren (1951). La constante  $b$  a été déterminé pour chaque site à partir de la relation longueur (cm) / masse (g) (Tableau 28) :

$$M_{\text{poisson}} = a(LT_{\text{poisson}})^b$$

$$IK = M_{\text{poisson}} / (LT_{\text{poisson}})^b$$

### 2.3.5. Détermination de l'âge et de la croissance des individus

La connaissance de l'âge des individus dans une population animale est très importante pour l'analyse des variations temporelles en structure et abondance. Grâce à l'âgeage, on peut quantifier plusieurs paramètres relatifs aux traits de vie des individus tels que la croissance, l'âge de recrutement, mais aussi la mortalité (Fanfili et al, 2002). Les os et les écailles chez les poissons, sont constitués principalement de sels de calcium et de phosphore, subissant des processus de résorption et de remaniement. Chaque événement vital chez un individu peut ainsi être marqué par des ruptures dans les patrons de croissance. Chez les Ostéichthyens, dont la perche soleil fait partie, la détermination de l'âge peut être déterminée par la scalimétrie (lecture des écailles) (Fanfili et al, 2002). La détermination de l'âge et de la croissance de chaque individu s'effectue à l'aide d'écailles prélevées directement sur chaque poisson. Ce travail, long et fastidieux, a été la plus grosse partie de cette étude. Les écailles ont été placées sur une lame et observées sous une loupe binoculaire Motic SMZ 168 BL. La loupe binoculaire est munie d'une caméra Motic 2000 directement reliée à un ordinateur. Environ, une dizaine d'écailles ont été observées pour chaque poisson pour ainsi avoir une bonne évaluation de l'âge de l'individu. Des écailles « validées » sont ensuite photographiées puis enregistrées au format JPEG avec le logiciel de traitement d'image Motic Images Plus 2.0. ML.

L'âgeage d'un individu consiste à compter le nombre d'annuli présents sur l'écaille. Les annuli correspondent à un resserrement de crêtes concentriques, appelées circuli. Les circuli correspondent à la croissance annuelle qui est plus importante lors d'abondance de nourriture. Pendant la mauvaise saison, l'intervalle séparant les circuli se resserre et représente alors, un ralentissement de la croissance du poisson (Fanfili et al, 2002). Le nombre d'annuli correspond alors au nombre d'hivers passé par le poisson. Ainsi, l'âge au dernier hiver correspond à l'âge donné au poisson à sa capture (âge standardisé).

Le rétro-calcul permet de déterminer la taille théorique à chaque hiver et permet ainsi de déterminer la croissance du poisson entre les différents hivers, ainsi que sa croissance marginale (croissance depuis son dernier arrêt hivernal). Ainsi le rétrocalcul permet de lier la croissance somatique du poisson et la croissance de ses écailles (Panfili et al, 2002).

Cependant, au mois de mars, la majorité des poissons n'ont pas « marqué » leur dernier annulus. Ainsi, pour ces poissons, la croissance marginale n'a pas été calculée et a été noté d'un 0. Lorsqu'une écaille est choisie comme image de référence, le rayon de l'écaille

(distance entre l'extrémité de l'écaïlle et le nucleus) est alors mesuré en  $\mu\text{m}$ , ainsi que la distance séparant les différents annuli (s'il y en a plusieurs) : La longueur rétrocalculée est obtenue d'après l'équation de Fraser-Lee (Pierce et al, 1996) :

$$LH = a + LHe/L_{\text{ecaille}} \times (LT_{\text{poisson}} - a)$$

LH : taille du poisson à l'âge considéré ;

LT : longueur du poisson au moment de sa capture ;

LHe : distance entre l'annulus considéré et le nucleus ;

$L_{\text{ecaille}}$  : rayon de l'écaïlle (distance entre l'extrémité de l'écaïlle et le nucleus) ;

a : longueur théorique à partir de laquelle le poisson aurait formé son écaïlle. Cette constante correspond à l'ordonnée à l'origine de l'équation de la droite de régression entre la longueur du poisson et la longueur de l'écaïlle. Pour la perche soleil, la constante a est égale à 24 mm (Fox et Crivelli, 2001 ; Cucherousset et al, 2004).

La croissance somatique marginale est calculée en soustrayant la longueur totale de l'individu au dernier hiver à sa longueur totale à la capture (Hunter et al, 2007) :

$$Lm = L_{\text{ecaille}} - LH$$

$Lm$  : croissance marginale

$L_{\text{ecaille}}$  : longueur de l'écaïlle au moment de la capture

LH : longueur de l'écaïlle au dernier hiver

### 2.3.4. Reproduction

L'âge à maturité a été calculé chez les femelles et les mâles (en séparant les cocufiants des autres mâles) durant la période de reproduction (été 2009 et été 2010) dans chaque site selon la formule de DeMaster (1978) repris par Fox (1994).

$$\alpha = \sum_0^w x [f(x) - f(x-1)]$$

$\alpha$  : âge à maturité

w : âge maximal

x : âge des poissons

f(x) : proportion des poissons matures à l'âge x

f(x-1) : proportion des poissons matures à l'âge x-1.

La longueur à maturité a été calculée suivant la même formule en remplaçant les classes d'âge par les classes de taille de 10 mm (Trippel et Harvey, 1987) comme préconisé par Fox et Crivelli, 2001:

$$L\alpha = \sum_0^w x [f(x) - f(x-1)]$$

$L\alpha$  : longueur à maturité

$w$  : longueur maximale

$x$  : classe taille (10 mm)

$f(x)$  : proportion des poissons matures pour la classe de taille  $x$

$f(x-1)$  : proportion des poissons matures pour la classe de taille  $x-1$ .

Pour le calcul de l'âge et de la longueur à maturité, les mâles « cocufiants » ont été volontairement ignorés (ne sont pas pris en compte dans la formule les IGS > 3% pour une LT très petite, inférieure à 60 ou 70 mm).

### 2.3.5. Analyses statistiques

Différents analyses statistiques ont été réalisées dans cette étude via le programme R 2.13.1.

Un dendrogramme a été réalisé pour hiérarchiser les différents sites d'après le Tableau 25.

Pour déterminer si une relation existe entre la température des différents sites et les traits de vie des individus (âge à maturité, taille aux différents hivers ...) des régressions linéaires ont été réalisées. Les deux paramètres sont corrélés entre eux si  $P > 0.05$  et  $R^2$  est assez proche de 1. D'autre part, le potentiel invasif de la perche soleil dans les différents sites a été étudié suivant deux méthodes :

- le modèle de Copp et Fox (2007) qui permet de déterminer l'âge des individus suivant l'âge de maturité (AaM) et la longueur moyenne au deuxième hiver (LH2).
- Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été effectuée pour déterminer le potentiel invasif (stratégie « r ») suivant 4 variables : la longévité, la longueur des individus au premier hiver (LH1), l'âge et la taille à maturité (AaM et LaM). Dans cette méthode, une population est considérée comme ayant une stratégie potentiellement invasive lorsque la longévité est faible, la longueur et l'âge à maturité sont faibles, mais lorsque la longueur au premier hiver est forte.

### III/ Résultats

#### 3.1. Les milieux non échauffés

##### 3.1.1 Sentzich

###### Régime thermique

Dans la gravière de Sentzich, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 1.6 °C à 28.3°C avec une moyenne de 13.1°C. La période d'activité physiologique se situe entre le 6 avril et le 18 novembre, avec cependant quelque jour au mois d'octobre où le seuil d'activité physiologique n'est plus atteint. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 224 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 4068 °C (Figure 6).

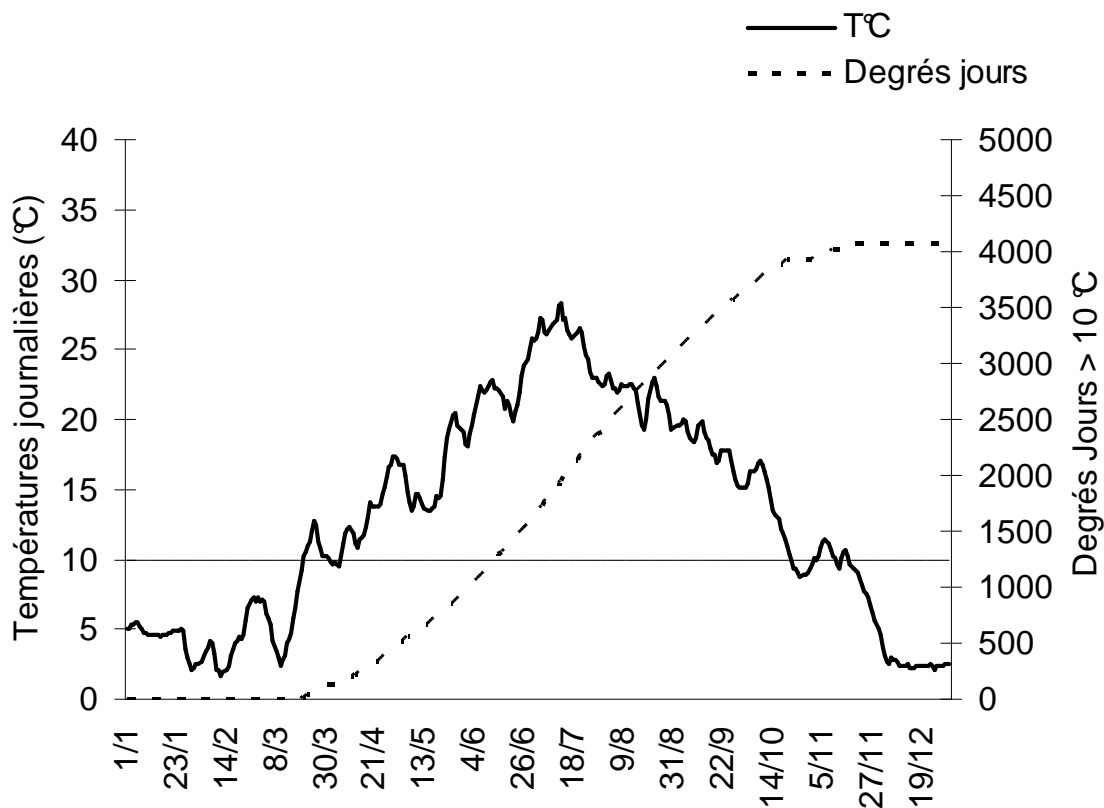
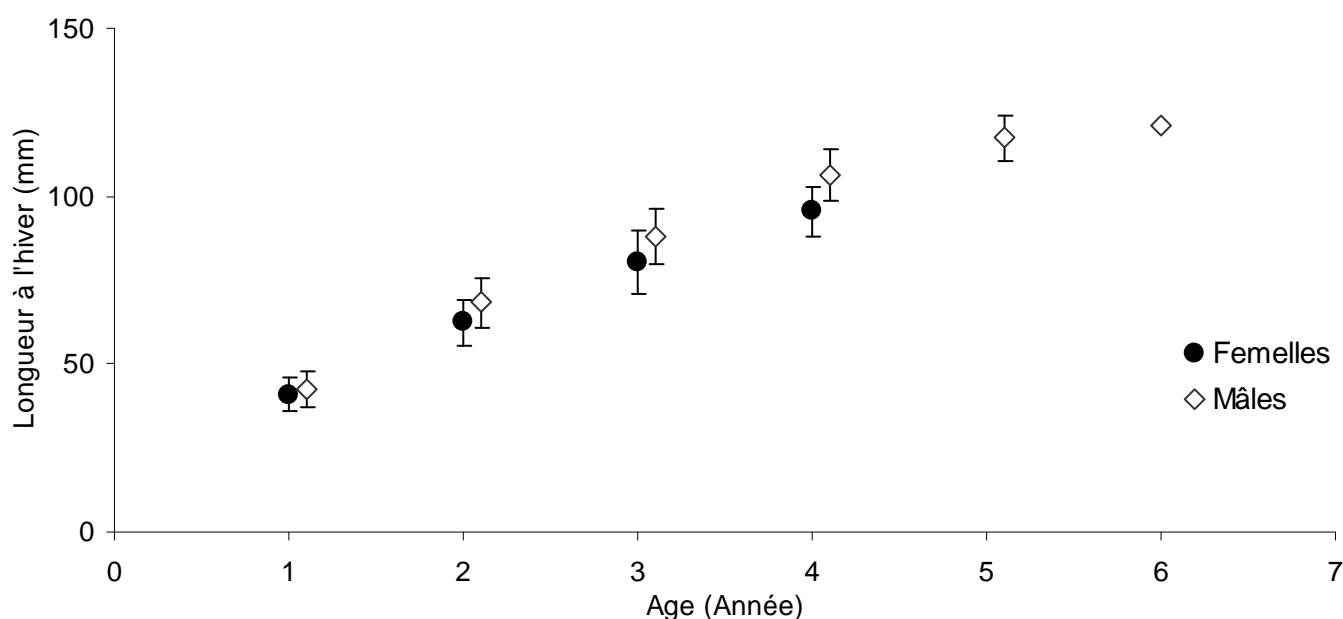


Figure 6. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière de Sentzich en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).

### Taille à la capture et taille à l'hiver

La distribution des individus suivant les tailles et les différents mois de capture se trouve en Annexe C2. Dans la gravière de Sentschich, un total, 364 poissons ont été capturés au mois de juin dont la majorité sont des jeunes d'un an (mâles et femelles confondus) (Annexe C1). Le plus petit individu mesure près de 30 mm et le plus grand près de 130 mm. Il y a un net déficit de femelles de deux ans et plus, puisque seulement 14 poissons ont été capturés. Les individus les plus âgés ont respectivement 4 et 6 ans chez les femelles et chez les mâles. Chez les deux sexes, le mode de la taille au premier hiver se situe entre 30 et 40 mm, celui à l'hiver 2 aux alentours de 60 mm et à l'hiver 3 aux alentours de entre 70 et 80 mm. On peut s'apercevoir que les mâles ont une croissance plus rapide que les femelles à partir du deuxième hiver et atteignent donc des tailles plus importantes par la suite (Figure 32). A l'hiver 4, le mode des mâles se situe aux alentours de 100 mm, alors que chez les femelles, le mode serait plutôt aux alentours de 80 mm. Les mâles atteignent très nettement de plus grandes tailles (Tableau 1, Figure 7).



**Figure 7. Longueur moyenne des individus à Sentschich ( $\pm$  écart-type) selon le sexe, et l'âge à l'hiver (tous mois confondus)**

**Tableau 1. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Sentzich suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)**

a)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	4						
30	114						
40	244						
50	48	4					
60		56					
70		70	10				
80		15	42				
90			26	8			
100			4	7			
110				4	4		
120				2	2	1	
130							
140							
150							

b)

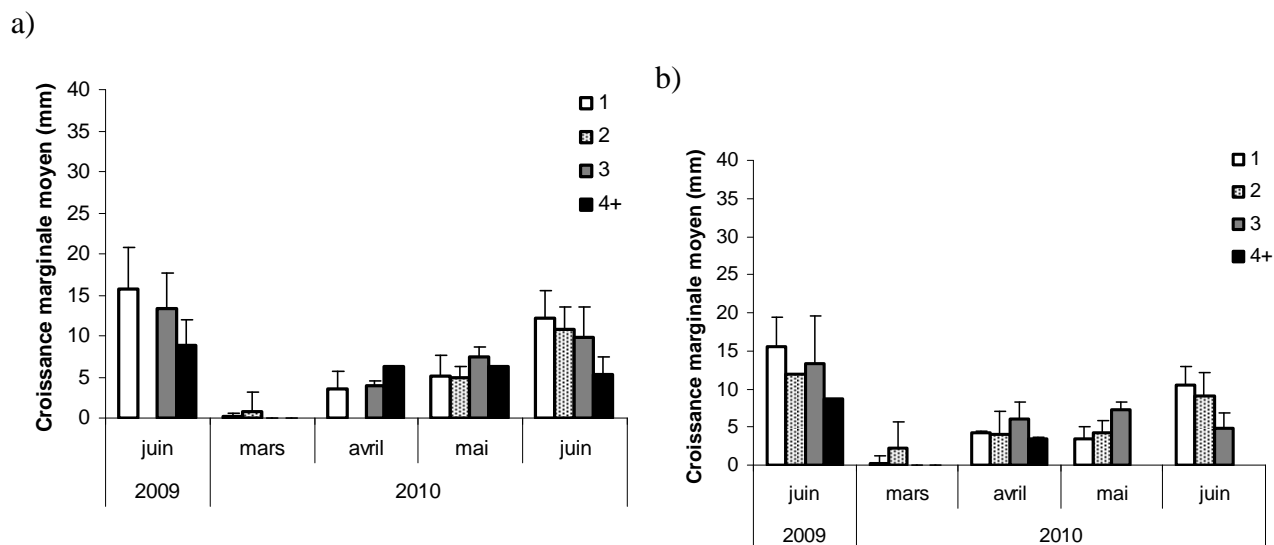
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	74						
40	109						
50	17	2					
60		28					
70		19	4				
80		2	12				
90			2	3			
100				1			
110							
120							
130							
140							
150							

c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	4						
30	40						
40	135						
50	31	2					
60		28					
70		51	6				
80		13	30				
90			24	5			
100			4	6			
110				4	4		
120				2	2	1	
130							
140							
150							

### *Croissance marginale*

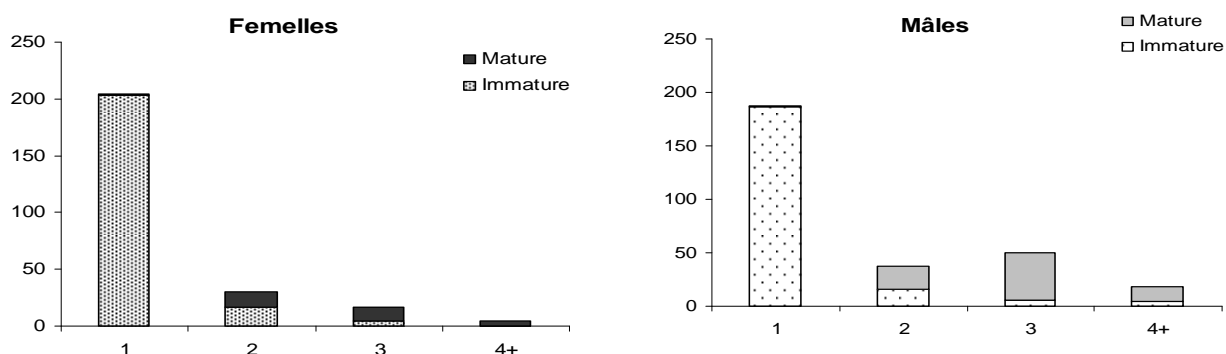
La croissance marginale représente le gain de croissance depuis le dernier arrêt hivernal. Les plus jeunes individus ont de plus faibles valeurs durant les premiers mois, toutefois ceci ne signifie pas que le gain de croissance est faible chez ces individus. En effet, un petit individu de 45 mm de longueur qui va gagner 5 mm, va grandir plus qu'un individu de 80 mm de long qui gagnera 7 mm depuis le dernier arrêt hivernal. Dans la gravière de Sentzich, la croissance des individus débute en mars, puis augmente très nettement par la suite, pour atteindre les valeurs maximales en été (Figure 8). C'est en juin 2009, où les valeurs sont les plus fortes, cependant, avec un gain de croissance très important pour les individus jeunes comparé aux individus âgés de plus de 4 ans.



**Figure 8. Croissance marginale moyenne (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm  $\pm$  écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans la gravière de Sentzich et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b)**

### *Développement sexuel*

Chez les deux sexes, tous les individus âgés d'un an sont immatures et plus de 60 % chez les femelles et 40 % chez les mâles le sont encore (Figure 9). Chez les individus âgés de 3 ans, près de 20 % des individus chez les femelles et chez les mâles sont immatures, et quelques individus de 4 ans et plus chez les mâles. L'âge de maturité chez les femelles est supérieur à celui des mâles (2.2 ans et 2.0 respectivement), mais la taille à maturité est inférieure (78.3 mm et 79.6 mm respectivement). L'IGS moyen des femelles en été est de 5.3 % et celui des mâles 2.0 % (Tableau 2).



**Figure 9. Distribution des effectifs à Sentzich selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus (tous mois confondus)**

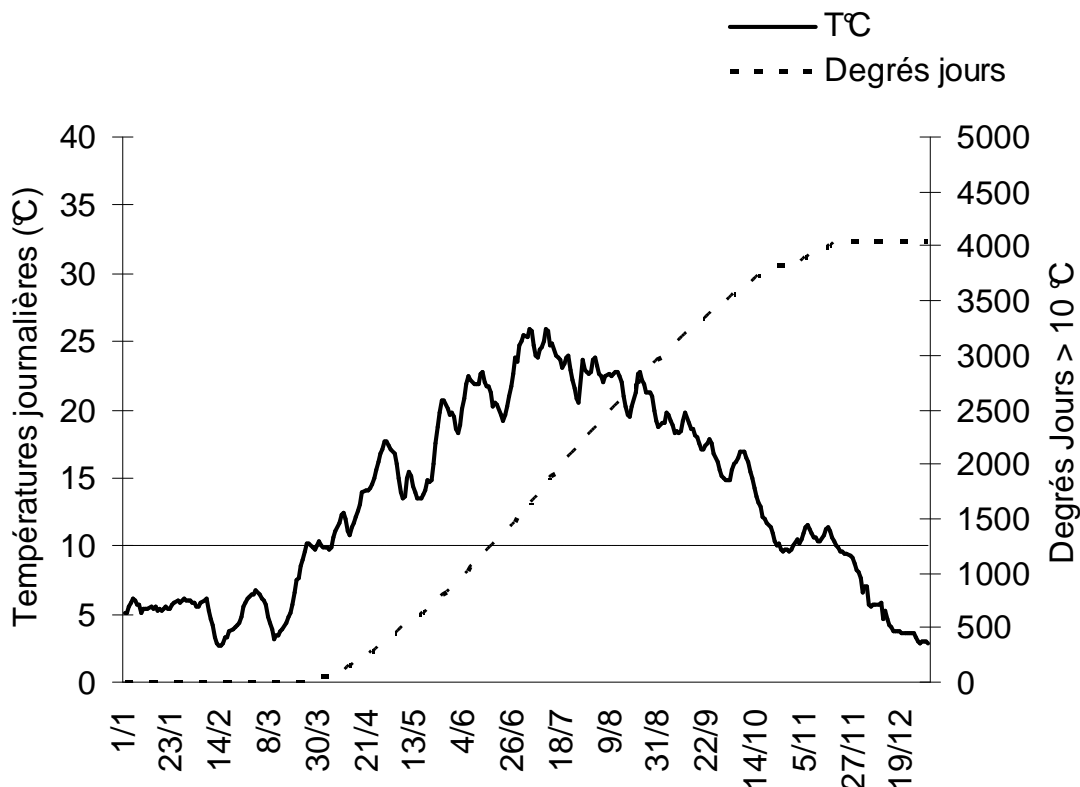
**Tableau 2. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Sentzich.**

LaM	Mâles		LaM	Femelles	
	AaM	IGS (%)		AaM	IGS (%)
79.6	2	2.0	78.3	2.2	5.3

### 3.1.2 Mondelange

#### *Régime thermique*

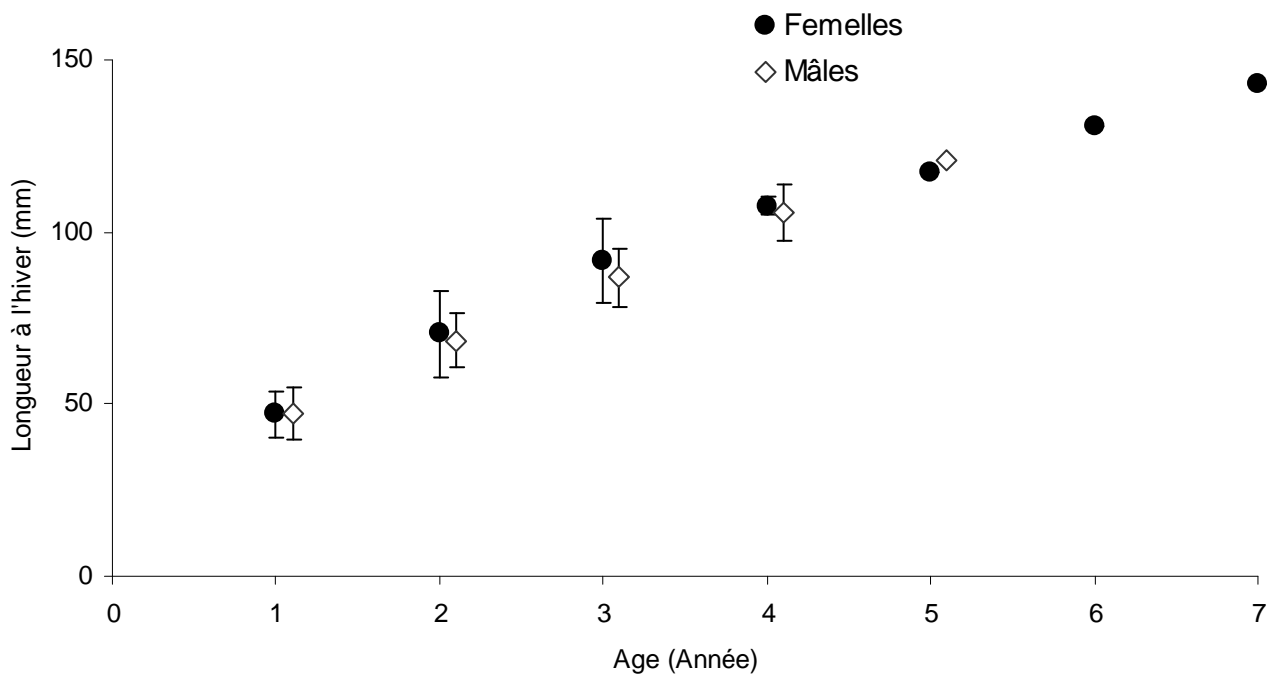
Dans la gravière de Mondelange, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 2.6 °C à 26.0°C avec une moyenne de 13.3°C. La période d'activité physiologique se situe entre le 27 mars et le 20 novembre, avec cependant quelque jour au mois d'octobre durant lesquels le seuil d'activité physiologique n'est plus atteint. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 227 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 4037 °C (Figure 10).



**Figure 10. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière de Mondelange en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).**

### Taille à la capture et taille à l'hiver

La distribution des individus suivant les différents mois de captures sont en Annexe D2. Dans la gravière de Mondelange, au total, 165 poissons ont été capturés en été 2009 et été 2010 dont la plupart sont des mâles d'un an et de trois ans (Annexe D1). Le plus petit individu capturé en été mesure près de 50 mm et le plus grand près de 130 mm. Très peu de femelles ont été capturées au final comparé aux mâles, et plus particulièrement des individus de plus de 2 ans. Les individus les plus âgés ont chez les mâles et chez femelles respectivement 5 et 7 ans. La distribution de la taille aux différents hivers est assez linéaire chez les deux sexes, et les femelles sont un peu plus grandes que les mâles (Figure 11). Le mode de la taille au premier hiver se situe entre 40 et 50 mm, celui à l'hiver 2 aux alentours de 60 mm, à l'hiver 3 entre 80 et 90 mm, et à l'hiver 4 aux alentours de 100 mm. On peut s'apercevoir que la distribution des femelles aux différents hivers est plus étendue et atteignent donc des tailles plus importantes (Tableau 3, Figure 11).



**Figure 11. Longueur moyenne des individus à Mondelange ( $\pm$  écart-type) selon le sexe à l'hiver (tous mois confondus)**

**Tableau 3. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Mondelange suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)**

a)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	56						
40	180						
50	101	13					
60	20	57					
70	1	26	17				
80		14	28				
90		2	22	3			
100		1	5	7			
110			1	5			
120					1		
130					1	1	
140							1
150							

b)

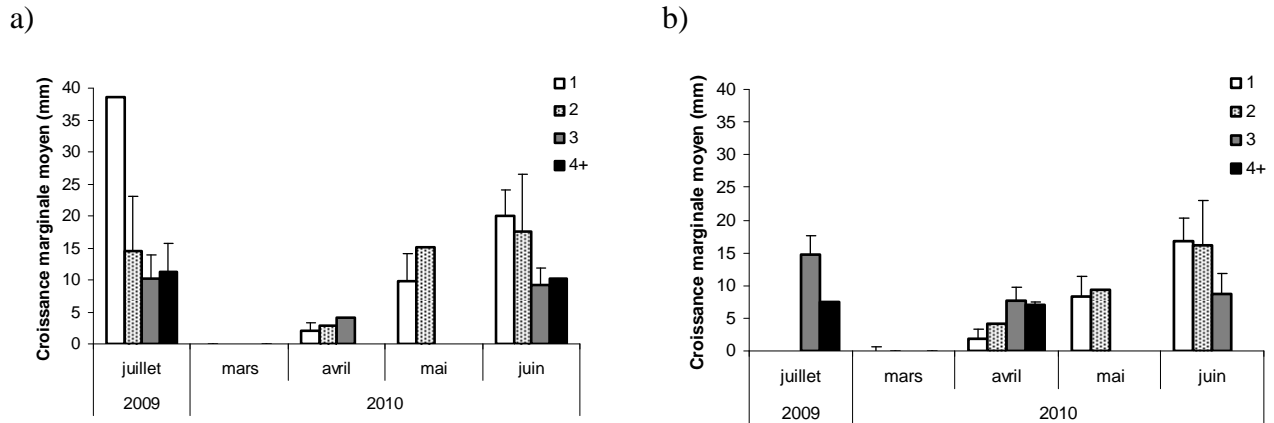
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	17						
40	94						
50	35	3					
60	9	13					
70		4	3				
80		4	3				
90		1	5				
100		1	2	3			
110			1	1	1		
120							
130						1	
140							1
150							

c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	25						
40	53						
50	42	10					
60	2	42					
70		21	14				
80		9	25				
90			15	3			
100			2	4			
110				3			
120					1		
130							
140							
150							

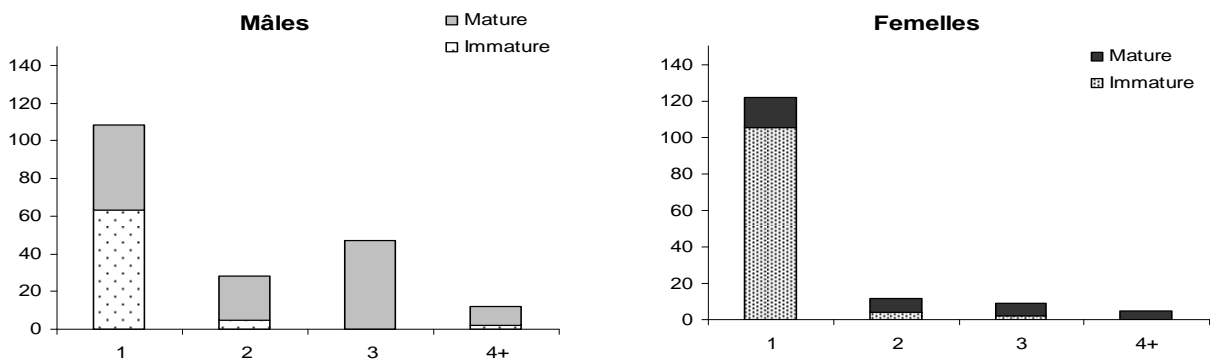
### *Croissance marginale*

On observe principalement sur cette figure une augmentation de la croissance marginale d'avril à juin pour toutes les classes d'âge. La croissance marginale des individus débute au mois d'avril. Les individus âgés de 1 an, ont une croissance très importante comparé aux individus plus âgés, atteignant plus de 40 mm en juillet 2009 (doublant quasiment leur taille). (Figure 12).



**Figure 12. Croissance marginale moyenne (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm  $\pm$  écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans la gravière de Mondelange et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b)**

### Développement sexuel



**Figure 13. Distribution des effectifs à Mondelange selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus**

**Tableau 4. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Mondelange.**

LaM	Mâles		LaM	Femelles	
	AaM	IGS (%)		AaM	IGS (%)
67.5	1.7	1.6	72.9	2.1	8.5

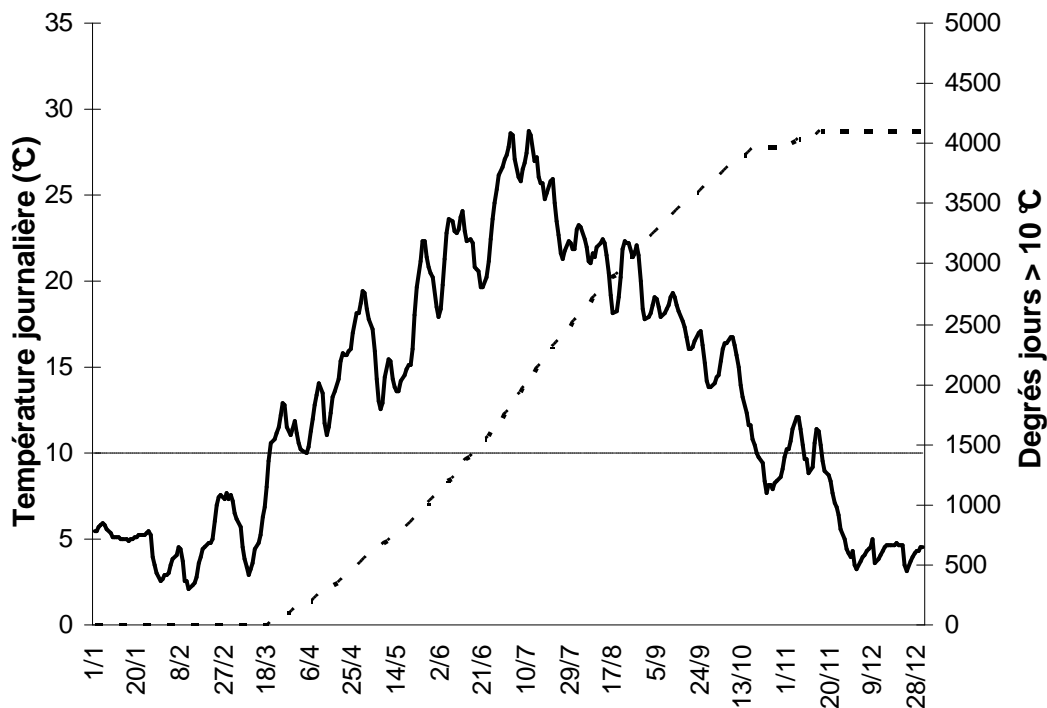
Environ 20 % d'adultes sont répertoriés chez les femelles dès l'âge d'un an, mais quelques individus restent immatures à 2 et 3 ans. Chez les mâles, la proportion d'adultes plus importantes chez les jeunes d'un an (environ 40 %), mais quelques individus restent immatures à 2 ans et tous les autres à partir de cet âge ont un développement sexuel (Figure

13) (exception faite d'un individu à l'âge de 4 ans, mais ceci peut être due à une erreur). L'âge de maturité chez les mâles est nettement inférieur à celui des femelles, 1.7 et 2.1 respectivement, ainsi que la taille à maturité (67.5 mm et 72.9 mm respectivement). L'IGS moyen des femelles atteint en juin est de 8.5 % et chez les mâles, la valeur atteinte est de 1.6 % (Tableau 4).

### 3.1.3 Argancy

#### *Régime thermique*

Dans la gravière d'Argancy, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 2.1 °C à 28.7°C avec une moyenne de 13.3°C. La période d'activité physiologique, période au-delà de 10 °C, se situe entre le 20 mars et le 20 octobre. Cependant on peut constater une augmentation de la température au mois de novembre et décembre, lorsque la température atteint plus de 10 °C. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 225 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 4098 °C (Figure 14).



**Figure 14. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière d'Argancy en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).**

*Taille à la capture et aux différents hivers*

**Tableau 5. Distribution des effectifs totaux à Argancy suivant la longueur à l'hiver (LH mm) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)**

a)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	40						
40	102						
50	52	15					
60		23					
70		24	4				
80			10				
90			7	4			
100			1	7	2		
110				2	1	1	
120							
130					1		
140							
150							

b)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	21						
40	33						
50	19	4					
60		8					
70		9	1				
80			4				
90			3	1			
100			1	4			
110				2	1		
120							
130					1		
140							
150							

c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	19						
40	69						
50	33	11					
60		15					
70		15	3				
80			6				
90			4	3			
100				2	2		
110							
120							
130							
140							
150							

Dans la gravière d'Argancy, au total 241 poissons ont été capturés dont la majorité sont des jeunes d'un an, le mode dominant se situant entre 50 et 60 mm chez les deux sexes (Tableau 5, Annexe E). Le plus petit individu mesure près de 40 mm et le plus grand près de 130 mm. On peut s'apercevoir d'un déficit de femelles et de mâles à partir de 3 ans et les individus les plus âgés ont 5 ans. La distribution des tailles à l'hiver est assez semblable chez les deux sexes. Le mode de la taille au premier hiver se situe aux alentours de 40 mm, celui à l'hiver 2 entre 60 et 70 mm, à l'hiver 3 aux alentours de 80 mm et à l'hiver 4 à 110 mm (Tableau 5, Figure 15, Annexe E).

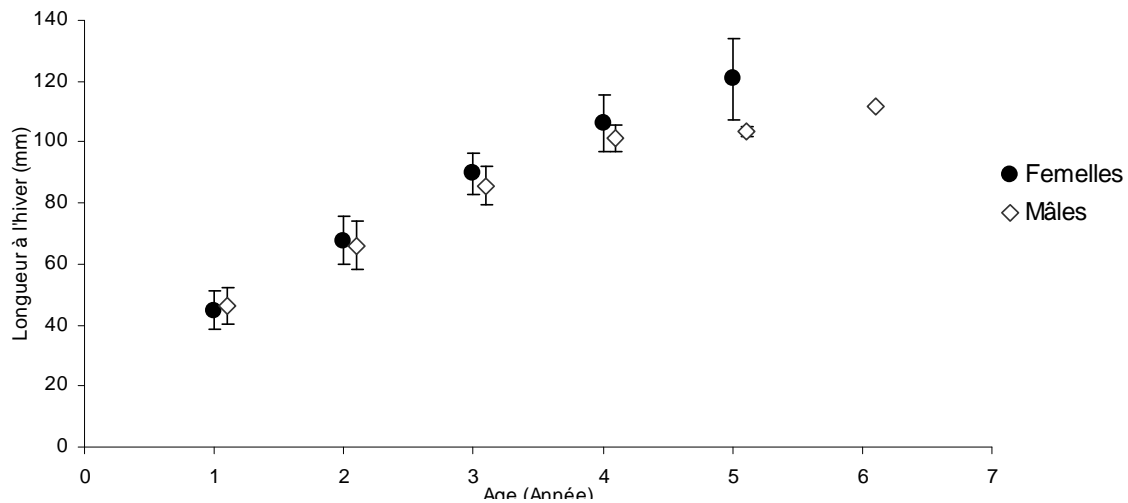


Figure 15. Longueur moyenne des individus à Argancy ( $\pm$  écart-type) selon le sexe à l'hiver

### Développement sexuel

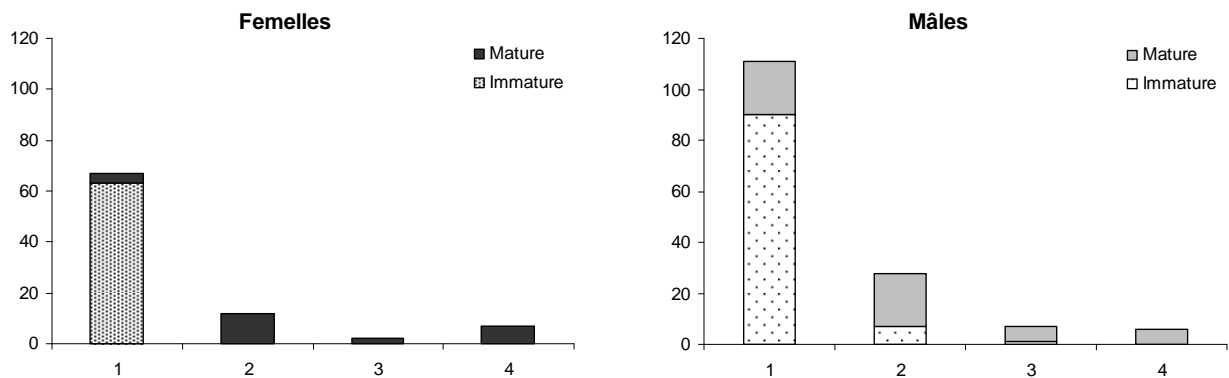


Figure 16. Distribution des effectifs à Argancy selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus

Tableau 6. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière d'Argancy.

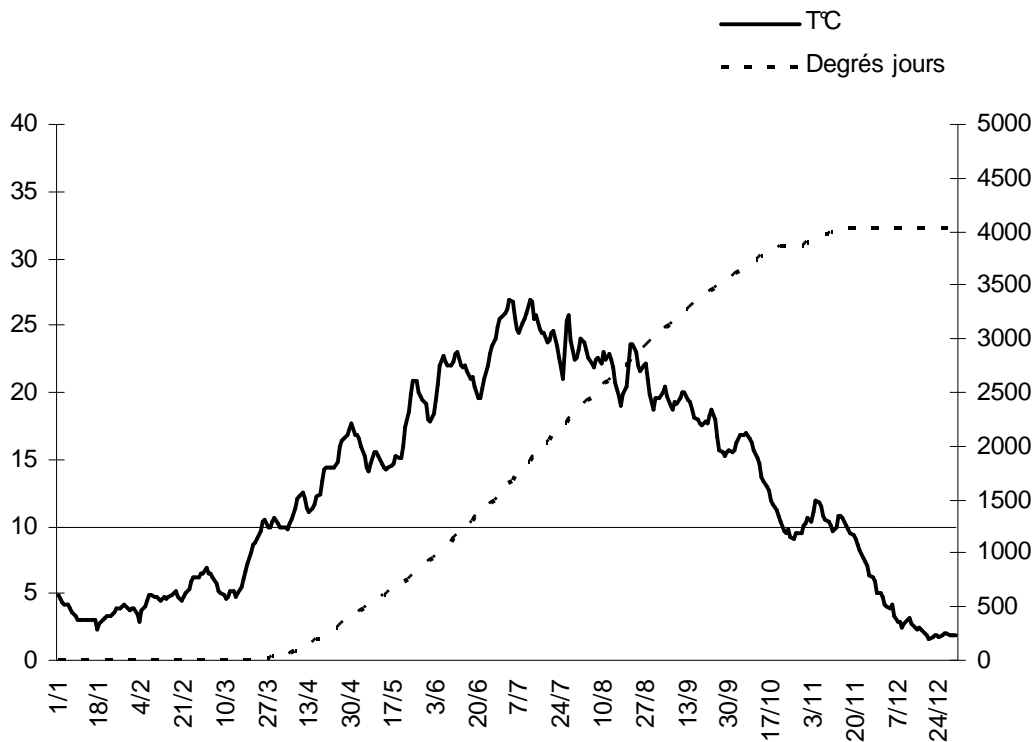
	Mâles			Femelles		
LaM	AaM	IGS (%)	LaM	AaM	IGS (%)	
78.3	2.2	1.7	73.7	1.9	8.2	

Peu de poissons sont adultes dès l'âge d'un an chez les femelles mais à partir deux ans tous les individus ont un développement sexuel (Figure 16). Chez les mâles, la proportion des adultes est plus importante chez les individus âgés d'un an, mais on retrouve des individus qui n'ont pas de développement sexuel à l'âge de 2 ans et de 3. L'âge à maturité et la taille à

maturité des mâles sont donc supérieurs à ceux des femelles. Les femelles ont un IGS moyen de 8,2 % tandis que les mâles ont un IGS de 1,7 % au mois de juin (Tableau 6).

### 3.1.4. Gravière La Maxe

#### *Régime thermique*



**Figure 17. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière La Maxe en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).**

Dans la gravière de La Maxe, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 1.6 °C à 27.0°C avec une moyenne de 13.1°C. La période d'activité physiologique se situe entre le 5 avril et le 24 octobre, avec cependant quelque jour au mois de novembre où le seuil d'activité physiologique est de nouveau atteint. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 221 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 4035 °C (Figure 17).

#### *Taille à la capture et taille à l'hiver*

Dans la gravière La Maxe, au total, 262 poissons ont été capturés dont la majorité sont des jeunes d'un an (mâles et femelles) et des mâles de deux ans (Annexe F). Le plus petit

individu mesure près de 30 mm et le plus grand près de 120 mm. A partir de 2 ans chez les femelles, seulement 23 individus ont été capturés, et chez les mâles, le manque d'effectifs est observable à partir de 3 ans. Les individus les plus âgés dans cette gravière n'ont que 4 ans. Chez les deux sexes, le mode de la taille au premier hiver se situe entre 30 et 40 mm, celui à l'hiver 2 aux alentours de 70 mm et à l'hiver 3 aux alentours de entre 90 mm. La distribution des tailles aux différents hivers est homogène suivant les deux sexes (Tableau 7, Figure 18).

**Tableau 7. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de La Maxe suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)**

a)

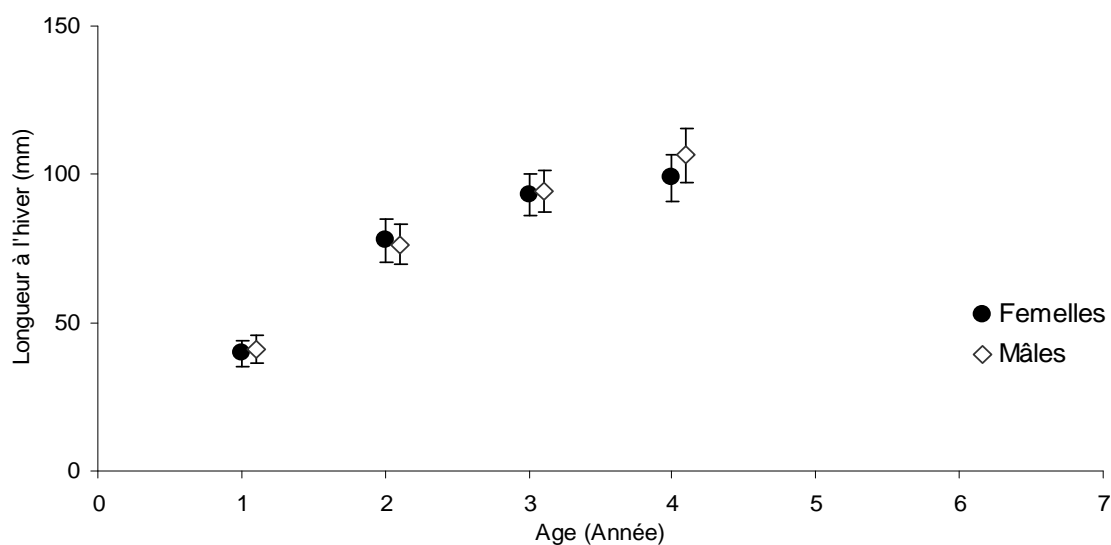
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	1						
30	129						
40	121						
50	8						
60		16					
70		61					
80		27	8				
90		3	19	3			
100			6	3			
110				2			
120							
130							
140							
150							

b)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	1						
30	56						
40	35						
50	3						
60		3					
70		12					
80		7	2				
90		1	4	1			
100			2	1			
110							
120							
130							
140							
150							

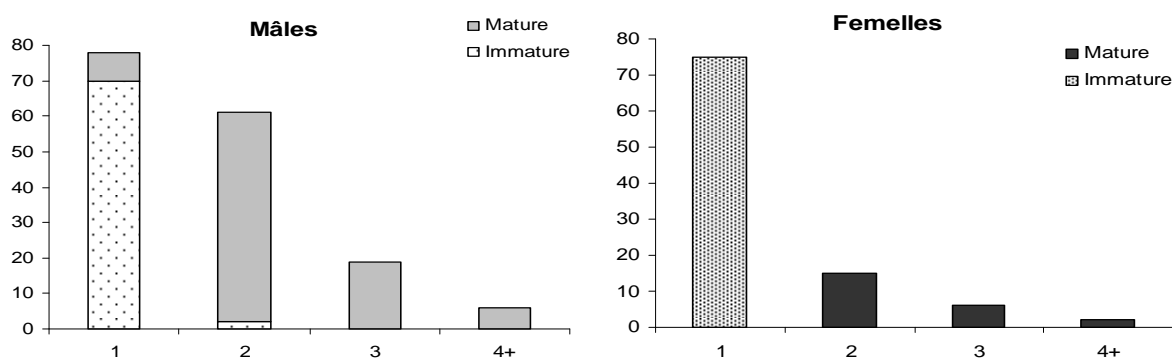
c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	73						
40	86						
50	5						
60		14					
70		49					
80		20	6				
90		2	15	2			
100			4	2			
110				2			
120							
130							
140							
150							



**Figure 18. Longueur moyenne des individus dans la gravière La Maxe ( $\pm$  écart-type) selon le sexe à l'hiver**

### *Développement sexuel*



**Figure 19. Distribution des effectifs dans la gravière La Maxe selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus**

**Tableau 8. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière La Maxe.**

LaM	Mâles		LaM	Femelles	
	AaM	IGS (%)		AaM	IGS (%)
80.5	1.9	2.1	80.0	2.0	8.6

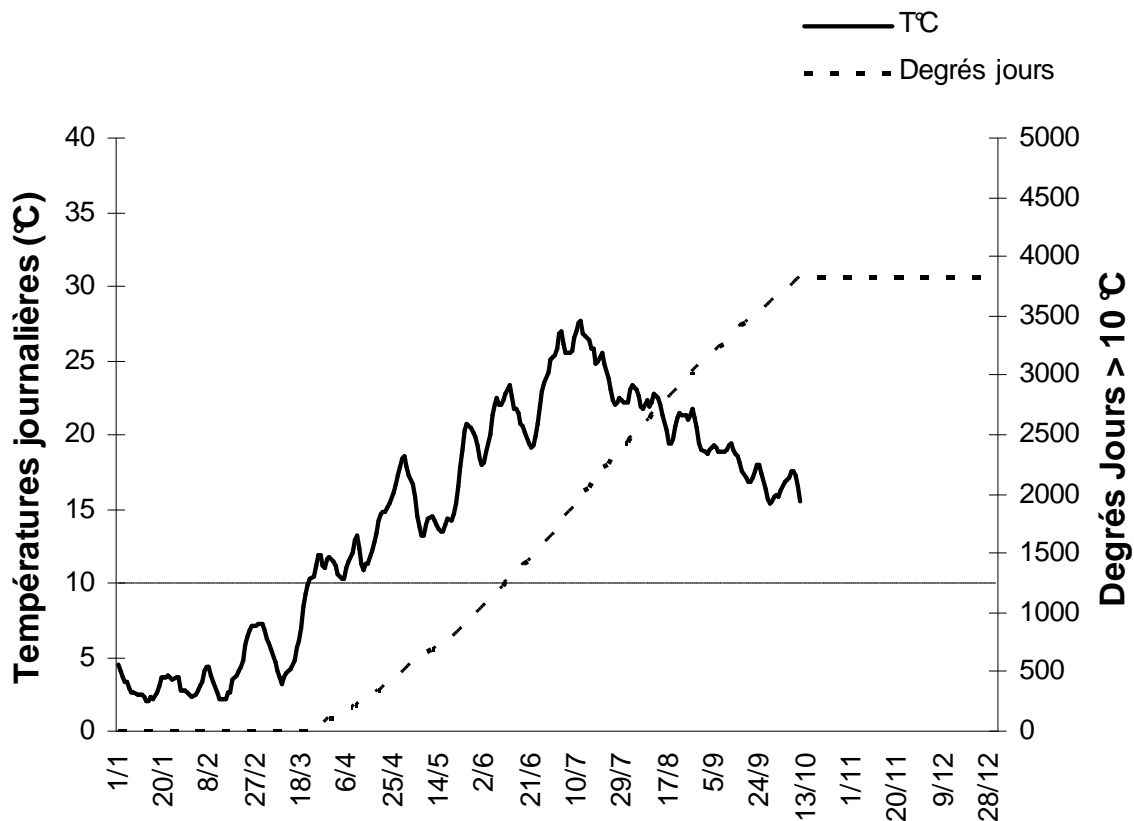
Toutes les femelles d'un an sont immatures, puis à partir de la deuxième année, elles deviennent toutes adultes. Chez les mâles à l'âge d'un an, environ 15 % des individus sont matures. Quelques mâles sont encore immatures à l'âge de deux ans, et les individus plus âgés ont tous un développement sexuel (Figure 19). L'âge à maturité et la taille à maturité sont à

peu prés similaires chez les deux sexes. L'IGS moyen des femelles atteint en juin est de 8.6 % et chez les mâles, la valeur atteinte est de 2.1 % (Tableau 8).

### 3.1.5. Canal de Jouy-aux-Arches

#### *Régime thermique*

Dans le canal de Jouy-aux-Arches, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 2.1 °C à 27.6°C avec une moyenne de 14.6°C. Cependant, les relevés de températures s'arrêtent au 11 octobre du à des problèmes techniques. La période d'activité physiologique commence à partir du 22 mars (Figure 20).



**Figure 20.** Evolution des températures journalières (°C) dans le Canal de Jouy-Aux-Arches en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction). Les relevés de la température s'arrêtent à partir de la mi-octobre, d'où l'arrêt de l'augmentation des degrés jours.

### Taille à la capture et taille à l'hiver

Dans le canal de Jouy-aux-Arches, les effectifs sont faibles, seulement 40 poissons ont été capturés dont la majorité sont des jeunes d'un an et des individus de 4 ans et plus (Annexe G). Le plus petit individu mesure près de 50 mm et le plus grand près de 130 mm. Il y a un net déficit d'individus de deux ans, puisque seulement 2 femelles ont été capturés et aucun mâle. Les femelles sont moins âgées que les mâles puisqu'elles atteignent seulement 4 ans, alors que chez les mâles trois individus ont 5 ans et un mâle a même 6 années. Chez les deux sexes, le mode de la taille au premier hiver se situe aux alentours de 40 mm, celui à l'hiver 2 aux alentours de 70 mm, à l'hiver 3 entre 90 et 100 mm et à l'hiver 4 entre 100 et 110 mm (Tableau 9, Figure 21). On peut s'apercevoir que les mâles ont une croissance plus rapide que les femelles et atteignent donc des tailles aux différents hivers un peu plus grandes que celles des femelles (Figure 21).

**Tableau 9. Distribution des effectifs totaux dans le canal de Jouy-aux-Arches suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)**

a)

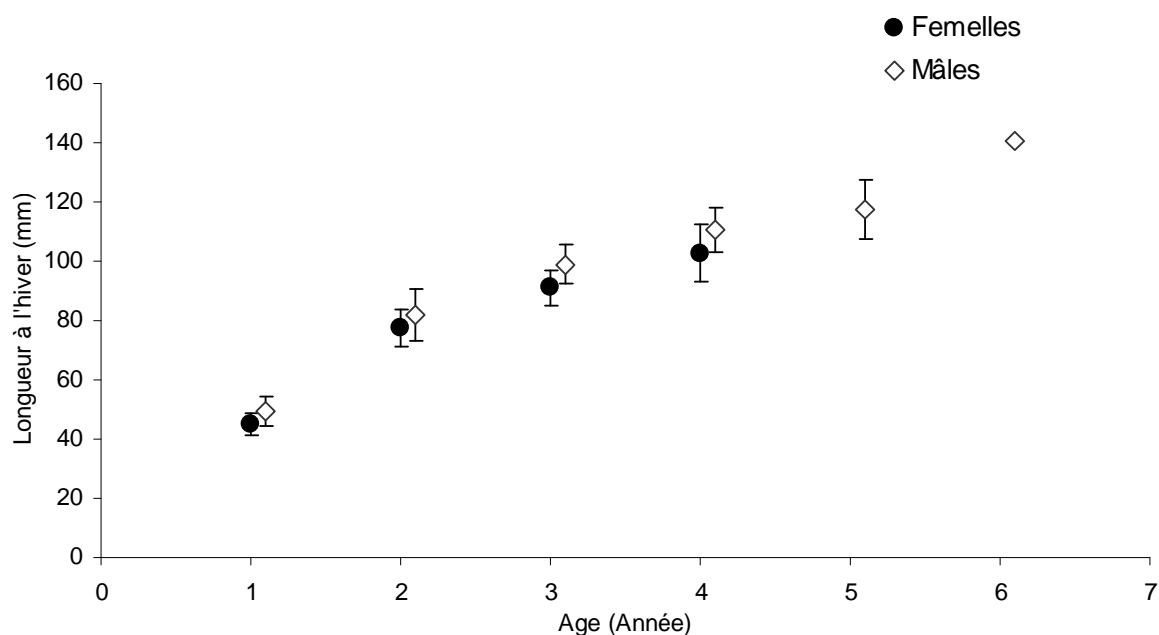
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	1						
40	32						
50	6						
60	1	3					
70		13					
80		6	7				
90		2	9	3			
100			6	5	1		
110				5	2		
120				1	1		
130					1		
140						1	
150							

b)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	1						
40	18						
50	3						
60		2					
70		8					
80		3	5				
90			5	2			
100			1	2			
110				1			
120							
130							
140							
150							

c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30							
40	14						
50	3						
60	1	1					
70		5					
80		3	2				
90		2	4	1			
100			5	3	1		
110				4	2		
120				1	1		
130					1		
140							1
150							



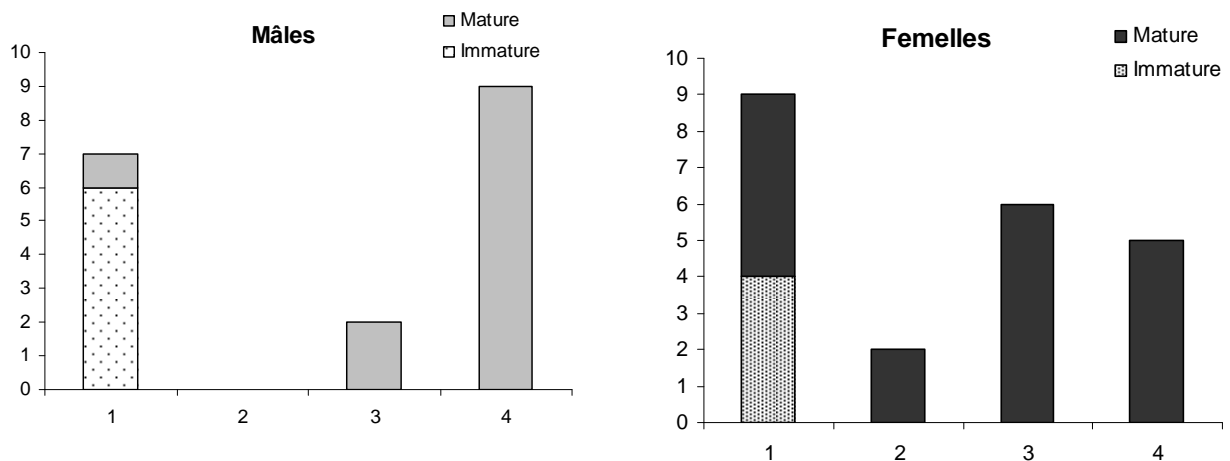
**Figure 21. Longueur moyenne des individus au Canal de Jouy ( $\pm$  écart-type) selon le sexe à l'hiver**

### *Développement sexuel*

Plus de 50 % des femelles sont adultes dès l'âge d'un an et à partir deux ans toutes les femelles ont un développement sexuel (Figure 22). Chez les mâles, la proportion des adultes est moins importante chez les individus âgés d'un an, et les individus plus âgés ont tous un développement sexuel. Les femelles ont un âge de maturité nettement plus faible (1.4) que les mâles (2.9) et on aussi une longueur à maturité beaucoup plus faible (65 mm pour 100 mm chez les mâles). L'IGS moyen chez les femelles est de 5.6 % et chez les mâles il est de 1.7 % (Tableau 10).

**Tableau 10. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans le canal de Jouy-aux-Arches.**

	Mâles			Femelles		
LaM	AaM	IGS (%)	LaM	AaM	IGS (%)	
100	2.9	1.7	65.0	1.4	5.6	



**Figure 22. Distribution des effectifs au Canal de Jouy-aux-Arches selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus**

### 3.1.6. Le bras mort de Pont-à-Mousson

#### *Régime thermique*

Aucune sonde n'a été installée dans le bras mort de Pont-à-Mousson, c'est pour cela qu'aucune donnée concernant la température et les degrés jours ne peut être communiquée.

#### *Taille à capture et taille à l'hiver*

Dans le bras mort de Pont-à-Mousson, seule une campagne en juin 2010 a été effectuée, on ne peut donc voir l'évolution de la croissance marginale mensuelle dans ce site pour les différents mois. Au total, seulement 20 poissons ont été capturés, le plus petit individu mesurant près de 50 mm et le plus grand près de 160 mm (Annexe H). Les individus les plus âgés ont respectivement chez les femelles et chez les mâles 3 et 5 ans. Aucun mode ne peut être distinct puisqu'il n'y a pas assez d'individus. Cependant la distribution des tailles aux différents hivers est assez étalée, notamment chez les mâles au deuxième hiver, puisque les individus peuvent mesurer de 50 à 100 mm (Tableau 11, Figure 23).

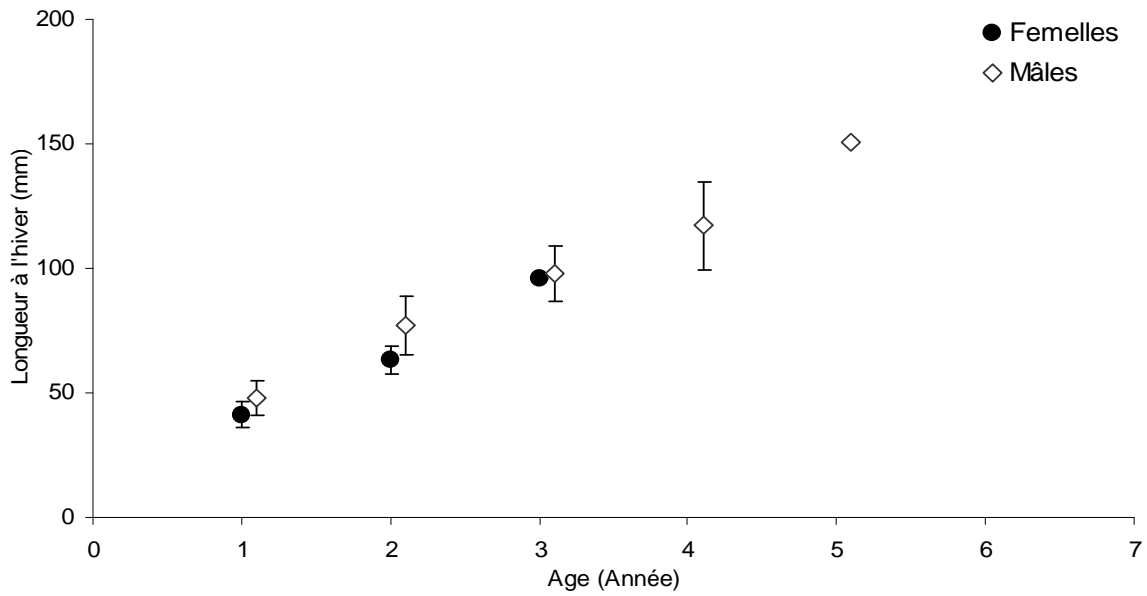


Figure 23. Longueur moyenne des individus dans le bras mort de Pont-à-Mousson ( $\pm$  écart-type) selon le sexe à l'hiver

Tableau 11. Distribution des effectifs totaux dans le bras mort de Pont-à-Mousson suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)

a)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	5						
40	11						
50	4	4					
60		4					
70		4					
80		3	2				
90			4	1			
100		1	2				
110			1	1			
120				1			
130				1			
140							
150					1		

b)

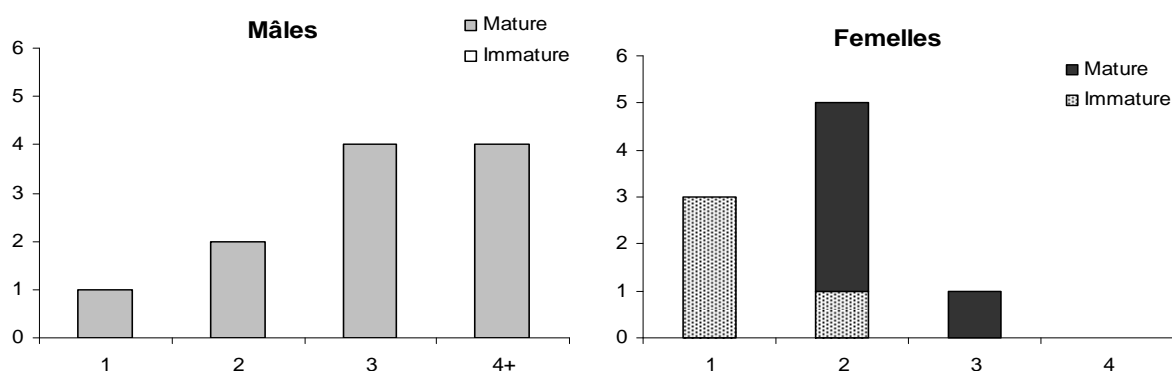
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	4						
40	5						
50		3					
60		2					
70		1					
80							
90			1				
100							
110							
120							
130							
140							
150							

c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	1						
40	6						
50	4	1					
60		2					
70		3					
80		3	2				
90			3	1			
100		1	2				
110			1	1			
120				1			
130				1			
140							
150						1	

## Développement sexuel

Toutes les femelles à l'âge d'un an et un individu à l'âge de deux ans sont immatures, les autres ayant un développement sexuel. Chez les mâles, tous les poissons capturés sont adultes (Figure 24). L'âge à maturité des mâles est très nettement inférieur à celui des femelles (1 an pour 2.2 respectivement) et la taille à maturité est aussi plus faible (70 et 73.3 respectivement). L'IGS moyen des femelles atteint en juin est de 7.1 % et chez les mâles, la valeur atteinte est de 1.9 % (Tableau 12).



**Figure 24. Fig. Distribution des effectifs dans le bras mort de Pont-à-Mousson selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus**

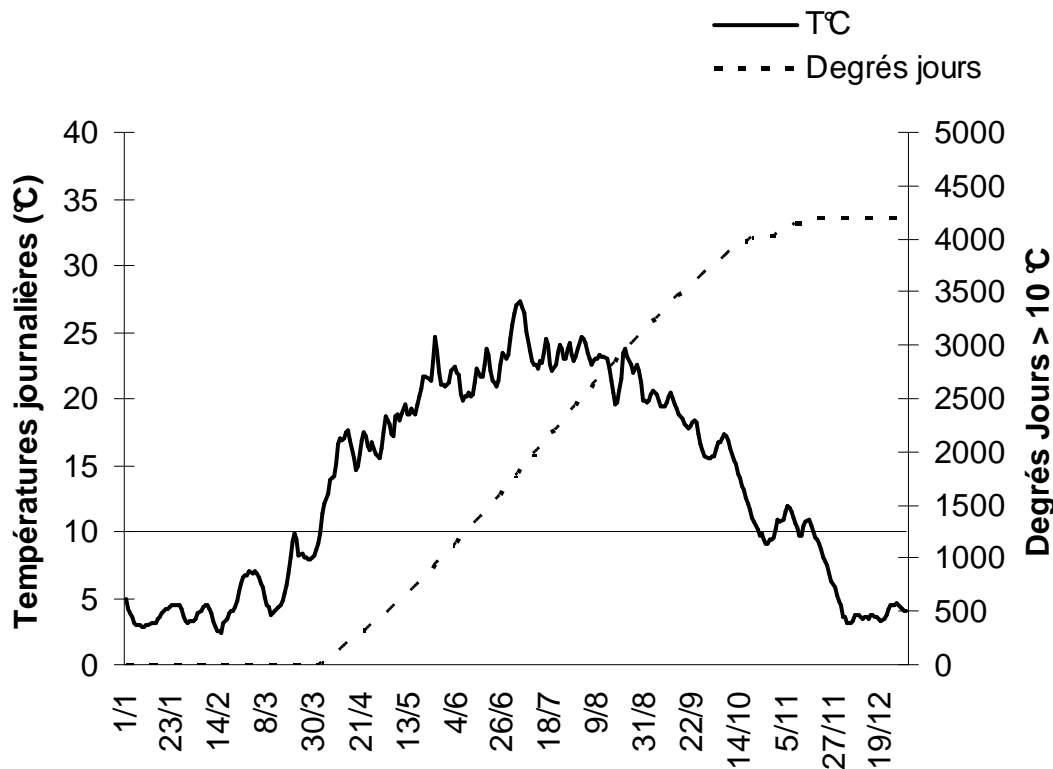
**Tableau 12. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans le bras mort de Pont-à-Mousson**

	Mâles			Femelles		
LaM	AaM	IGS (%)	LaM	AaM	IGS (%)	
70	1	1.9	73.3	2.2	7.1	

### 3.1.7. La gravière de Pont-à-Mousson

#### Régime thermique

Dans la gravière de Mondelange, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 2.4 °C à 27.3°C avec une moyenne de 13.6°C. La période d'activité physiologique se situe entre le 3 avril et le 19 novembre, avec cependant quelque jour au mois d'octobre où le seuil d'activité physiologique n'est plus atteint. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 219 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 4200 °C (Figure 25).



**Figure 25. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière de Mondelange en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).**

#### *Taille à la capture et taille à l'hiver*

La distribution des tailles suivant les différents mois de captures sont en Annexe I2. Dans la gravière de Pont-à-Mousson, au total de 297 poissons ont été capturés en été 2009 et 2010 dont la majorité sont des jeunes d'un an et des mâles âgés de plus de 4 ans (fig.). Le plus petit individu mesure près de 40 mm et le plus grand près de 140 mm. Les individus les plus âgés chez les deux sexes ont 6 ans (Annexe I1). La répartition des tailles aux différents hivers est assez homogène pour les deux sexes. Le mode de la taille au premier hiver se situe entre 40 et 50 mm, celui à l'hiver 2 entre 60 et 70 mm et à l'hiver 3 entre 80 et 90 mm. On peut s'apercevoir que les femelles ont une croissance plus rapide que les mâles à partir du quatrième hiver et atteignent donc des tailles plus importantes par la suite. A l'hiver 4, le mode des mâles se situe entre 90 et 100 mm, alors que chez les femelles, le mode serait plutôt aux alentours de 100 mm. A l'hiver 5, le mode des mâles est aux alentours de 100 mm, celui des femelles aux alentours de 110 mm (Tableau 13, Figure 26).

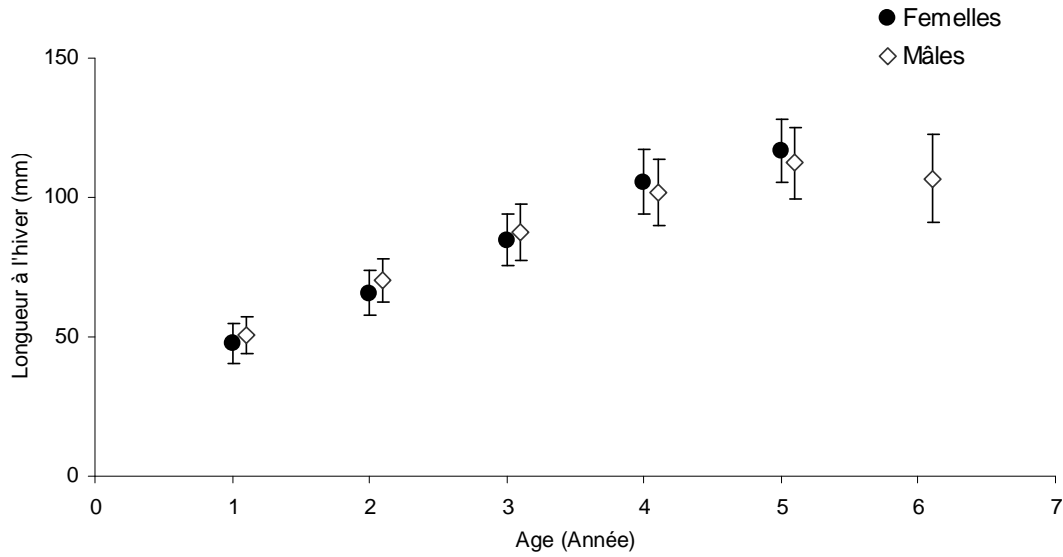


Figure 26. Longueur moyenne des individus dans la gravière de Pont-à-Mousson ( $\pm$  écart-type) selon le sexe, et l'âge à l'hiver (tous mois confondus)

Tableau 13. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Pont-à-Mousson suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)

a)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	1						
30	58						
40	208						
50	247	23					
60	59	129	2				
70		100	50	1			
80		44	70	15			
90		5	59	36	4		
100			26	52	15	2	
110			3	26	17	4	
120				6	10	2	
130					1		
140							
150							

b)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	1						
30	29						
40	87						
50	112	13					
60	26	38					
70		38	14				
80		27	24	1			
90		1	23	8			
100			13	24	4		
110				9	9	3	
120				1	2	2	
130							
140							
150							

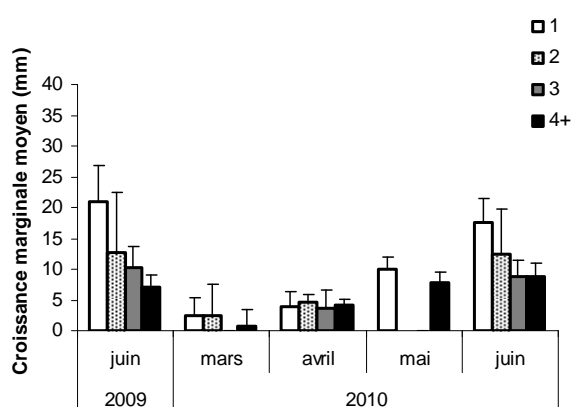
c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	29						
40	121						
50	135	10					
60	33	91	2				
70		62	36	1			
80		17	46	14			
90		4	46	28	4		
100			13	28	11	2	
110			3	17	8	1	
120				5	8		
130					1		
140							
150							

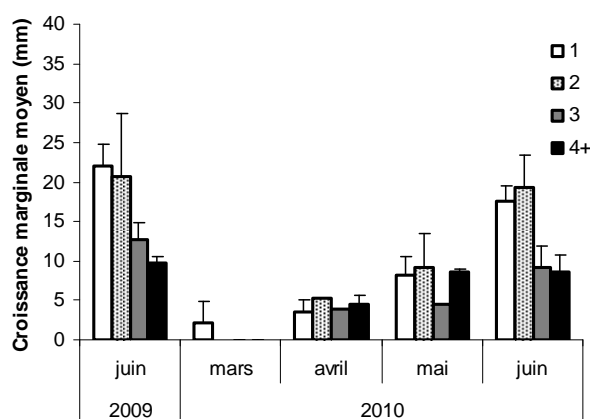
## Croissance marginale

La croissance marginale des individus débute en mars, puis augmente avec le temps. Le gain de croissance des individus âgés d'un hiver est très importante comparé aux individus plus âgés, et c'est en juin 2009 que les valeurs sont les plus fortes, avec un gain de croissance dépassant les 20 mm en moyenne. La croissance des mâles et des femelles est assez similaire (Figure 27).

a)



b)



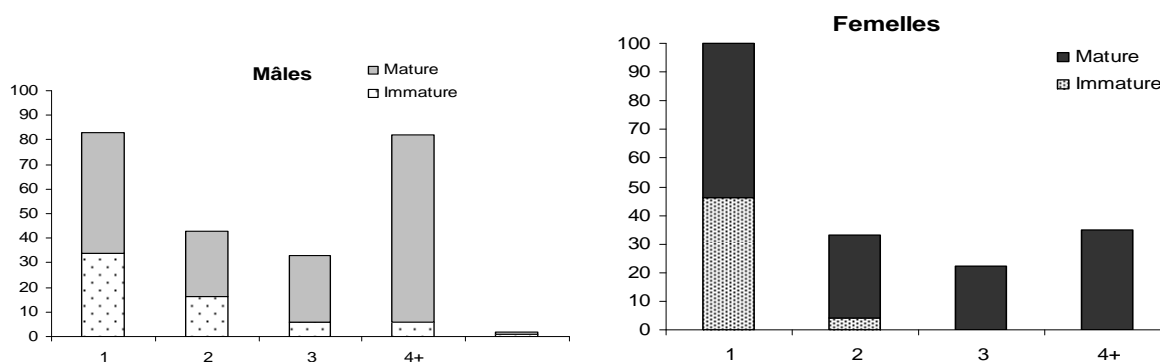
**Figure 27. Croissance marginale moyenne (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm  $\pm$  écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans la gravière de Pont-à-Mousson et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b)**

## Développement sexuel

Chez les individus d'un an (femelles et mâles confondus), près de 55 % des individus sont adultes. Quelques femelles restent immatures à l'âge de 2 ans, mais toutes les autres à partir de cet âge ont un développement sexuel (Figure 28). Chez les mâles, la proportion d'immatures est très importante puisqu'on retrouve près de 35 % d'individus immatures à l'âge 2, 20 % à l'âge 3, et 10 % pour les individus les plus âgés. Ainsi l'âge à maturité et la taille à maturité des mâles sont supérieurs à celui des femelles. L'IGS moyen des femelles atteint en juin est de 7.8 % et chez les mâles, la valeur atteinte est de 1.6 % (Tableau 14).

**Tableau 14. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière d'Argancy.**

LaM	Mâles AaM	IGS (%)	LaM	Femelles AaM	IGS (%)
68.7	1.9	1.6	67.6	1.4	7.8

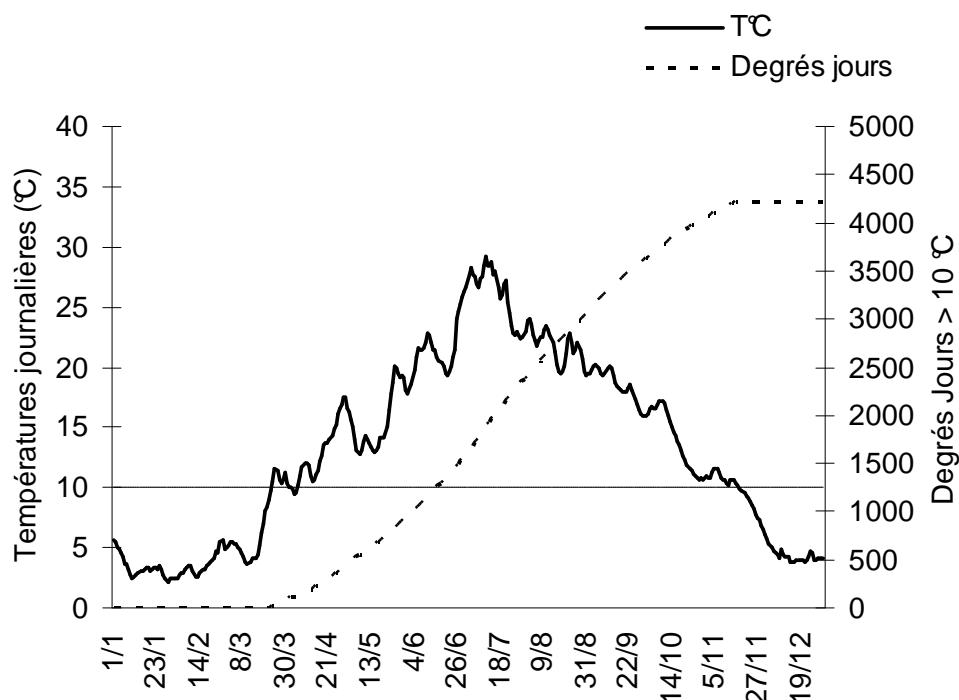


**Figure 28. Distribution des effectifs dans la gravière de Pont-à-Mousson selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus (tous mois confondus)**

### 3.1.8. Châtel-sur-Moselle

#### *Régime thermique*

Dans la gravière de Châtel-sur-Moselle, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 2.2°C à 29.3°C avec une moyenne de 13.2°C. La période d'activité physiologique se situe entre le 6 avril et le 20 novembre. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 236 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 4225 °C (Figure 29).



**Figure 29. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière de Châtel-sur-Moselle en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction)**

#### *Taille à la capture et taille à l'hiver*

Dans la gravière de Châtel-sur-Moselle, au total, 315 poissons ont été capturés dont la majorité sont des jeunes d'un an et des individus de quatre ans et plus (Annexe J). Le plus petit individu mesure près de 30 mm et le plus grand près de 140 mm. Il y a un net déficit d'individus de deux ans, puisque seulement 7 femelles ont été capturés et 4 mâles. Les individus les plus âgés ont 6 ans et seul une femelle a atteint cet âge pour 4 mâles. Chez les deux sexes, le mode de la taille au premier hiver se situe entre 30 et 40 mm, celui à l'hiver 2 aux alentours de 60 mm et à l'hiver 3 entre 70 et 80 mm. On peut s'apercevoir que les mâles ont une croissance plus rapide que les femelles à partir du troisième hiver et atteignent donc des tailles plus importantes par la suite. A l'hiver 4, le mode des mâles se situe entre 80 et 90 mm, alors que chez les femelles, le mode serait plutôt aux alentours de 80 mm. A l'hiver 5, le mode des mâles est aux alentours de 90 mm, celui des femelles entre 80 et 90 mm, cependant les mâles atteignent très nettement de plus grandes tailles (Tableau 15, Figure 30).

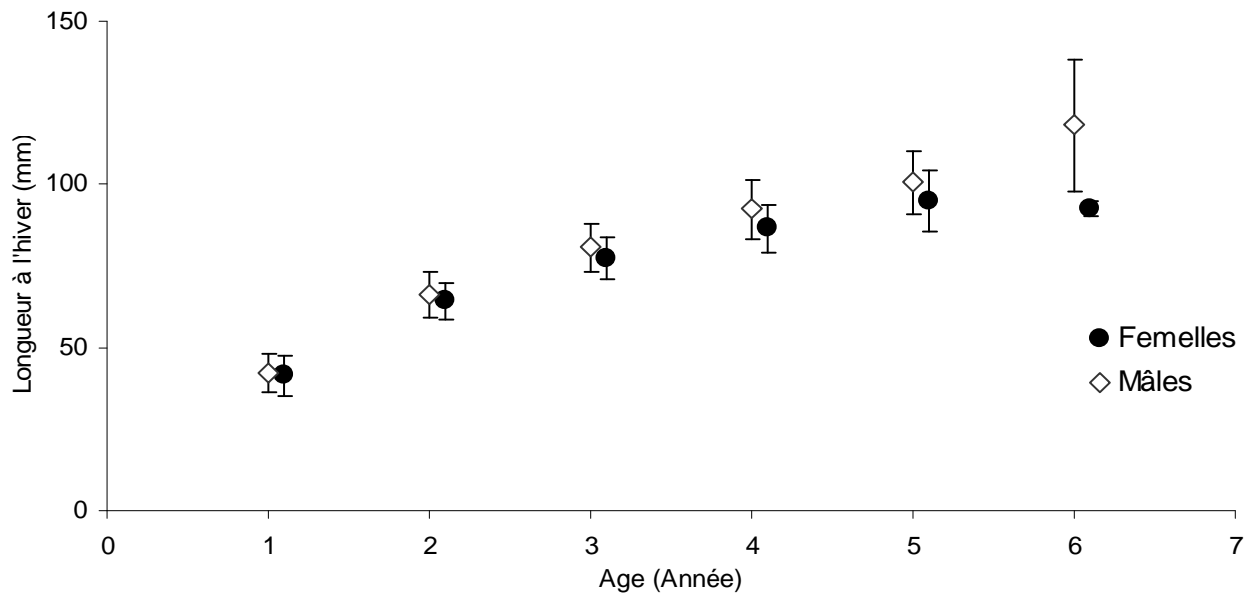


Figure 30. Longueur moyenne des individus à Châtel-sur-Moselle ( $\pm$  écart-type) selon le sexe à l'hiver

Tableau 15. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Châtel-sur-Moselle suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)

a)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	2						
30	136						
40	147						
50	28	28					
60	2	103	13				
70		35	78	12			
80		3	57	50	14		
90		1	9	39	32		
100			2	13	12	3	
110				3	4	1	
120				1	4		
130							
140						2	
150							

b)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	1						
30	78						
40	62						
50	15	13					
60		51	7				
70		13	43	10			
80			18	24	11		
90			2	9	14	2	
100				3	4		
110					1		
120					1		
130							
140							
150							

c)

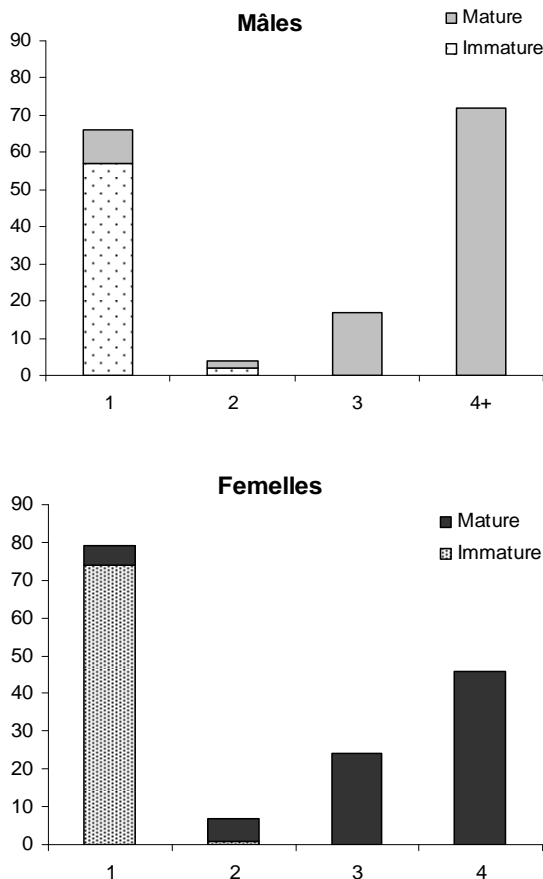
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20	1						
30	58						
40	85						
50	13	15					
60	2	52	6				
70		22	35	2			
80		3	39	26	3		
90		1	7	30	18	1	
100			2	10	8	1	
110				3	3		
120				1	3	2	
130							
140							
150							

## Développement sexuel

Peu de femelles et de mâles sont adultes dès l'âge d'un an. Un seul individu n'est pas adulte à l'âge d'un an, et tous les autres à partir de cet âge ont un développement sexuel (Figure 31). Chez les mâles, environ 50 % des individus sont encore immatures à l'âge de deux ans, et les individus plus âgés ont tous un développement sexuel. L'âge de maturité et la taille de maturité sont un peu près équivalent que ça soit chez les femelles et chez les mâles (Tableau 16). L'IGS moyen des femelles atteint en juin est de 8.4 % et chez les mâles, la valeur atteinte est de 2.9 %.

**Tableau 16. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Châtel-sur-Moselle.**

Mâles			Femelles		
LaM	AaM	IGS (%)	LaM	AaM	IGS (%)
73	2.4	2.9	73.9	2.1	8.4

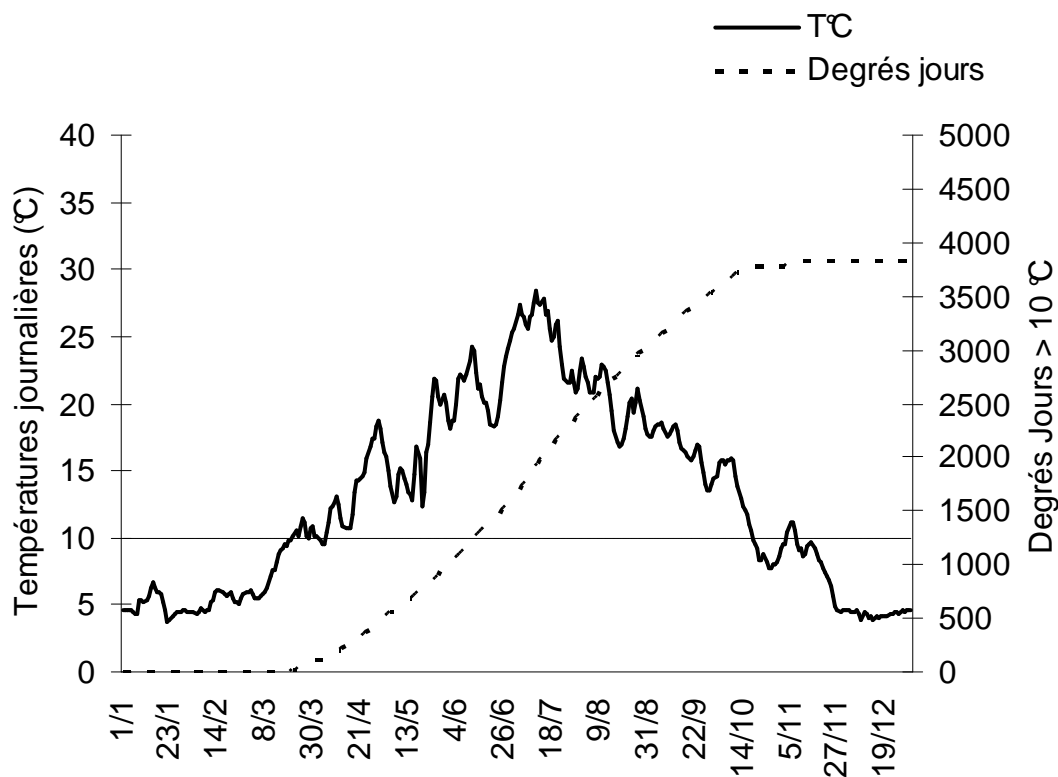


**Figure 31. Distribution des effectifs à Châtel-sur-Moselle selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus**

### 3.1.9. Saint-Nabord

#### Régime thermique

Dans la gravière de Saint-Nabord, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 3.8 °C à 28.4°C avec une moyenne de 13.0°C. La période d'activité physiologique se situe entre le 5 avril et le 21 octobre, avec cependant quelque jour au mois de novembre où le seuil d'activité physiologique est de nouveau atteint. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 212 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 3824 °C (Figure 35).



**Figure 32. Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière de Saint-Nabord en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).**

#### Taille à la capture et taille à l'hiver

La distribution des individus suivant la taille à la capture et les différents mois de capture se trouve en Annexe K2. Dans la gravière de Saint-Nabord, aucun poisson de mars n'a été capturé. Au total, 314 poissons ont été capturés en été 2009 et 2010 dont la majorité sont des

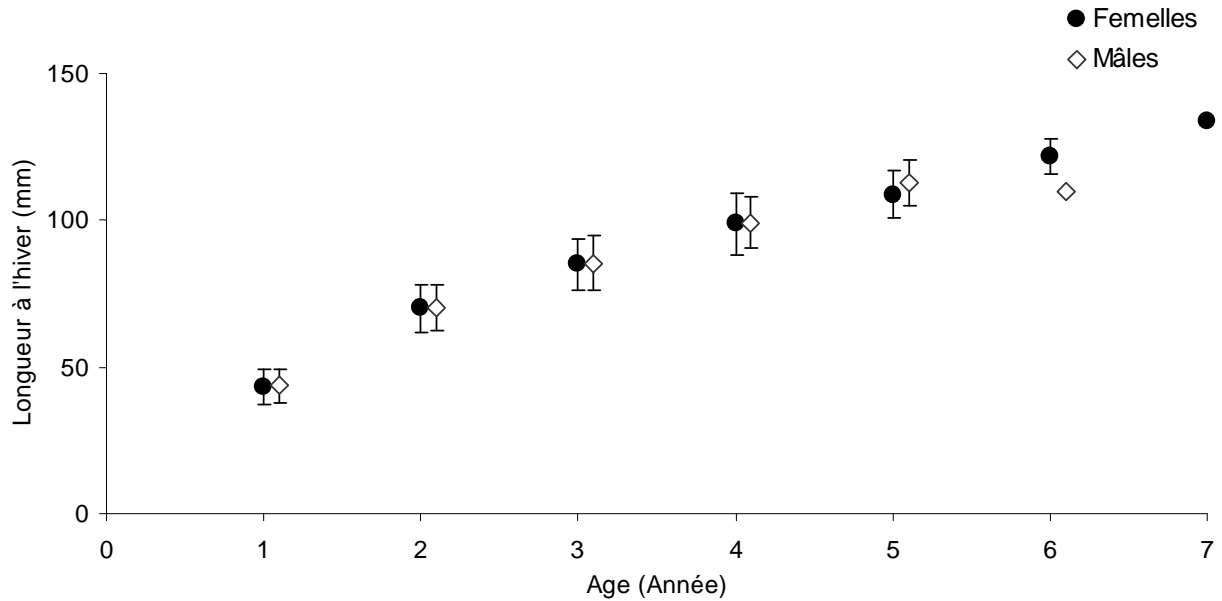


Figure 33. Longueur moyenne des individus à Saint-Nabord ( $\pm$  écart-type) selon le sexe, et l'âge à l'hiver (tous mois confondus)

Tableau 17. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Saint-Nabord suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)

a)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	149						
40	252						
50	70	24					
60		111					
70		100	3				
80		27	58	13			
90		2	69	31	4		
100			33	27	5	1	
110			16	7	9	1	1
120				1	2	3	
130							
140							
150							

b)

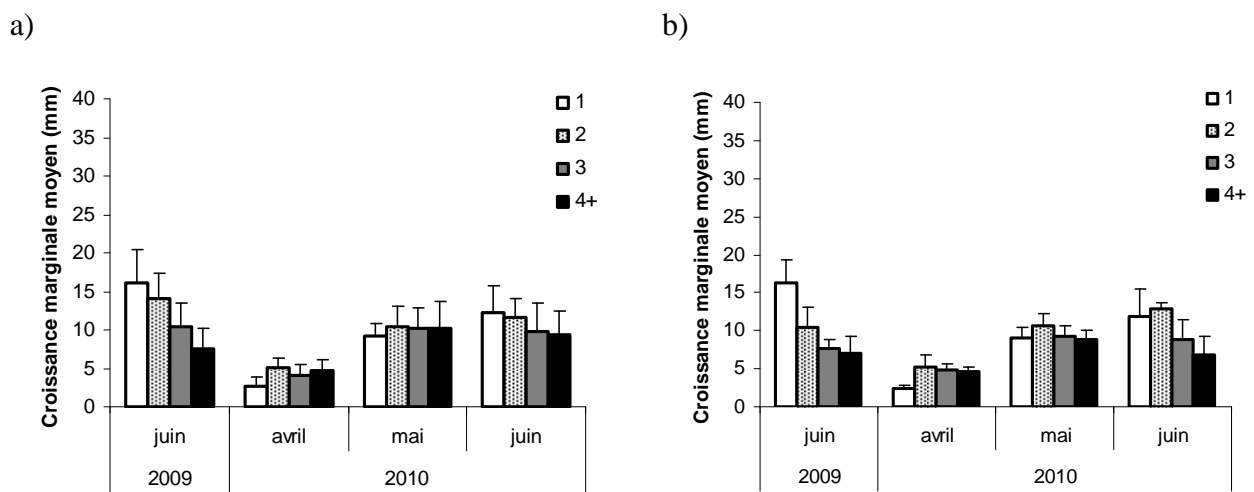
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	69						
40	94						
50	27	9					
60		38	1				
70		28	17				
80		9	22	5			
90		2	12	11	2		
100			4	6	4		
110				3	3	1	
120				1	1	3	
130							1
140							
150							

c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	80						
40	158						
50	43	15					
60		73	2				
70		72	41				
80		18	47	8			
90			21	20	1		
100			12	21	1	1	
110				4	6		
120					1		
130							
140							
150							

jeunes d'un an (Annexe K1). Le plus petit individu mesure près de 30 mm et le plus grand près de 130 mm. Il y a un net déficit de femelles de 2 et 3 ans puisque seulement 18 poissons ont été capturés pour ces deux catégories. Les femelles et les mâles les plus âgés ont respectivement 7 et 6 ans. Chez les deux sexes, les tailles à l'hiver sont assez similaires, le mode de la taille au premier hiver se situe entre 30 et 40 mm, celui à l'hiver 2 entre 60 mm et 70 mm, à l'hiver 3 entre 70 et 80 mm, et à l'hiver 4 entre 90 et 100 mm. (Tableau 17, Figure 32).

### *Croissance marginale*

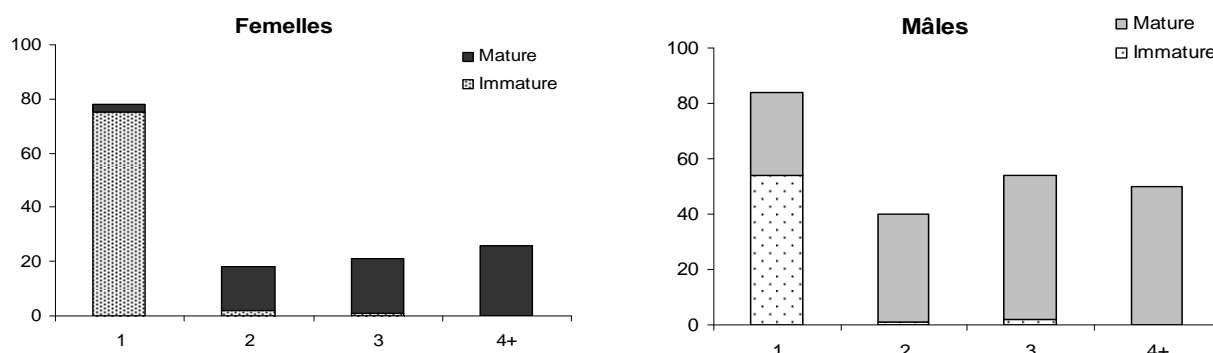


**Figure 34. Croissance marginale (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm  $\pm$  écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans la gravière de Saint-Nabord et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b)**

Aucun poisson n'a été capturé en mars 2010 à cause des conditions climatiques. On ne peut dire si la croissance débute à partir d'avril ou un peu plus tôt dans ce site. Par la suite, la croissance augmente pour chaque âges suivant les différents mois. En 2010, on n'observe pas de différence nette de la croissance entre tous les individus pour le mois de mai. En 2009, la croissance des individus les plus jeunes atteint la plus forte valeur moyenne (plus de 15 mm). On n'observe pas de différence marquée entre la croissance des mâles et celle des femelles (Figure 34).

## Développement sexuel

Chez les mâles, près de 40 % des jeunes d'un an sont adultes, et la proportion des femelles adultes à l'âge d'un an est plus faible comparée à celle des mâles pour le même âge. A partir de 2 ans chez les deux sexes la quasi-totalité des individus ont un développement sexuel (exception fait de quelques individus) (Figure 35). L'âge de maturité chez les femelles est très supérieur à celui des mâles (2.1 ans et 1.7 respectivement), ainsi que la taille à maturité (71.6 mm et 67.1 mm respectivement). L'IGS moyen des femelles en été est de 9 % et celui des mâles 1.9 % (Tableau 18).



**Figure 35. Distribution des effectifs à Saint-Nabord selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus (tous mois confondus)**

**Tableau 18. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Sentzich.**

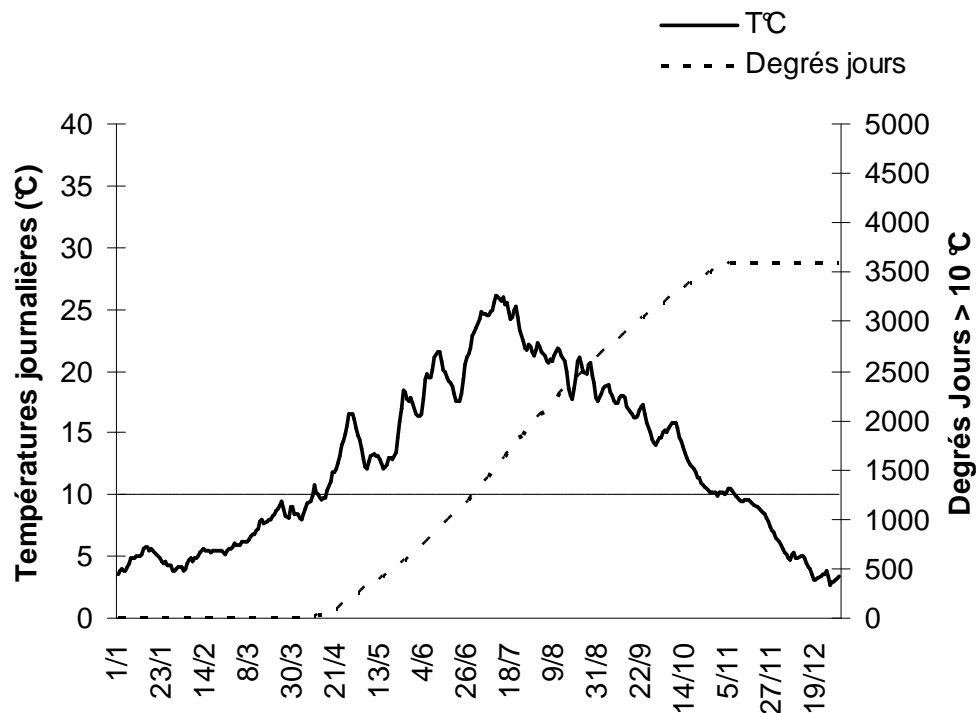
	Mâles			Femelles		
LaM	AaM	IGS (%)	LaM	AaM	IGS (%)	
67.1	1.7	1.9	71.6	2.1	9.0	

### 3.1.10. Saulxures-sur-Moselotte

#### Régime thermique

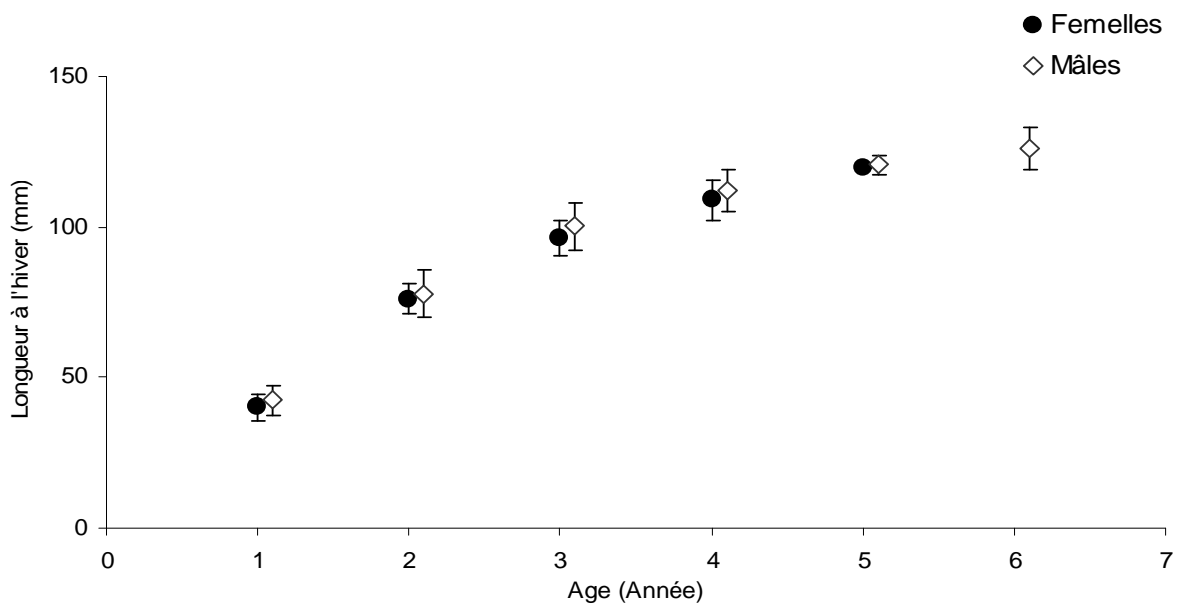
Dans la gravière de Saulxures-sur-Moselotte, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 2.7 °C à 26.1°C avec une moyenne de 12.5°C. La période d'activité physiologique se situe entre le 14 avril et le 10 novembre, avec cependant quelque jour au

mois d'octobre où le seuil d'activité physiologique n'est plus atteint. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 207 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 3599 °C (Figure 36).



**Figure 36.** Evolution des températures journalières (°C) dans la gravière de Saulxures-sur-Moselotte en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).

*Taille à la capture et taille à l'hiver*



**Figure 37. Longueur moyenne des individus à Saulxures-sur-Moselotte ( $\pm$  écart-type) selon le sexe et l'âge à l'hiver**

**Tableau 19. Distribution des effectifs totaux à Saulxures-sur-Moselotte suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)**

a)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	38						
40	50						
50	4						
60		5					
70		16					
80		10	3				
90		2	9	1			
100			13	7			
110			2	14	6		
120				2	7	1	
130						1	
140							
150							

b)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	19						
40	16						
50							
60							
70		5					
80		1	1				
90			2				
100			1	2			
110				1	1		
120							
130							
140							
150							

c)

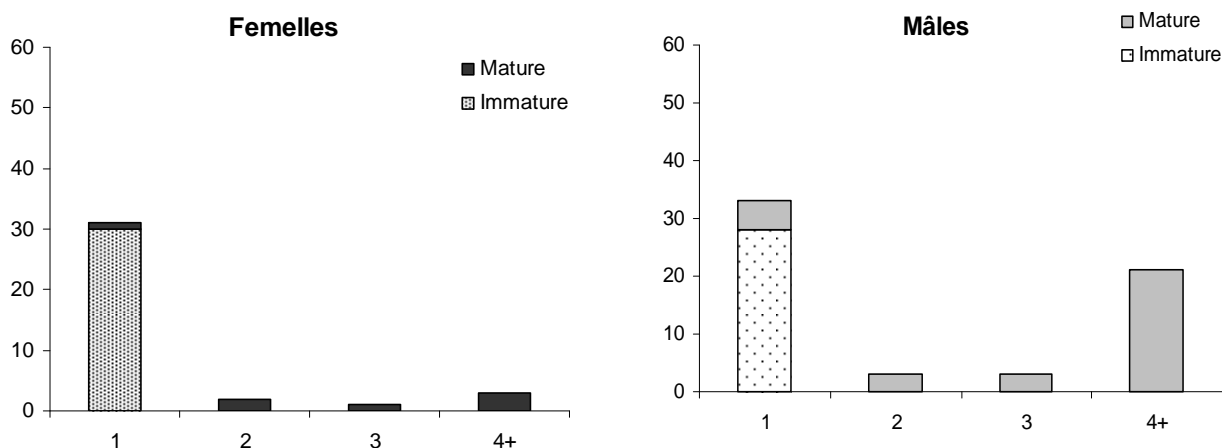
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	19						
40	34						
50	4						
60		5					
70		11					
80		9	2				
90		2	7	1			
100			12	5			
110			2	13	5		
120				2	7	1	
130						1	
140							
150							

Dans cette gravière, seule des campagnes de juin ont été effectuées, on ne peut donc voir l'évolution mensuelle de la croissance marginale dans ce site. Au total 97 poissons ont été capturés dont la majorité sont des jeunes d'un an, le mode dominant se situant entre 40 et 50 mm chez les deux sexes (Annexe L). Le plus petit individu mesure près de 30 mm et le plus grand près de 130 mm. Cependant on peut s'apercevoir d'un net déficit de femelles à partir de 2 ans, et de mâles âgés de 2 et 3 ans. Chez les femelles, l'individu le plus âgé a 5 ans alors que les mâles vont jusqu'à 6 ans. La distribution des tailles à l'hiver est homogène chez les deux

sexes. Le mode de la taille au premier hiver se situe entre 30 et 40 mm, celui à l'hiver 2, vers 70 mm, à l'hiver 3 à 100 mm, à l'hiver 4 à 110 mm, et à l'hiver 5 aux alentours de 110-120 mm (Tableau 19, Figure 37).

### *Développement sexuel*

Dans ce site, les perches soleil sont matures dès l'âge d'un an, et à partir de deux ans tous les individus chez les femelles et chez les mâles ont un développement sexuel (Figure 38). L'âge à maturité des mâles est inférieur à celui des femelles (1.8 et 2.0 respectivement) ainsi que leur taille à maturité (57.9 et 68.9 respectivement). L'IGS moyen des femelles atteint 6.9 % et celui des mâles 1.8 %. (Tableau 20).



**Figure 38. Distribution des effectifs à Saulxures-sur-Moselotte selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus**

**Tableau 20. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans la gravière de Saulxures-sur-Moselotte**

	Mâles			Femelles		
LaM	AaM	IGS (%)	LaM	AaM	IGS (%)	
57.9	1.8	1.8	68.9	2.0	6.9	

## 3.2. Les milieux échauffés

### 3.2.1. Le Mirgenbach

#### Régime thermique

Dans le réservoir du Mirgenbach, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 9.3°C à 29.6°C avec une moyenne de 17.4°C. A l'exception de quelque jour en hiver, la période d'activité physiologique est toujours atteinte tout au long de l'année. Le nombre de jours supérieur à 10 °C est de 352 jours et les degrés jours atteignent à la fin de l'année 6242 °C (Figure 39).

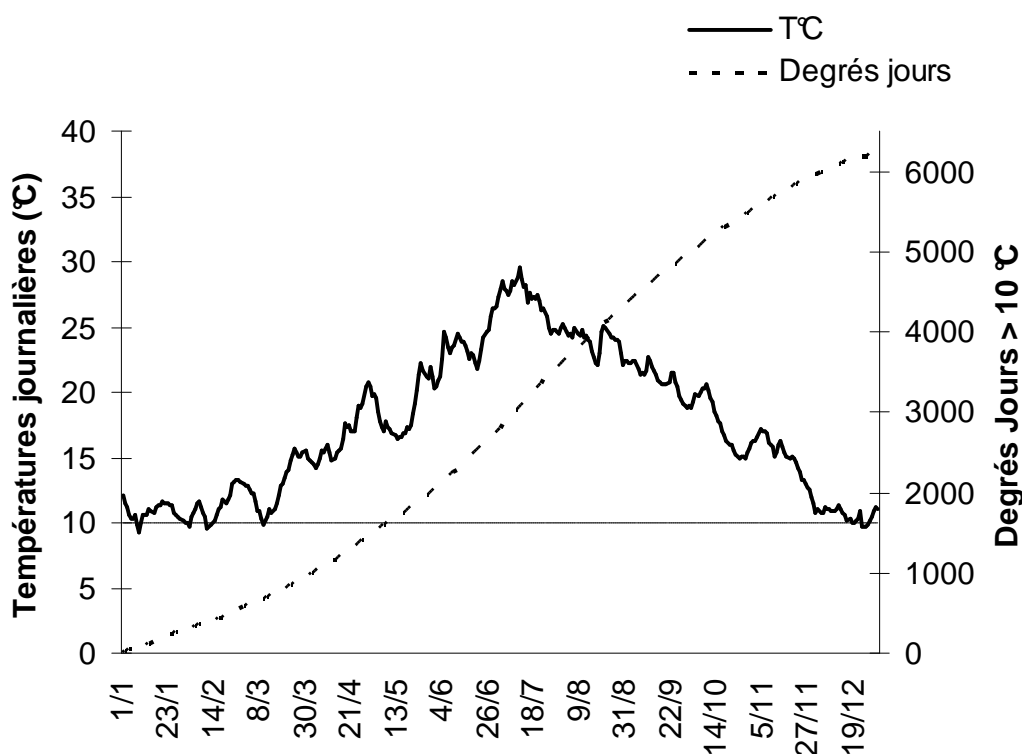


Figure 39. Evolution des températures journalières (°C) dans le réservoir du Mirgenbach en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).

#### Taille à la capture et taille à l'hiver

La distribution des individus suivant les différentes tailles et les différents mois de capture se trouve en Annexe M2. Dans le réservoir du Mirgenbach, au total de 362 poissons ont été capturés en été 2009 et 2010 dont la majorité sont des jeunes d'un an (Annexe M1). Le plus

petit individu mesure près de 30 mm et le plus grand près de 120 mm. Il y a un net déficit d'individus âgés de plus de trois ans, puisque seulement 3 femelles et 8 mâles ont été capturés. Les individus les plus âgés rencontrés dans ce site ont 4 ans et seul une femelle et deux mâles ont atteint cet âge. Chez les deux sexes, le mode de la taille au premier hiver se situe entre 40 et 50 mm, celui à l'hiver 2 entre 60 et 70 mm et à l'hiver 3 aux alentours de 80 mm. On peut s'apercevoir que les mâles et les femelles ont une croissance assez similaire dans ce site (Tableau 21, Figure 40).

**Tableau 21. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Mondelange suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)**

a)

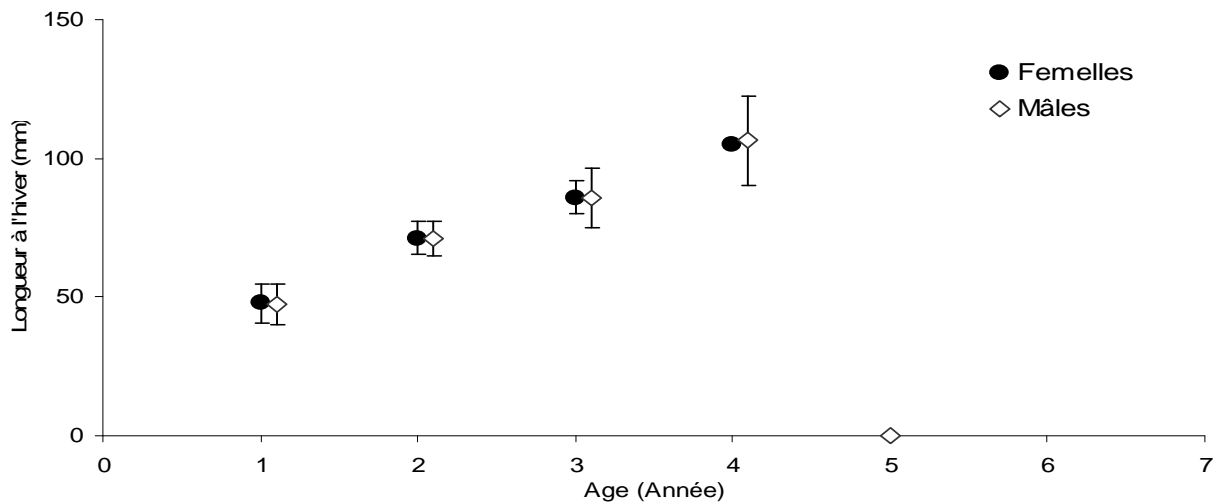
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	116						
40	468						
50	243	2					
60	52	82					
70	2	65	6				
80		13	12				
90		1	4	1			
100			2	1			
110				1			
120							
130							
140							
150							

b)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	49						
40	268						
50	119	2					
60	29	40					
70	1	33	2				
80		8	7				
90			3				
100				1			
110							
120							
130							
140							
150							

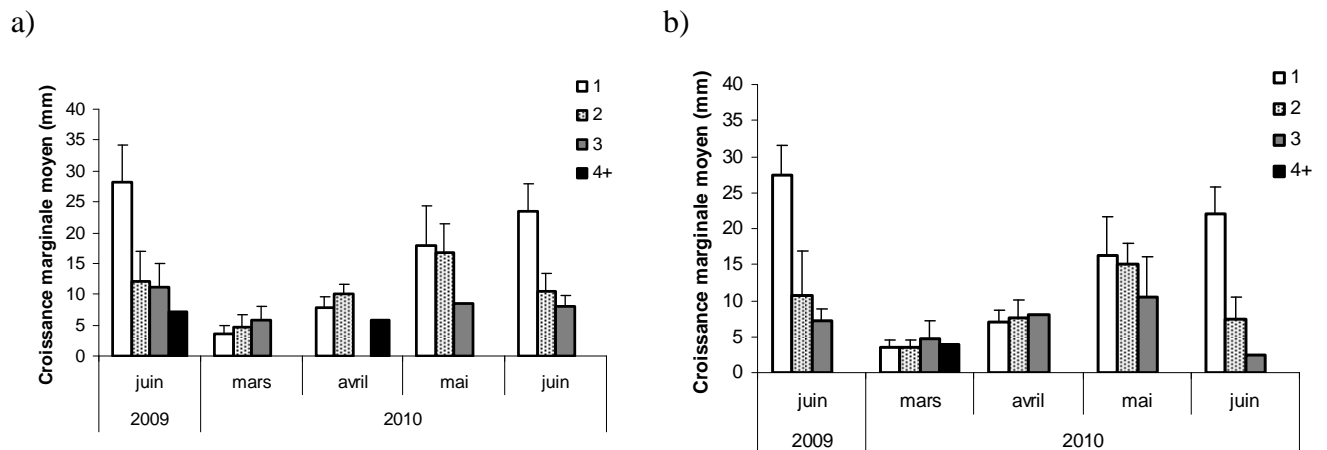
c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	67						
40	200						
50	124						
60	23	42					
70	1	32	4				
80		5	5				
90		1	1	1			
100			2				
110				1			
120							
130							
140							
150							



**Figure 40. Longueur moyenne des individus dans le Mirgenbach ( $\pm$  écart-type) selon le sexe à l'hiver (tous mois confondus)**

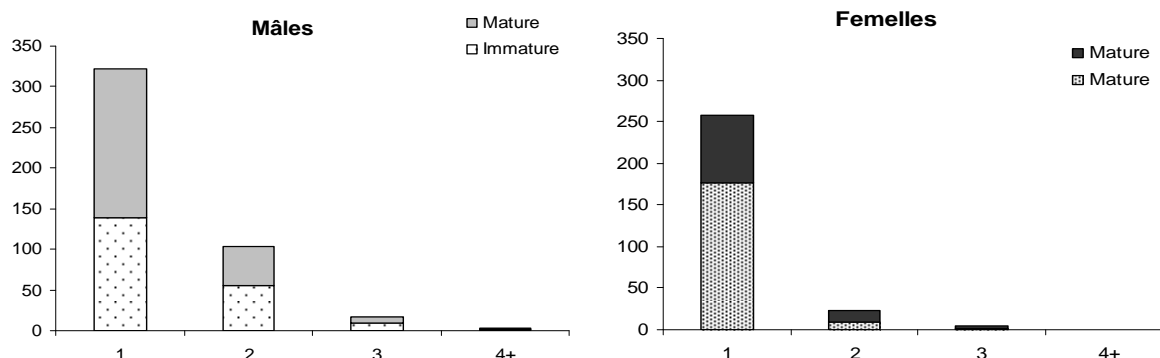
### *Croissance marginale*



**Figure 41. Croissance marginale (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm  $\pm$  écart-type) suivant les différentes captures effectuées dans le réservoir du Mirgenbach et suivant l'âge des individus chez les mâles (a) et chez les femelles (b)**

Au mois de mars, la croissance des individus a déjà débuté. Par la suite, la croissance des individus s'accroît avec le temps et les jeunes d'un hiver vont avoir une croissance plus importante en été, la valeur maximale atteinte étant de plus de 27,5 mm en moyenne pour le mois de juin 2009. La croissance des femelles et des mâles est assez semblable (Figure 41).

## Développement sexuel



**Figure 42. Distribution des effectifs dans le Mirgenbach selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus (tous mois confondus)**

**Tableau 22. Longueur à maturité (mm), âge à maturité et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans le réservoir du Mirgenbach.**

	Mâles			Femelles		
LaM	AaM	IGS (%)	LaM	AaM	IGS (%)	
57.5	1.4	1.8	65.3	1.3	8.1	

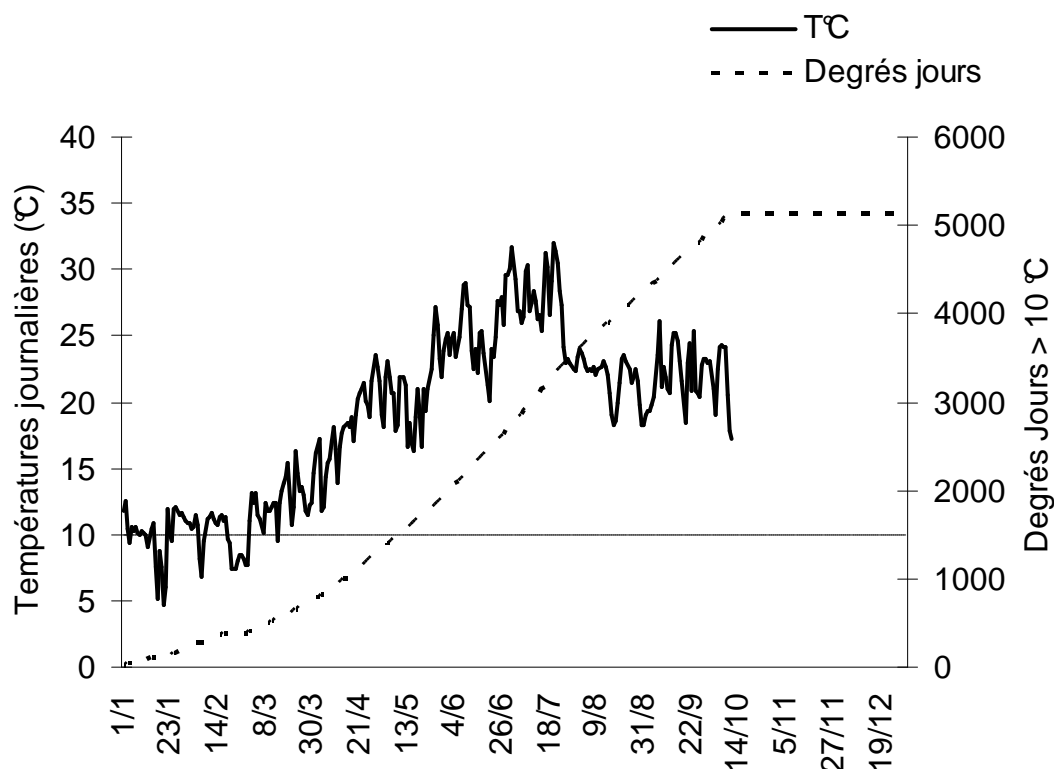
Chez les mâles, près de 60 % des jeunes d'un an sont adultes, et on retrouve une quantité assez importante d'individus n'ayant pas de développement sexuel à l'âge de 2 et 3 ans (respectivement 55 et 50 %). Pour les femelles la proportion des femelles adultes à l'âge d'un an est plus faible comparée à celle des mâles pour le même âge (environ 30 %). A 2 ans, la moitié des femelles sont adultes et à l'âge de 3 ans elles le sont toutes (Figure 42). L'âge de maturité chez les femelles et les mâles est proche (1.3 et 1.4 respectivement), alors que la taille à maturité est nettement supérieure chez les femelles (65.3 mm) que chez les mâles (57.5 mm). L'IGS moyen des femelles en été est de 8.1 % et celui des mâles 1.8 % (Tableau 22).

### 3.2.2. La Lagune La Maxe

#### Régime thermique

Dans la lagune La Maxe, les températures moyennes journalières varient d'un minimum de 4.7 °C à 31.9°C avec une moyenne de 18.8°C. Cependant, les relevés de températures s'arrêtent au 11 octobre du à des problèmes techniques. La période d'activité physiologique

commence à partir du premier mars. Les fortes variations des températures journalières sont dues à l'activité de la centrale électrique EDF (Figure 43).



**Figure 43. Evolution des températures journalières (°C) dans la lagune La Maxe en 2010 ainsi que les degrés jours. Le seuil 10 °C représente la température à partir de laquelle la perche soleil développe une activité physiologique (croissance, reproduction).**

#### *Taille à la capture et taille à l'hiver*

Dans la lagune La Maxe, seules des campagnes de juin ont été effectuées, on ne peut donc voir l'évolution de la croissance marginale mensuelle dans ce site. Au total, 162 poissons ont été capturés dont la majorité sont mâles et femelles âgés de 2 et 3 ans (Annexe N). Le plus petit individu mesure près de 60 mm et le plus grand près de 140 mm. Il y a un net déficit d'individus de jeunes poissons âgés d'un an, puisque seulement 6 femelles et 2 mâles ont été capturés. Les individus les plus âgés ont 6 (une femelle et un mâle). Chez les deux sexes, le mode de la taille au premier hiver se situe entre 40 et 50 mm, celui à l'hiver 2 entre 60 et 70 mm, à l'hiver 3 aux alentours de entre 70 et 80 mm, et à l'hiver 4, aux alentours de 90 mm (tableau). On peut s'apercevoir que les mâles ont une croissance plus rapide que les femelles à partir du cinquième hiver et atteignent donc des tailles plus importantes, cependant, peu de poissons sont âgés de plus de 5 ans et on observe donc peu de valeurs (Tableau 23, Figure 44).

**Tableau 23. Distribution des effectifs totaux dans la gravière de Châtel-sur-Moselle suivant la longueur (mm) à l'hiver (LH) : effectifs totaux (a), chez les femelles (b) et chez les mâles (c)**

a)

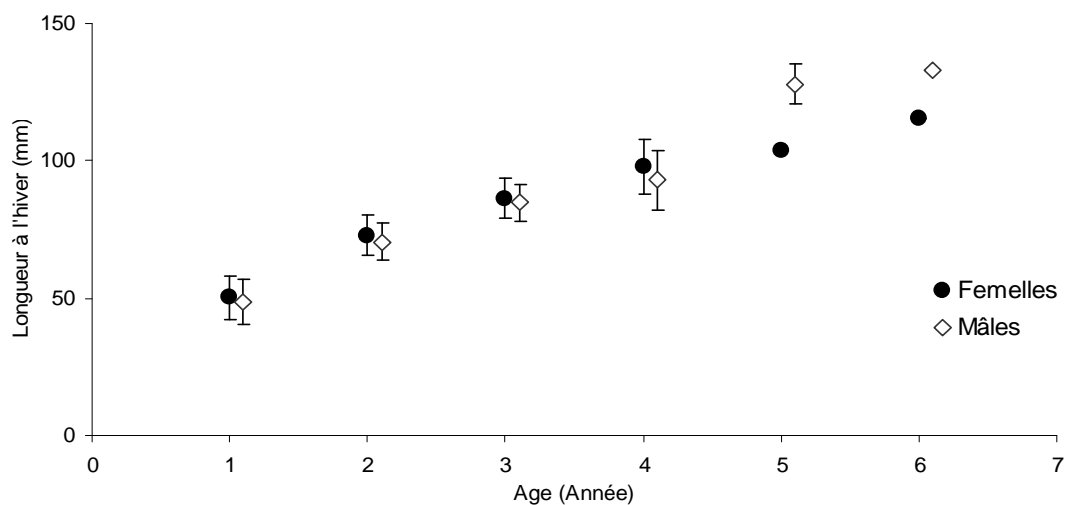
	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	20						
40	64						
50	61	4					
60	17	61					
70		65	29				
80		21	60	11			
90		2	19	13			
100			5	1	1		
110				3		1	
120				1	1		
130					1	1	
140							
150							

b)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	6						
40	29						
50	31	2					
60	8	23					
70		25	12				
80		17	23	3			
90			12	7			
100			2	1	1		
110				2		1	
120							
130							
140							
150							

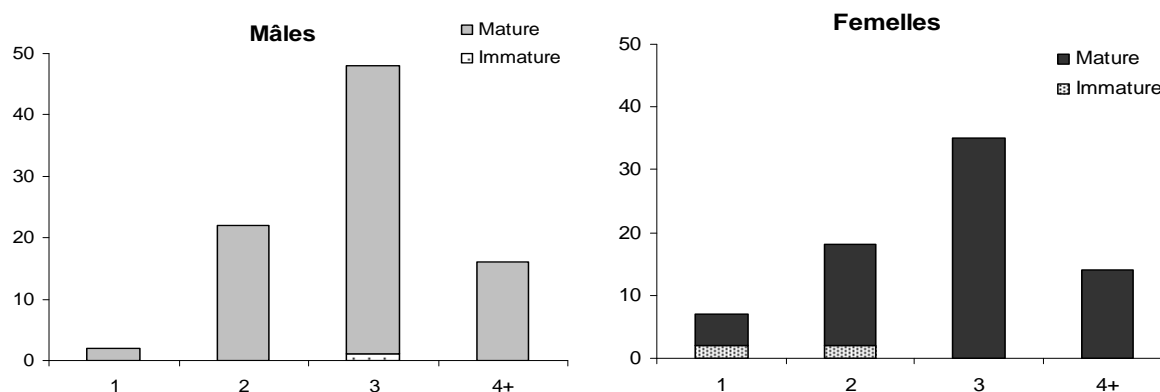
c)

	LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	LH6	LH7
20							
30	14						
40	35						
50	30	2					
60	9	38					
70		40	17				
80		4	37	8			
90		2	7	6			
100			3				
110				1			
120				1	1		
130					1	1	
140							
150							



**Figure 44. Longueur moyenne des individus dans la lagune La Maxe ( $\pm$  écart-type) selon le sexe à l'hiver**

## Développement sexuel



**Figure 45.** Distribution des effectifs dans la lagune La Maxe selon le sexe, le stade de maturité et l'âge à la capture des individus

**Tableau 24.** Longueur à maturité (LaM en mm), âge à maturité (AaM en année) et IGS moyen (%) des mâles et des femelles dans le réservoir du Mirgenbach.

LaM	Mâles		LaM	Femelles	
	AaM	IGS (%)		AaM	IGS (%)
70.2	1	1.6	76.4	1.4	5.7

La quasi-totalité des poissons sont adultes et ont donc un développement sexuel à l'exception fait de 4 femelles (2 âgés de 1 an et 2 âgés de 2 ans) et d'un mâle de 3 ans (Figure 45). L'âge de maturité chez les femelles et les mâles est inférieur à 2 ans (1.4 et 1.0 respectivement). La taille à maturité est nettement supérieure chez les femelles (76.4 mm) que chez les mâles (70.2 mm). L'IGS moyen des femelles en été est de 5.7 % et celui des mâles 1.6 % (Tableau 24).

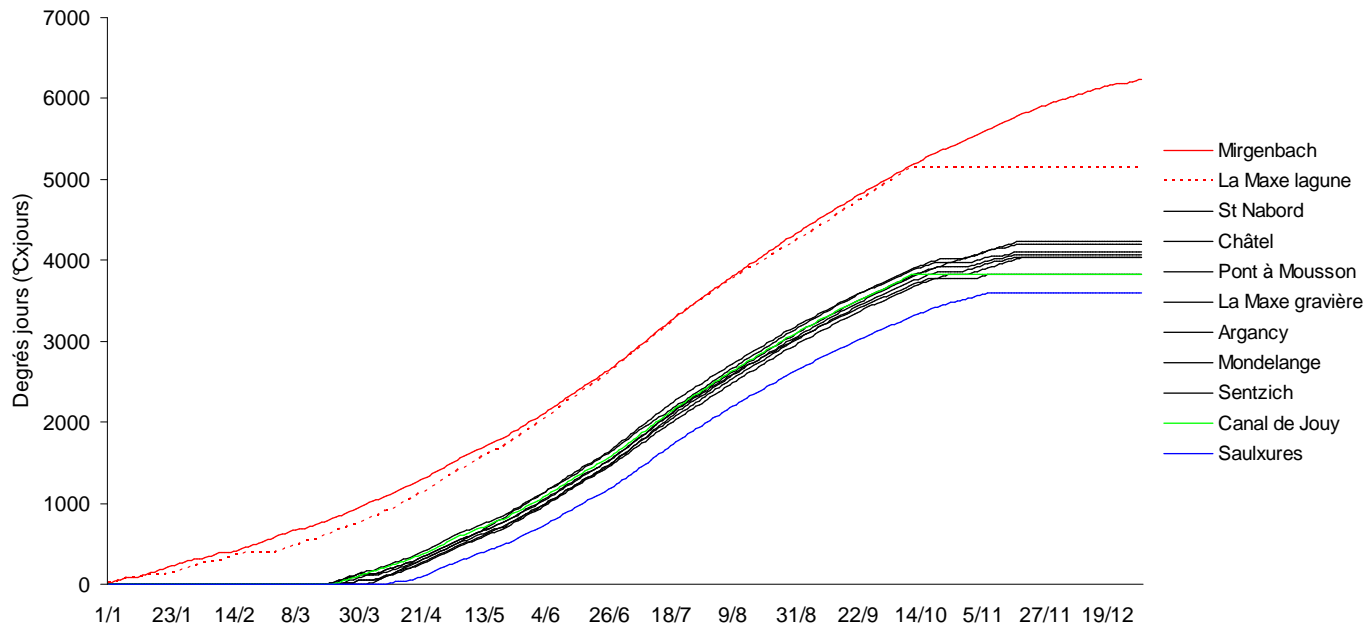
### ***3.3. Comparaison des différents sites***

#### **3.3.1. Caractéristiques thermiques et physique des différents sites**

Les deux milieux échauffés, le réservoir du Mirgenbach et la lagune de La Maxe, ont des températures nettement supérieures aux autres sites (23.6 et 25.5 °C respectivement en juin) et dépassent le seuil des 10 °C dès le 1<sup>er</sup> janvier (Figure 46, Tableau 25). La température minimale dans le Mirgenbach enregistrée est d'ailleurs très proche des 10 °C (9.3 °C). L'évolution des degrés-jours est assez similaire dans ces deux sites et sont nettement supérieurs (6242 DD sont atteints dans le Mirgenbach). Les degrés jours calculés dans les gravières sont assez similaires, et varient de 4035 DD dans la gravière de La Maxe à 4225 DD dans la gravière de Châtel-sur-Moselle. Le Canal de Jouy a des valeurs similaires en degrés jours comparé aux autres sites, mais se démarquent par la suite car les températures relevées par la sonde s'arrêtent le 12 octobre, et plus aucune mesure n'a été effectuée par la suite.

Un site se démarque des autres, la gravière de Saulxures-sur-Moselotte, où les degrés-jours y sont très inférieurs aux autres sites et atteignent seulement 3599 DD. Il s'avère que ce site, est celui situé le plus en amont de notre site d'étude (Figure 46).

Les conductivités sont les plus fortes dans le réservoir du Mirgenbach (2000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) et la valeur la moins forte est enregistrée dans le site de Saint-Nabord où seulement 51  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  ont été enregistrés (Tableau 25). A Saulxures-sur-Moselotte et à Châtel-sur-Moselle, de faibles conductivités ont été enregistrées (109  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 166  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivement) due au substratum (principalement du grès).

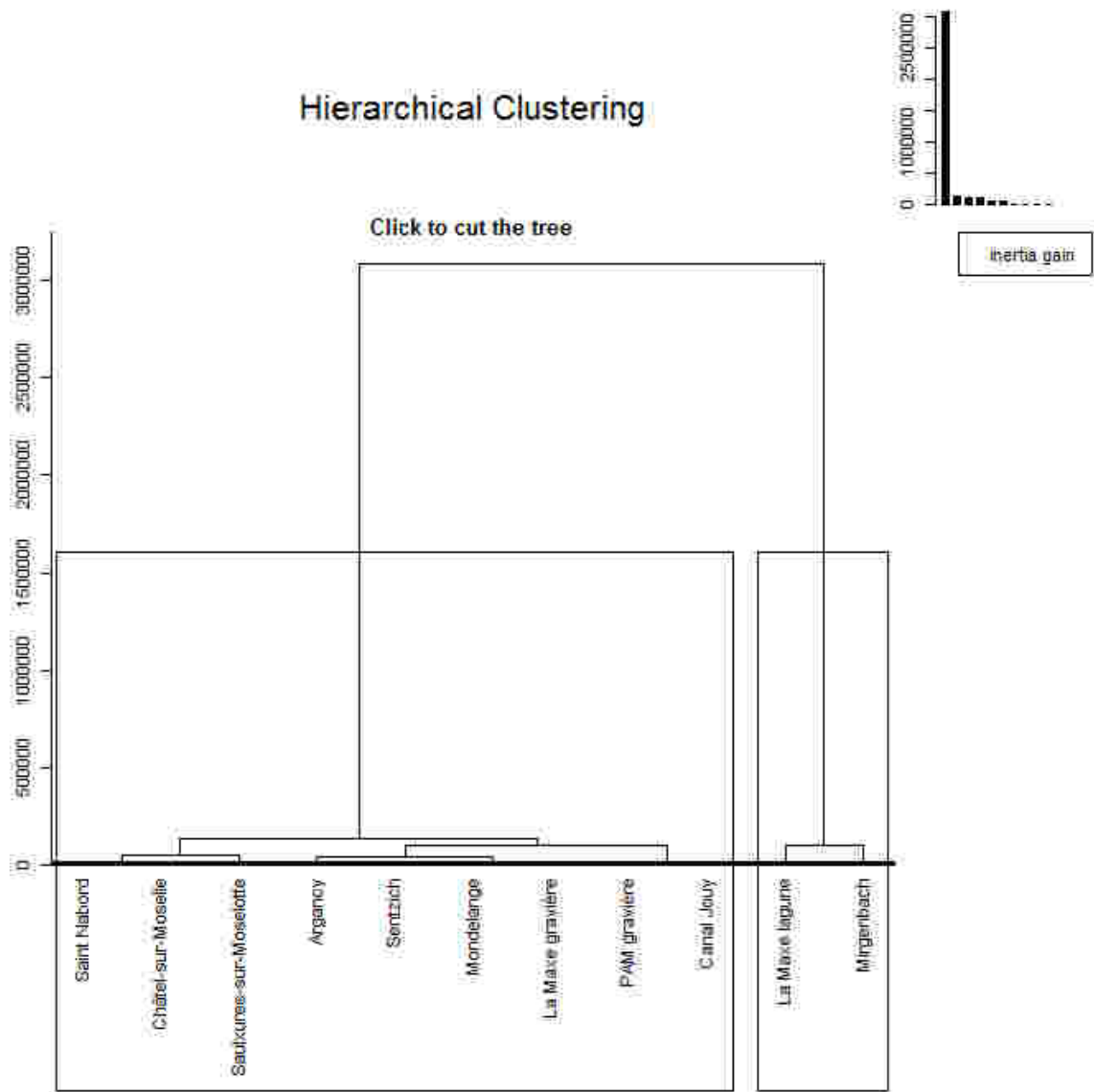


**Figure 46. Degrés jours (°C x jours) suivant les différents sites d'études.**

Les paramètres retenus pour le dendrogramme (Figure 47) correspondent à ceux du tableau 25, reprenant les caractéristiques physiques des différents sites. On peut observer que les deux sites échauffés sont très éloignés des autres sites par leurs températures élevées, mais aussi par leur surface (Figure 47). En effet, ce sont de grands plans d'eau comparés aux autres sites (64,5 ha pour la lagune La Maxe et 94,2 ha pour le réservoir du Mirgenbach alors que la surface des autres sites est inférieure à 10 ha). À l'opposé de l'axe on retrouve trois sites, Saint-Nabord, Châtel-sur-Moselle et Saulxures-sur-Moselotte qui se rapprochent par une conductivité inférieure à 200  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , Saint-Nabord étant plus éloigné des deux autres sites avec la plus faible conductivité (51  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Du point de vue des différentes caractéristiques physiques des milieux, Argancy, Sentzich et Mondelage sont assez similaires, et les trois sites restants (les gravières de La Maxe, de Pont-à-Mousson, et la Canal de Jouy, ont des caractéristiques peu communes aux autres sites. Le bras mort de Pont-à-Mousson n'apparaît pas sur ce dendrogramme car aucune donnée n'a été prise sur ce site.

**Tableau 25. Caractéristiques physiques et thermiques (températures en °C) des différents sites d'études. NA : aucune donnée n'a été enregistrée. Les sites en gras représentent les sites échauffés.**

Site	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Surface (ha)	Périmètre (m)	Profondeur (m) moy	Profondeur (m) max	Conductivité ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	T° moyenne en juin	T° moyenne de l'année	T° minimale	T° maximale
Argancy	06°11'34.9" E	49°11'22.6" N	162	0.6	470	0.8	0.9	1 409	22.4	13.3	2.1	28.7
PAM bras mort	06°04'26.1" E	48°53'10.2" N	181	8.4	2040	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Canal Jouy	06°05'35.9" E	49°04'38.1" N	173	NA	NA	NA	NA	NA	21.5	NA	2.1	27.6
Châtel-sur-Moselle	06°22'22.5" E	48°19'20.2" N	284	3.3	812	NA	6.0	166	21.4	13.2	2.2	29.3
La Maxe gravière	06°11'26.9" E	49°10'47.9" N	161	5.3	1174	3.2	4.0	472	21.8	13.1	1.6	27
<b>La Maxe lagune</b>	<b>06°12'19.0" E</b>	<b>49°09'53.8" N</b>	<b>163</b>	<b>64.5</b>	<b>5090</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>25.5</b>	<b>NA</b>	<b>4.7</b>	<b>31.9</b>
<b>Mirgenbach</b>	<b>06°14'09.2" E</b>	<b>49°25'20.2" N</b>	<b>180</b>	<b>94.2</b>	<b>6046</b>	<b>7.7</b>	<b>20.0</b>	<b>2000</b>	<b>23.6</b>	<b>17.4</b>	<b>9.3</b>	<b>29.6</b>
Mondelange	06°11'27.4" E	49°16'01.5" N	159	3.3	856	2.5	3.2	1 032	21.5	13.3	2.6	26
PAM gravière	06°04'18.9" E	48°53'26.7" N	181	4.2	1588	2.2	2.6	1229	21.9	13.6	2.4	27.3
Saint-Nabord	06°35'43.4" E	48°03'10.3" N	377	1.7	507	1.8	2.7	51	19.6	13	3.8	28.4
Saulxures-sur-Moselotte	06°44'59.7" E	47°57'05.9" N	453	9.0	1561	9.7	12.0	109	21.9	12.5	2.7	26.1
Sentzich	06°16'00.4" E	49°25'15.4" N	150	4.3	838	3.4	3.5	720	21.3	13.1	1.6	28.3

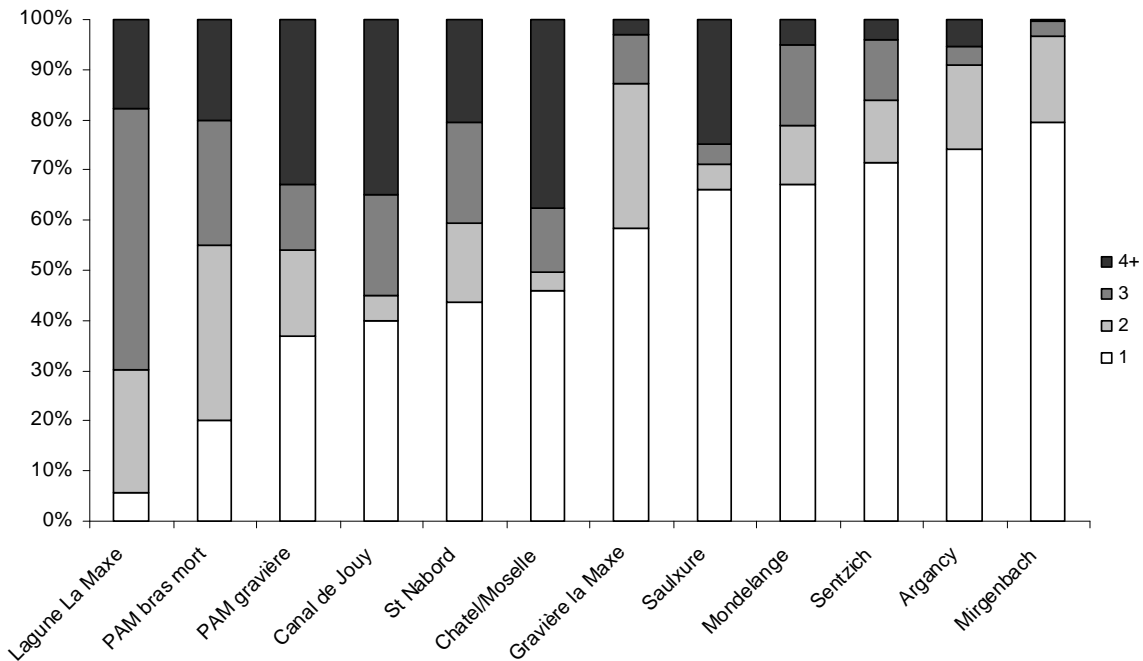


**Figure 47. Dendrogramme (“Hierarchical clustering on Principal Components” (HCPC)) représentant la classification physique des différents sites.**

### 3.3.2. Croissance et traits d’histoire de vie

La proportion des individus suivant les âges à la capture varie très nettement d’un site à l’autre (Figure 48). En effet, dans la lagune La Maxe, très peu de jeunes individus ont été capturés (moins de 10 %), et la majorité des individus dans ce site est âgé de 3 ans (55 %). A l’inverse, dans le réservoir du Mirgenbach, les individus capturés sont très jeunes (1 an) et représentent près de 75 % des captures. Très peu d’individus sont âgés de 3 ans ou plus (moins de 5 %). La proportion des jeunes est aussi très élevée (> 50 % des captures) dans la

gravière de La Maxe, à Saulxures-sur-Moselotte, à Mondelange, à Sentszich et dans la gravière d'Argancy. A l'inverse, seul 20 % de jeunes ont été capturés dans le bras mort de Pont-à-Mousson. Dans la gravière de Châtel-sur-Moselle, la proportion des individus les plus âgés (4 ans et plus) est la plus forte (plus de 35 %).



**Figure 48. Proportion des individus (mâles et femelles confondus) suivant leur âge à la capture dans chaque site.**

Les femelles peuvent atteindre l'âge de 7 ans dans deux sites, Mondelange et Saint-Nabord (Tableau 26). Le bras mort de Pont-à-Mousson se distingue des autres sites par sa faible longévité, mais les femelles atteignent des longueurs importantes au troisième hiver (95,9 mm). Les deux sites échauffés se différencient par un âge à maturité très faible (1,4 et 1,3 respectivement pour la lagune de La Maxe et le réservoir du Mirgenbach), mais aussi par la croissance après le premier hiver qui est faible. En effet, dans ces deux sites la croissance des femelles s'effectue principalement lors de l'année de la naissance. Elles ont une longueur au premier hiver assez importante (50,2 mm dans la lagune La Maxe et 47,6 mm dans le réservoir du Mirgenbach). Pour la taille à maturité, les deux sites échauffés se distinguent très nettement : les femelles dans la lagune de La Maxe sont matures à une grande taille (76,4 mm) tandis que dans le réservoir du Mirgenbach, les femelles très petites sont matures (65,3 mm). Deux autres sites se démarquent par un âge à maturité faible, le canal de Jouy-aux-Arches dans la gravière de Pont-à Mousson où les femelles sont matures en moyenne à 1,4 ans. Dans les autres sites, les femelles sont matures à approximativement 2 ans. Les IGS moyen des femelles matures sont supérieurs à 8% dans les gravières de Saint-Nabord, Châtel-

sur-Moselle, Mondelange, la gravière de La Maxe, Argancy, et dans le réservoir du Mirgenbach. Dans la lagune de La Maxe, l'IGS moyen en juin est faible (5.7%), et la valeur la plus faible est enregistrée dans la gravière de Sentzich (5.3%).

Aucun mâle n'atteint l'âge de 7 ans dans les différents sites (Tableau 27). Comme chez les femelles, les sites échauffés se distinguent chez les mâles par un âge à maturité faible (1 an dans la lagune de La Maxe, et 1,4 ans dans le réservoir du Mirgenbach), une longueur au premier hiver assez importante, puis une croissance à partir du premier hiver assez faible. L'âge à maturité est également très faible dans le bras mort de Pont-à-Mousson où tous les mâles sont adultes à partir de 1 an, tandis que dans le canal de Jouy-aux-Arches l'âge à maturité est des individus est élevé (près de 3 ans).

Pour tous les individus (mâles et femelles confondus), le réservoir du Mirgenbach se distingue des autres sites par la faible longévité des individus (4 ans) alors que la longévité dans les autres sites est nettement supérieure et peut même atteindre 7 ans dans le site de Mondelange et de Saint-Nabord (Tableau 28). La longévité des individus est aussi très faible dans la gravière de La Maxe, puisqu'aucun poisson n'est âgé de plus de 4 ans. La croissance des individus dans les deux sites échauffés est forte durant les premiers mois de la vie des poissons puis, ralentit très nettement après le premier hiver (20,1 mm et 22,2 mm entre le premier hiver et le deuxième hiver dans le Mirgenbach et dans la lagune respectivement, et 12,9 et 14,8 mm entre le deuxième hiver et le troisième).

Les longueurs à l'infini calculées d'après le modèle de von Bertalanffy sont anormalement élevés dans la gravière d'Argancy (205,6 mm), dans la gravière de Mondelange (227,6 mm) et dans le bras mort de Pont-à Mousson (264,7 mm). Dans ce dernier site, la forte valeur peut être expliqué par la faiblesse de l'échantillon disponible (seulement 20 individus ont été cpaturés).

**Tableau 26. Moyenne des longueurs totales (LT en mm) rétro-calculés aux différents hivers chez les individus femelles et croissance moyenne (L1-L2 ; L2-L3) entre les trois premiers hivers (en mm) toutes campagnes confondues, nT : effectif. Age moyen à maturité (AaM), longueur moyenne à maturité (LaM), indice gonado-somatique moyen (IGS %) calculé pour les femelles matures. En gras sont figurés les sites échauffés.**

Site	Moyenne des LT (mm) rétro-calculés à l'hiver							Croissance		Reproduction en été				
	nT	1	2	3	4	5	6	7	L1-L2	L2-L3	nT juin	AaM	LaM	GSI (%)
Argancy	88	44,9	67,7	89,8	106,2	120,7			22,8	22,1	88	1,9	73,7	8,2
Canal de Jouy	22	45,0	77,8	91,2	102,8				32,8	13,4	22	1,4	65,0	5,6
Châtel/Moselle	156	41,4	64,2	77,2	86,5	94,7			22,8	13,0	156	2,1	73,9	8,4
Gravière La Maxe	98	39,6	77,7	93,1	98,8				38,1	15,4	98	2,0	80,0	8,6
<b>Lagune La Maxe</b>	<b>74</b>	<b>50,2</b>	<b>72,8</b>	<b>86,4</b>	<b>97,6</b>	<b>103,6</b>	<b>115,5</b>		22,6	13,6	<b>74</b>	<b>1,4</b>	<b>76,4</b>	<b>5,7</b>
<b>Mirgenbach</b>	<b>392</b>	<b>47,6</b>	<b>71,4</b>	<b>85,9</b>	<b>105,1</b>				23,8	14,5	<b>106</b>	<b>1,3</b>	<b>65,3</b>	<b>8,1</b>
Mondelange	207	47,4	70,9	91,5	107,5	117,1	130,6	143,1	23,5	20,6	43	2,1	72,9	8,5
PAM Bras mort	9	41,1	63,3	95,9					22,2	32,6	9	2,2	73,3	7,1
PAM gravière	208	49,6	69,5	89,5	106,2	114,7	119,0		19,9	20,0	119	1,4	67,6	7,8
Saulxures	37	40,0	76,2	96,5	108,9	119,8			36,2	20,3	37	2,0	68,9	6,9
Sentzich	355	42,7	69,8	83,6	95,4				27,1	13,8	160	2,2	78,3	5,3
St Nabord	185	42,4	72,4	87,1	98,7	108,9	121,6	133,9	30,0	14,7	113	2,1	71,6	9,0

**Tableau 27. Moyenne des longueurs totales (LT en mm) rétro-calculés aux différents hivers chez les individus mâles et croissance moyenne (L1-L2 ; L2-L3) entre les trois premiers hivers (en mm) toutes campagnes confondues, nT : effectif. Age moyen à maturité (AaM) calculé pour les mâles matures nidifiants, longueur moyenne à maturité calculé pour les cocufiants et nidifiants (LaM1) et les nidifiants uniquement (LaM2), indice gonadosomatique moyen (IGS %) calculé pour les mâles matures nidifiants uniquement. En gras sont figurés les sites échauffés.**

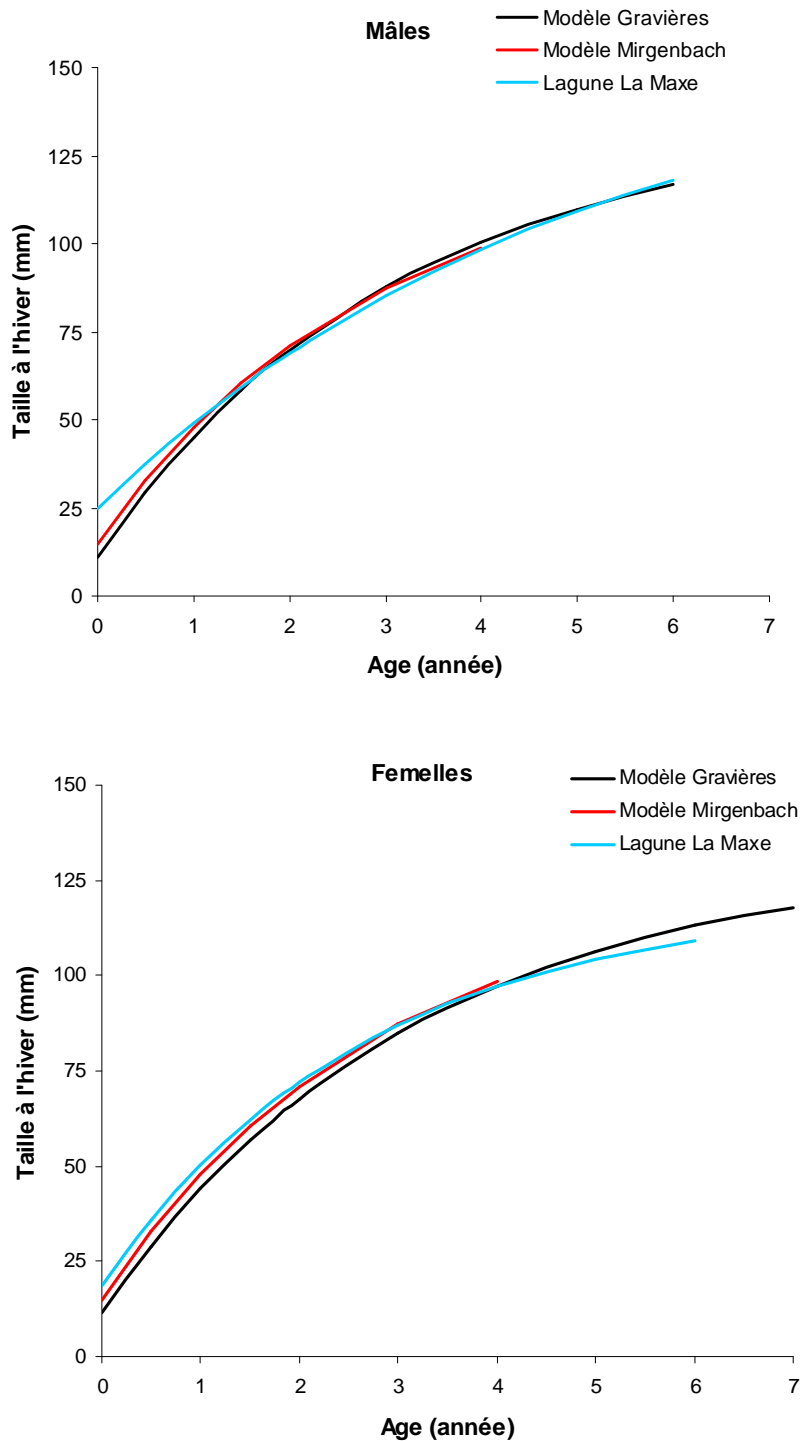
Site	nT	Moyenne des LT (mm) rétro-calculés à l'hiver							Croissance		Reproduction en été				
		1	2	3	4	5	6	7	L1-L2	L2-L3	nT juin	AaM	LaM1	LaM2	GSI (%)
Argancy	157	46,5	66,0	85,7	101,3	103,5	111,4		19,5	19,7	157	2,2	74,2	78,3	1,7
Canal de Jouy	18	49,1	81,8	98,8	110,5	117,5	140,7		32,7	17,0	18	2,9	100	100	1,7
Châtel/Moselle	159	42,2	66,2	80,6	92,4	100,6	118,1		24,0	14,4	159	2,4	71	73	2,9
Gravière La Maxe	164	41,1	76,4	94,2	106,4				35,3	17,8	164	1,9	63,9	80,5	2,1
<b>Lagune La Maxe</b>	<b>88</b>	<b>48,6</b>	<b>70,5</b>	<b>84,7</b>	<b>92,9</b>	<b>127,9</b>	<b>133,0</b>		21,9	14,2	<b>88</b>	<b>1</b>	<b>60,2</b>	<b>70,2</b>	<b>1,6</b>
<b>Mirgenbach</b>	<b>339</b>	<b>47,3</b>	<b>71,3</b>	<b>85,7</b>	<b>106,5</b>				24,0	14,4	<b>94</b>	<b>1,4</b>	<b>50,3</b>	<b>57,5</b>	<b>1,8</b>
Mondelange	207	47,4	68,5	86,7	105,5	121,0			21,1	18,2	122	1,7	65,1	67,5	1,6
PAM Bras mort	11	48,0	77,3	98,0	117,2	150,4			29,3	20,7	11	1	70	70	1,9
PAM gravière	257	49,9	70,1	87,3	102,1	112,6	106,7		20,2	17,2	178	1,9	58,7	68,7	1,6
Saulxures	60	42,5	77,7	100,4	112,2	120,6	126,1		35,2	22,7	60	1,8	57,3	57,9	1,8
Sentzich	370	44,0	73,3	89,2	105,9	116,6	121,1		29,3	15,9	194	2	78,9	79,6	2
St Nabord	274	43,6	72,0	86,9	100,2	112,7			28,4	14,9	201	1,7	60,9	67,1	1,9

**Tableau 28. Moyenne des longueurs totales (LT en mm) rétro-calculées aux différents hivers pour tous les individus (mâles et femelles) toutes campagnes confondues, nT : effectif. Croissance moyenne (L1-L2 ; L2-L3) entre les trois premiers hivers (en mm), paramètres de croissance  $L_{\infty}$  et K du modèle de Von Bertalanffy (1938) et indice de condition IK de Le Cren (1951).**

Site	nT	Moyenne des LT (mm) rétro-calculées à l'hiver							Croissance		Von Bertalanffy			IK	
		1	2	3	4	5	6	7	L1-L2	L2-L3	$L_{\infty}$	K	t0	b	K
Argancy	240	45,9	66,6	87,4	104,0	112,1	111,4		20,7	20,8	205,60	0,14	-0,73	3,37	1,59
Canal de Jouy	40	46,8	79,6	95,0	107,7	117,5	140,7		32,8	15,4	120,13	0,57	0,13	3,19	2,24
Châtel/Moselle	315	41,8	65,3	79,1	90,1	97,8	109,7		23,5	13,8	114,35	0,37	-0,24	3,22	2,14
Gravière La Maxe	262	40,6	76,7	94,0	104,5				36,1	17,3	112,12	0,70	0,36	3,31	1,80
<b>Lagune La Maxe</b>	<b>162</b>	<b>49,3</b>	<b>71,5</b>	<b>85,4</b>	<b>95,0</b>	<b>119,8</b>	<b>124,3</b>		22,2	13,9	<b>134,50</b>	<b>0,28</b>	<b>-0,64</b>	<b>3,32</b>	<b>1,89</b>
<b>Mirgenbach</b>	<b>731</b>	<b>47,5</b>	<b>71,3</b>	<b>85,8</b>	<b>106,0</b>				23,8	14,5	<b>133,15</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,41</b>	<b>3,32</b>	<b>1,81</b>
Mondelange	414	47,4	69,0	87,6	106,0	119,1	130,6	143,1	21,6	18,6	227,58	0,13	-0,81	3,26	1,99
PAM Bras mort	20	44,9	72,0	97,7	117,2	150,4			27,1	25,7	264,65	0,14	-0,37	3,10	2,18
PAM gravière	465	49,7	69,9	88,0	103,3	113,3	114,4		20,2	18,1	156,68	0,22	-0,75	3,11	2,76
Saulxures	97	41,5	77,5	99,9	111,8	120,6	126,1		36,0	22,4	132,38	0,50	0,25	3,12	2,50
Sentzich	727	43,4	72,3	88,0	103,9	116,6	121,1		28,9	15,7	198,87	0,17	-0,42	3,22	2,12
St Nabord	459	43,1	72,1	87,0	99,7	110,7	119,2	133,9	29,0	14,9	131,15	0,34	-0,19	3,10	2,62

Les indices de condition (IK) de Le Cren (1951) varient aux alentours de 2 pour tous les sites (à l'exception des gravières d'Argancy et de Pont-à-Mousson), ce qui signifie que les individus sont en bonne condition physique pendant la période de reproduction (fin mai, juin, juillet). Dans la gravière d'Argancy, l'indice de condition est de 1,59, on peut supposer que les poissons sont relativement plus maigres que dans les autres sites. A l'inverse, dans la gravière de Pont-à-Mousson, l'IK est très fort (2,76), ce qui permet de dire que les poissons sont relativement « bien en chair » comparés aux autres sites. Toutefois, lorsque l'indice de condition est supérieur à 1 on considère que l'individu est en bonne condition, ce qui est le cas pour tous nos sites d'études.

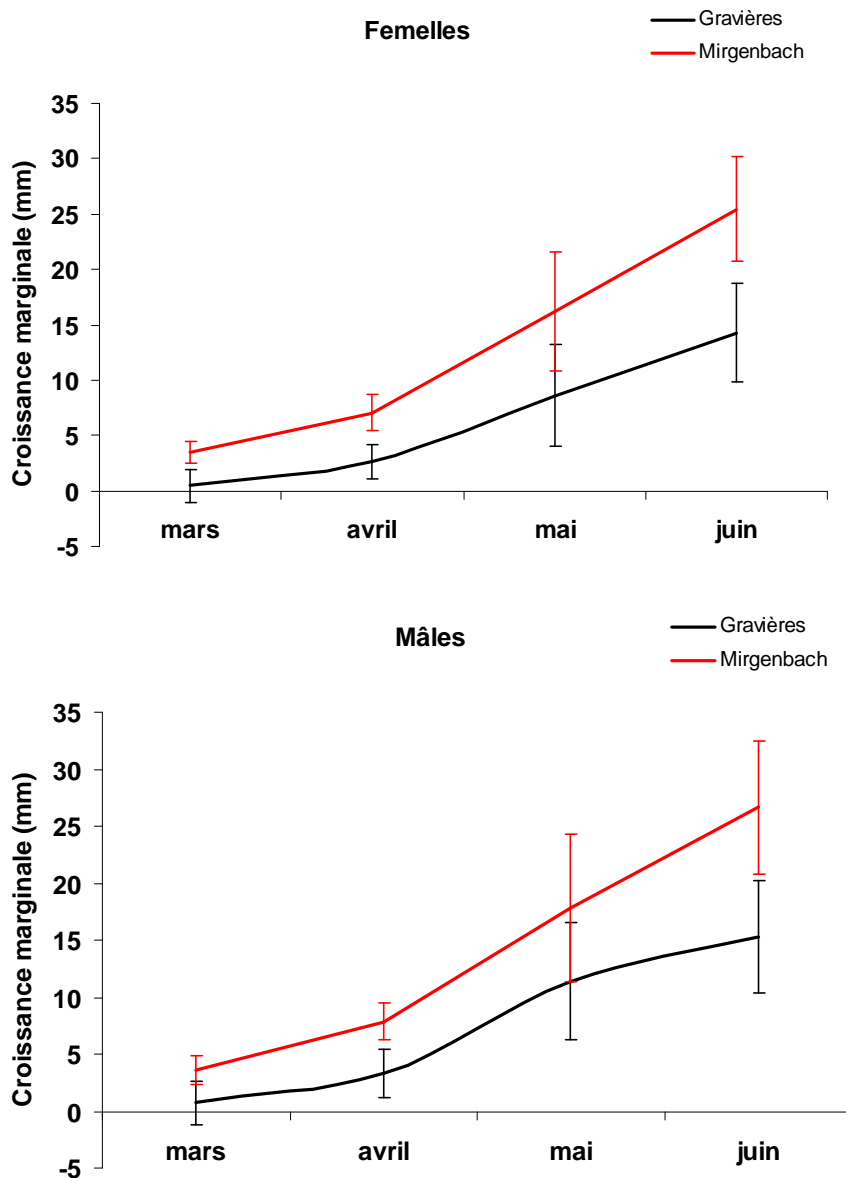
La croissance des individus dans les milieux échauffés est différente que dans les gravières pour les jeunes poissons. En effet, que ce soit chez les mâles ou chez les femelles, dans le réservoir du Mirgenbach et dans la lagune La Maxe, la croissance des jeunes (1 an) est plus rapide et les plus fortes valeurs sont observées dans la lagune. Chez les mâles, la croissance dans les sites échauffés s'atténue vers l'âge de 2 ans, puis à partir de l'âge de 3 ans les valeurs sont assez similaires dans l'ensemble des sites. Chez les femelles, la croissance dans les sites échauffés est nettement supérieure à celle des gravières jusqu'à un âge beaucoup plus tardif que chez les mâles (4 ans). La longévité des individus étant très faible dans le Mirgenbach, on ne retrouve aucun individu au-delà de 4 ans. La longueur moyenne individuelle continue de s'accroître à partir de 4 ans dans les gravières tandis que dans la lagune, elle stagne un peu plus, la longévité étant plus courte d'un an dans la lagune (Figure 49).



**Figure 49. Modèle de Von Bertalanffy dans les différentes gravières, dans le réservoir du Mirgenbach et dans la Lagune La Maxe chez les mâles (graphe du haut) et chez les femelles (graphe du bas).**

La croissance marginale des jeunes âgés d'un hiver est beaucoup plus forte dans le réservoir du Mirgenbach que dans les gravières et augmente de 3,5 mm en mars à plus de 25,4 mm en juin chez les femelles, et chez les mâles elle augmente de 3,6 mm à 26,6 mm (figure 50).

Dans les différentes gravières, la croissance des jeunes n'a pas débuté en mars dans tous les sites, et on retrouve en mars de très faibles valeurs chez les deux sexes (0,5 mm chez les femelles et 0,7 mm chez les mâles). Puis, la croissance va très nettement augmenté et les femelles vont grandir de plus de 14,3 mm depuis l'arrêt hivernal et les mâles de plus de 15,3 mm. Les mâles ayant dans le réservoir du Mirgenbach et dans les différentes gravières, une croissance légèrement plus forte que les femelles.



**Figure 50. Croissance marginale (longueur à la capture moins celle au dernier hiver, en mm) des femelles (figure du haut) et des mâles (figures du bas) âgés d'un hiver dans les différentes gravières et dans le réservoir du Mirgenbach suivant les différents mois de captures.**

### 3.3.3 Effet thermique sur les différents traits de vie

La température et les degrés jours ont une grande importance dans l'âge à maturité des femelles, toutes les régressions linéaires reliant ce paramètre à la température ou aux degrés jours sont significatives ( $p < 0.05$  ; Tableau 29). En effet, l'âge à maturité des femelles est atteinte tôt dans les sites dans les sites chauds et donc quand la température et les degrés jours sont élevés. L'âge à maturité des mâles est quant à lui, seulement corrélé avec le nombre de jours supérieurs à 10 °C. Les autres paramètres liés à la reproduction (longueur à maturité et IGS) ne sont pas corrélés avec la température et peuvent dépendre d'autres paramètres, tels que des phénomènes de densité dépendance d'accès à des sites de reproduction pour les mâles.

En ce qui concerne la croissance des individus, aucune relation linéaire n'a été trouvée reliant la croissance et les températures ou les degrés jours, excepté pour la taille au premier hiver (LH1) qui est significativement corrélée avec la température moyenne à l'année (Annexe O). Plus la température est élevée dans le site, plus la taille au premier hiver est élevée. Les degrés jours calculés concernent un cycle annuel calendaire. Les degrés jours sont calculés pour une année particulière alors que les longueurs à l'âge 1 ou bien les autres descripteurs biologiques intègrent des cohortes qui ont été exposées à des conditions thermiques qui n'ont pas nécessairement été semblables lors des autres années.

**Tableau 29. Régression linéaire reliant la température et les degrés jours des différents sites à l'âge, la longueur à maturité et l'IGS des mâles et des femelles. Significatif si  $P < 0.05$ .**

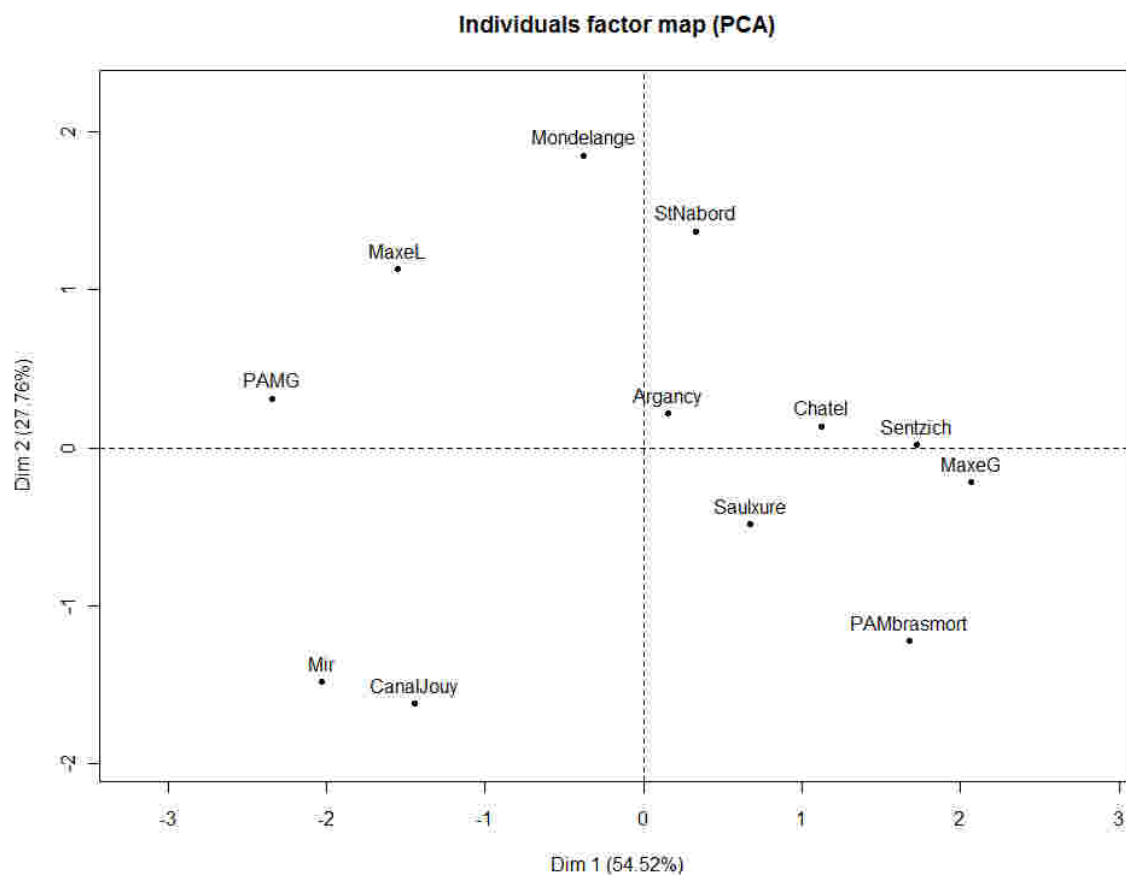
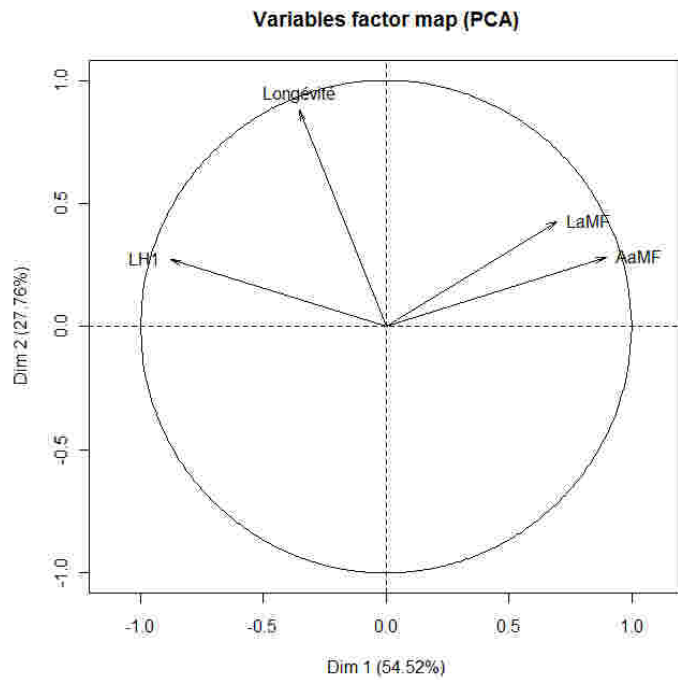
		T°				
		T° moyenne en juin	moyenne à l'année	Degrés jours	DD janvier-juin	nb jours > 10°C
Femelles	LaM	0.910	0.125	0.563	0.232	0.729
	AaM	<b>0.038*</b>	<b>0.018*</b>	<b>0.046*</b>	<b>0.040*</b>	<b>0.017*</b>
	igs	0.266	0.742	0.998	0.975	0.596
Mâles	LaM	0.581	0.222	0.239	0.213	0.493
	AaM	0.078	0.108	0.073	0.166	<b>0.048*</b>
	igs	0.363	0.710	0.771	0.857	0.438

### 3.3.4. Potentiel invasif de la perche soleil

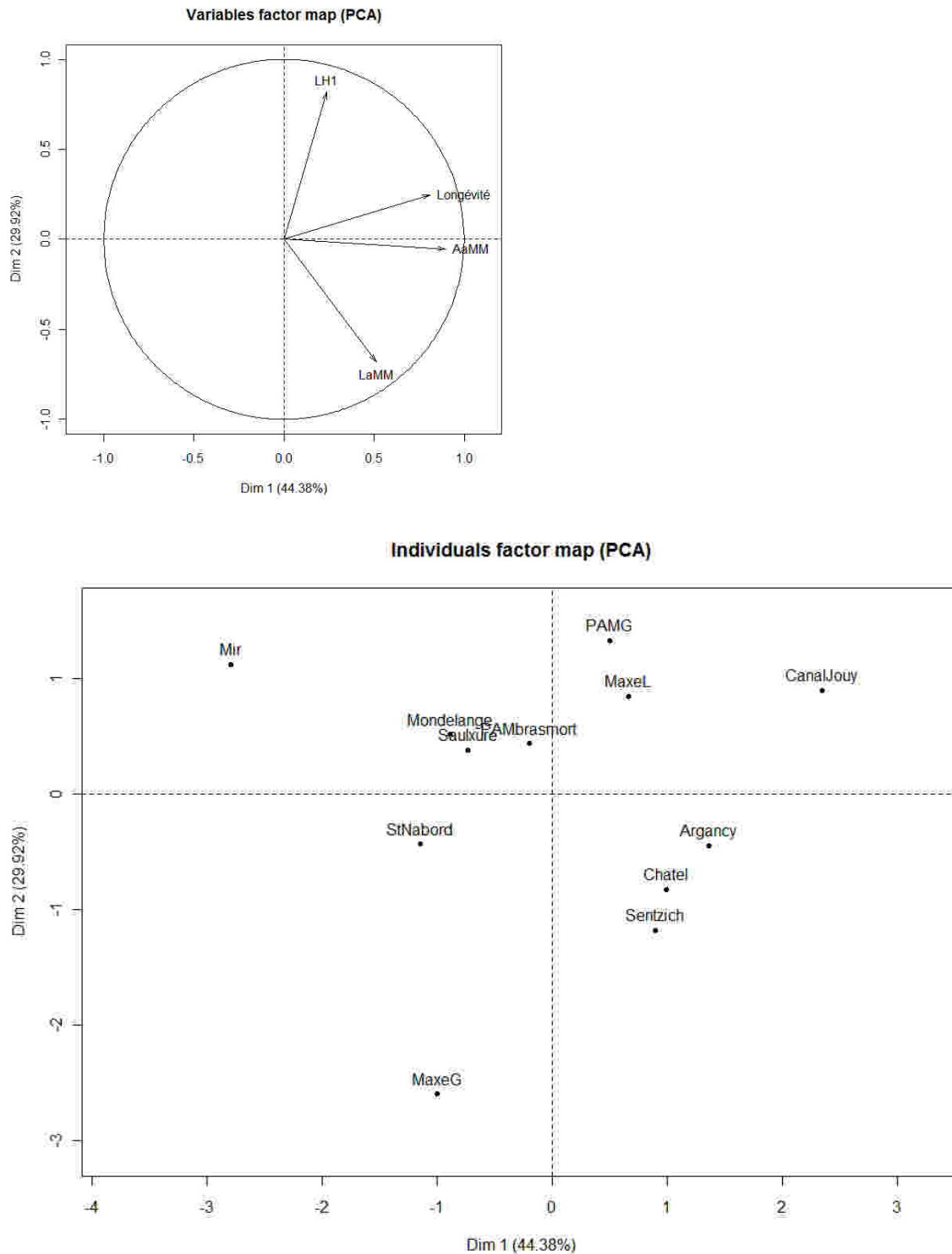
Pour comparer nos données avec la littérature, une régression linéaire a été effectuée en comparant l'âge de maturité des perches soleils femelles et leur croissance juvénile (Tableau

26). L'âge à maturité des femelles n'est pas du tout corrélé avec la taille au deuxième hiver (LH2) ( $R^2=0.028$ , p-value de 0.278). Cependant, l'âge de maturité est fortement corrélé avec la taille au premier hiver (LH1) ( $R^2 = 0.494$ , p-value de 0.0065). Ainsi pour les résultats suivant, la croissance des juvéniles est représentée par la taille au premier hiver et non la taille au deuxième hiver. Les différentes figures représentant les Analyses en Composantes Principales sont déterminées par quatre variables, la longévité, la longueur des individus au premier hiver, l'âge et la taille à maturité (Figures 51 et 52). Ces quatre variables permettent de discuter si les individus présents dans les différents sites ont développé une stratégie « r » ou plutôt une stratégie « K ». Le réservoir du Mirgenbach se distingue des autres sites chez les deux sexes par une faible longévité (4 ans), une longueur et un âge à maturité faibles (65,3 mm et 1,3 ans chez les femelles et 57,5 mm pour 1,4 ans chez les mâles (Tableaux 26 et 27), mais une taille au premier hiver assez élevée (47,6 mm chez les femelles et 47,3 mm chez les mâles). Tous ces paramètres indiquent que dans ce site, les femelles et les mâles ont développé une stratégie « r », et sont donc considérés comme proliférants (Figures 51 et 52). Le canal de Jouy est assez proche du Mirgenbach chez les femelles, mais chez les mâles, le canal de Jouy est à l'opposé du Mirgenbach sur l'axe Dim 2. Cette différence est due principalement au fait que les femelles dans ce site ont une longévité faible (4 ans), une taille et un âge à maturité assez faible (65 mm pour 1,4 ans), et une longueur au premier hiver assez importante (45 mm). A contrario, chez les mâles, la longueur à maturité est très forte (100 mm), l'âge à maturité forte (2,9 ans), une taille au premier hiver importante (plus de 49 mm au premier hiver) et une longévité importante (6 ans).

La gravière de Pont-à-Mousson et la lagune de La Maxe ont des caractéristiques assez similaires et se différencient des autres sites par une longueur à maturité forte (67,6 mm et 76,4 mm respectivement dans les deux sites chez les femelles), une taille au premier hiver importante (50,2 et 49,6 mm chez les femelles respectivement dans les deux sites), et une longévité forte puisque les individus atteignent l'âge de 6 ans dans les deux sites. Les perches soleil dans ces deux sites sont ainsi considérés comme étant entre non-invasives et invasives. Pour les autres sites, le potentiel invasif des femelles et des mâles est considéré comme ayant entre une stratégie « r » et « K » puisque suivant le sexe, les individus changent plus ou moins de stratégie.



**Figure 51. Analyse en Composantes Principales chez les femelles, représentant les différents sites suivant les quatre variables (longévité, l'âge à maturité (AaM), la taille à maturité (LaM), et la longueur des individus au premier hiver (LH1)).**



**Figure 52. Analyse en Composantes Principales chez les mâles non-cocufiants, représentant les différents sites suivant les quatre variables (longévité, l'âge à maturité (AaM), la taille à maturité (LaM), et la longueur des individus au premier hiver (LH1)).**

D'après la Figure 53 représentant le modèle de Copp et Fox (2007), la perche soleil aurait un potentiel invasif dans trois sites, la lagune La Maxe, le réservoir du Mirgenbach, et dans le Canal de Jouy-aux-Arches. Non loin de ces trois sites, se situe, la gravière de Pont-à-

Mousson, entre la zone intermédiaire de transition et la zone « invasive ». Dans deux sites, le bras mort de Pont-à-Mousson et dans la gravière de Châtel-sur-Moselle, les perches soleils sont considérés comme strictement non-invasives. Toutes les autres gravières se situent dans la zone de transition entre non-invasive et invasive.

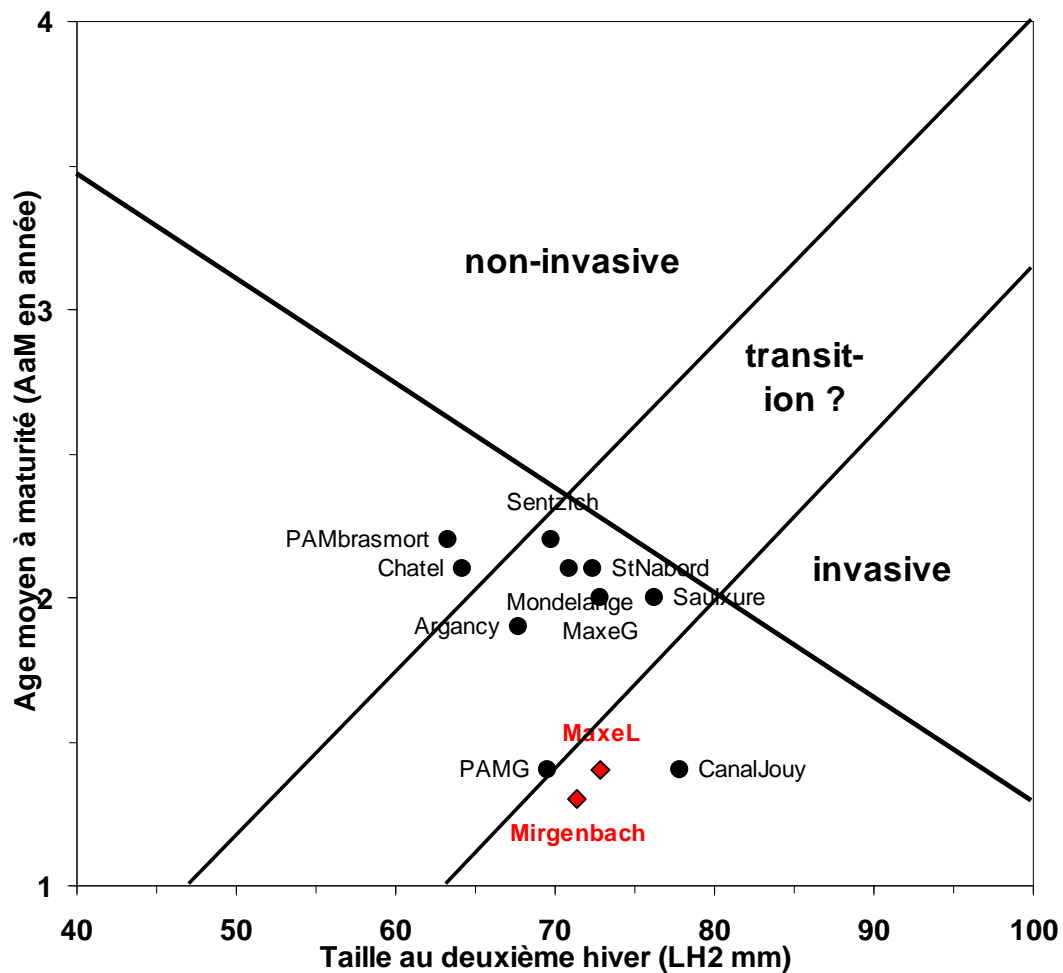


Figure 53. Age moyen à maturité (AaM) suivant la taille au deuxième hiver (LH2 mm) chez les femelles d'après le Modèle de Copp et Fox (2007)

## IV/ Discussion

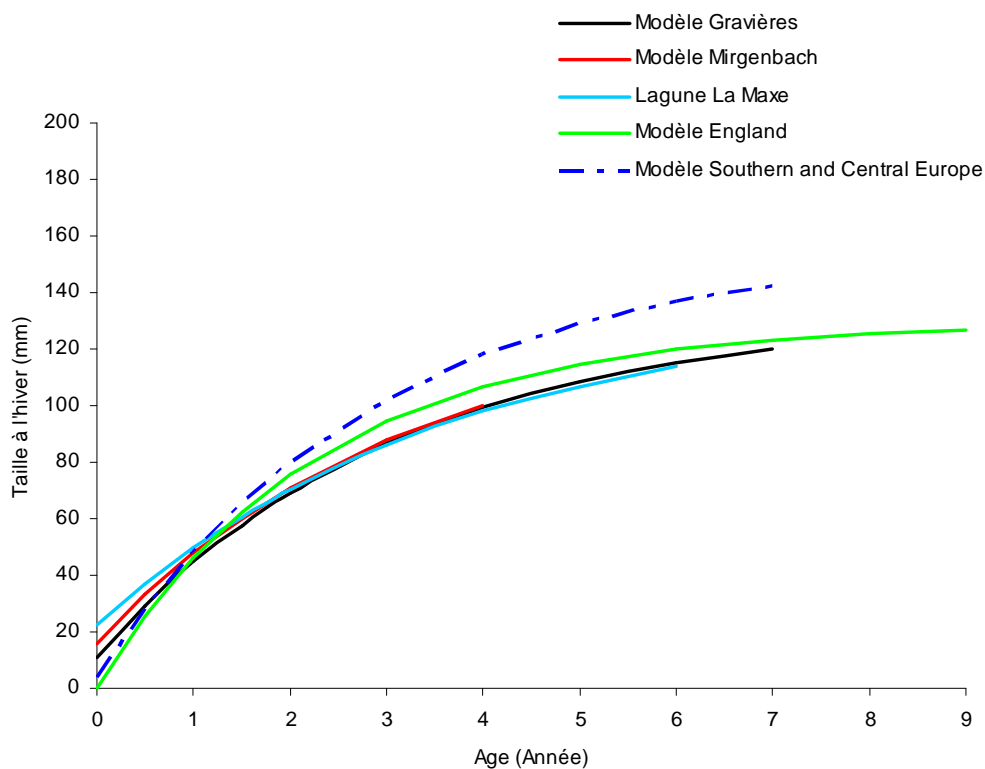
La distribution, les structures d'âge et le potentiel invasif des populations de perches soleil en Europe sont susceptibles de changer sous l'effet d'un réchauffement climatique. En effet, la croissance et la maturation des individus sont influencés par les conditions environnementales, comme le climat, la disponibilité en nourriture, absence/présence de prédateurs et/ou la présence d'autres espèces de poissons susceptibles de devenir des compétiteurs potentiels. Un changement vers de plus haute température et de plus longues plus longues saisons de croissance entraineraient un apport plus élevé des aliments, une plus grande efficacité d'assimilation alimentaire et / ou une baisse des dépenses d'énergie, entraînant donc un changement certain dans le métabolisme et la croissance des individus (Cucherousset et al, 2009). De plus, les différents modèles du changement climatique annoncé prévoient une augmentation des événements climatiques extrêmes (sécheresse, crue) et des saisons froides plus « douces », entraînant une période favorable à la croissance de la perche soleil plus longue (Masson et al, 2011). D'autre part, d'après Cucherousset et al (2009), lorsque l'on considère des populations dans des latitudes voisines, d'autres variables environnementales vont influencer les traits biologiques. C'est ce qu'on observe dans notre étude.

### *La croissance des individus*

Les modèles de croissance calculés dans le Nord- Est de la France, que ça soit dans les milieux échauffés ou dans les gravières, suivent une même trajectoire (Figure 54). Cependant, les sites échauffés du réservoir du Mirgenbach et de la lagune de La Maxe présentent des températures favorables à une croissance élevée au cours de la première année de vie des individus, la croissance des juvéniles (inférieure à 1 an) dans les milieux échauffés étant plus rapide que celle des gravières et des populations européennes. Il est connu qu'à une température égale à 10°C, la croissance de la perche soleil est très faible, et à 5 °C, aucune croissance ne peut se faire. A contrario, une température supérieure à 15 °C permet une accélération de la croissance chez les perches soleil pendant 4 à 5 semaines, mais pourtant le taux de croissance diminue (Tomecek et al, 2007). Les températures dans le réservoir du Mirgenbach et dans la lagune La Maxe, descendent très peu sous le seuil de 10 °C. Ainsi, la croissance des individus débutent plus tôt dans les milieux échauffés que dans les milieux non

échauffés, favorisant principalement la croissance des jeunes dans leur première année de vie, alors que dans les différentes gravières, la croissance des individus ne débute qu'en mars. De plus, une eau où la température est très forte ne permet pas une forte croissance des individus, une plus faible croissance à été notifiée (Tomecek et al, 2007). C'est sans doute pour cela que les individus dans le réservoir du Mirgenbach, ont une plus faible taille adulte.

Dans son aire d'origine et son aire d'introduction, les populations diffèrent dans la croissance des adultes mais non dans la croissance des juvéniles. Le fort taux de croissance des adultes dans les populations Nord-Américaines sont liés à un changement de nourriture (d'une espèce de mollusque vers une autre) qui n'arrive que très rarement en Europe (Copp et al, 2004). De plus, la différence entre la croissance des populations Européennes par rapport à celles Nord-Américaines est le résultat d'un plus fort effort de reproduction en relation avec la colonisation de nouveaux écosystèmes. En effet, l'énergie liée à la croissance est en compétition directe avec l'énergie liée à la reproduction (Arendt et Wilson, 1997), et le modèle de croissance de Von Bertalanffy reflète bien cette optimisation entre la croissance et la reproduction (Copp et al, 2004).



**Figure 54. Modèle de croissance de Von Bertalanffy représentant différentes populations femelles du Centre et du Sud de l'Europe et en Angleterre (Villeneuve et al, 2005), en comparaison avec nos sites d'études**

Dans nos sites d'études, les âges moyens de maturité sont les plus faibles observés pour de telles latitudes (Dembski et al, 2006 ; Valente, 2009 ; Masson et al, 2011). Cette précocité dans la maturation sexuelle aurait pour conséquence, une longévité réduite (Gutiérrez-Estrada et al, 2000 ; Cucherousset et al, 2009). Cette hypothèse est vérifiée par les données obtenues dans le réservoir du Mirgenbach où les individus sont matures à 1 an avec une longévité de 3 à 4 ans contrairement aux populations anglaises, dont la longévité est de 9 ans et la maturité atteinte à 2 ans (Copp et Fox, 2007). Les courbes de croissance pour les populations du reste de l'Europe (Angleterre et celle du Sud et Centre de l'Europe) se distinguent des modèles du Nord-Est de la France, par une croissance des juvéniles moins élevée, puis par une forte croissance des adultes, le modèle des populations du Sud et du Centre de l'Europe dominant très nettement les autres modèles. De plus, en comparaison avec les autres modèles, les populations anglaises peuvent atteindre un âge beaucoup plus important (9 ans) que dans les autres populations où l'âge atteint au maximum est de 7 ans pour les populations du reste de l'Europe.

Les populations vivant en Angleterre ont développés une faible croissance et de petites tailles similaires aux populations du reste de l'Europe, mais les populations anglaises se sont distingués par une croissance encore plus lente et une maturation plus tardive (Villeneuve et al, 2005). La croissance des juvéniles est plus faible, ainsi que la taille des individus, et l'âge à maturité plus tardive en Angleterre que dans les populations du Sud ou du Centre de l'Europe, ceci étant principalement dû à de plus faibles températures en Angleterre. Cependant, aucune preuve de reproduction dans les rivières anglophones n'a été trouvée, et le recrutement des populations des rivières s'effectue par le mouvement des populations établies dans les étangs vers les eaux courantes, lors des crues ou lors des vidanges. En effet, les températures plus froides des rivières, les populations de perche soleil sont incapables de s'établir dans ces eaux (Villeneuve et al, 2005).

Les tailles importantes des populations du Centre et du Sud de l'Europe peuvent être dues pour plusieurs raisons et notamment pour atteindre une taille refuge contre la prédation ou la compétition, ou pour atteindre une taille minimum pour la survie hivernale (Arendt et Wilson, 1997 ; Arendt et al, 2001). En effet, une pression de prédation a été démontré avoir une forte influence sur la taille du corps pour certaines espèces de poissons, et notamment pour la perche soleil (Copp et al, 2004). Une croissance rapide des individus aide un animal à atteindre une taille refuge pour la compétition, et pour la prédation (Arendt et Wilson, 1997 ; Arendt et al, 2001 ; Copp et al, 2004) et entraîne un retard de maturité (Copp et al, 2004 ; Villeneuve et al, 2005). Cependant, certains désavantages liés à une rapide croissance pour

atteindre une taille refuge peuvent être notifiés, comme un plus faible développement, une baisse de défense contre les pathogènes, et/ou ont une plus courte durée de vie (Arendt et Wilson, 2001). De plus, une croissance rapide compromet le développement des os, et des écailles, qui sont plus faibles quand le poisson grandit vite, mais on ne peut être certain que cela interfère dans la fitness des poissons (Arendt et al, 2001).

Toutefois, le modèle de croissance de Von Bertalanffy a ses limites. En effet, à travers chaque modèle de croissance calculée dans chacun des sites, des valeurs aberrantes ont été notifiées (Tableau 28), cela pouvant être dû principalement à un faible effectif comme pour le bras mort de Pont-à-Mousson. Fox (1994), Copp et al (2004) et Cucherousset et al (2009) ont observé de telles valeurs aberrantes. De plus, le modèle de croissance de Von Bertalanffy permettrait une bonne prédiction de la croissance après la période de reproduction mais pas avant (Lester et al, 2004).

#### *Le potentiel invasif de la perche soleil*

L'indice de condition (IK) varie suivant les différents sites, et est influencé par les conditions locales (Cucherousset et al, 2009), et est susceptible de varier au cours des saisons en fonction de l'accumulation et perte d'énergie ou de masse ; c'est aussi le cas d'organes intervenant dans le développement sexuel comme les gonades et le foie. Les populations Nord-Américaines de perche soleil sont souvent structurés par la taille en association avec la prédation ou la compétition, et les juvéniles présentent une distincte niche écologique par rapport aux adultes (ce qu'on n'observe pas dans les populations européennes). Le taux de croissance des juvéniles est relié à l'abondance, dû principalement au fort effet de compétition (Copp et al, 2004). Cela est aussi vrai dans le cas de notre étude puisque la relation reliant la taille au deuxième hiver (LH2) et l'abondance (effort de pêche) est fortement significatif ( $P < 0.001$ ).

L'âge à maturité et l'énergie lié à la reproduction chez les femelles sont influencées par la croissance juvénile (avant qu'ils entrent en maturité). En effet, le taux de croissance juvénile au deuxième hiver et l'âge à maturité sont très nettement corrélés (Copp et al, 2002 ; Copp et Fox, 2007 ; Villeneuve et al, 2005). Copp et Fox (2007) trouvent une corrélation entre ces 2 variables à l'échelle européenne (36 populations)  $r^2=0.61$ ,  $P<0.001$ . Au contraire aucune relation n'a été trouvée dans notre étude ( $p > 0.05$ ) entre le taux de croissance juvénile au deuxième hiver (LH2) et la longueur à maturité chez les femelles. En effet, Copp et Fox

(2007) ont démontré que la moyenne des âges à maturité à travers les populations européennes est trois fois plus variable que la moyenne des longueurs à maturité. Cependant, dans nos sites d'études, les individus sont matures dès l'âge d'un an, voir 2 ans dans certains sites (comme à Châtel-sur-Moselle ou dans la gravière de Sentsich). Aucune corrélation n'a été donc trouvée entre l'âge de maturité et la taille au deuxième hiver, cependant l'âge à maturité est fortement corrélé avec la taille au premier hiver ( $P < 0.01$ ). Cependant, avec la taille au premier hiver, on introduit une source de variation liée à la durée de reproduction relativement longue, entre 2 et 3 mois pendant la période estivale, ce qui signifie que les individus nés en juillet seront plus grand à l'hiver 1 que les individus nés en août. Dans le modèle présenté par Copp et Fox (2007), seules les deux variables (longueur au deuxième hiver et âge à maturité) sont donc présentés, mais d'autres caractéristiques relatifs au potentiel invasif des espèces comme le taux de mortalité, la plasticité, la stratégie de reproduction (Cucherousset et al, 2009) ou encore l'abondance des espèces sont absentes. Ces variables permettrait de supposer si une population a une stratégie « r » misant alors sur la reproduction avec un fort taux de croissance, ou au contraire une stratégie « K ». Selon l'histoire de vie des individus, les femelles ont tendance à investir dans la croissance et plus tard dans la maturité, ce qui entrainerait une augmentation de la fécondité (Gutiérrez-Estrada et al, 2000). Pour la perche soleil, les multiples frais entraînent un avantage certain pour cette espèce dans les environnements fluctuants. En effet, les populations ne sont pas en danger quand des événements catastrophiques détruisent la totalité d'une fraie d'une année donnée (Gutiérrez-Estrada et al, 2000). Toutefois, une faible longévité, comme cela est le cas dans le réservoir du Mirgenbach, expose la population en cas de mauvaise reproduction lors d'une année particulière.

Une ACP a donc été effectuée pour déterminer le potentiel invasif (stratégie « r ») suivant 4 variables : la longévité, la longueur des individus au premier hiver, l'âge et la taille à maturité. Une population est considérée ayant un potentiel invasif comme ayant une fiable longévité, une longueur (LaM) et un âge à maturité (AaM) faibles, ainsi qu'une taille au premier hiver (LH1) importante. Une différence avec les données rapportées par l'ACP (Figure 51) et le modèle de Copp et Fox (Figure 53) est marquée, puisque le potentiel invasif des femelles varie suivant le modèle. On note ainsi 4 différences majeures entre les deux méthodes, Modèle de Copp et Fox (2007), et l'ACP (Tableau 30). En effet, les individus de Châtel-sur-Moselle sont classés comme étant en zone de transition par l'ACP, alors que le modèle de Copp et Fox classerait ces individus comme étant non-invasifs. Ceci serait principalement dû au fait que les individus ont une taille au premier hiver très faible (41,4), alors que la longueur

à maturité (73,9 mm), l'âge à maturité (2,1 ans ) et la longévité (5 ans) sont fortes. Pour le modèle de Copp et Fox, le bras mort de Pont-à-Mousson ainsi que la gravière de Châtel-sur-Moselle, se différencient des autres sites par le fait que les individus femelles ont un profil non-invasif.

De plus, d'après ce modèle, la perche soleil a un caractère purement invasif dans 3 sites, la lagune La Maxe, le réservoir du Mirgenbach, et dans le Canal de Jouy-aux-Arches (Figure 53). Mais pour l'ACP, seuls le réservoir du Mirgenbach et le Canal de Jouy ont des caractéristiques invasives (faible longévité, longueur et un âge à maturité faibles, et une taille au premier hiver assez élevée), et la lagune La Maxe est classée en zone de transition par l'ACP (Tableau 30). Non loin de ces trois sites, entre la zone intermédiaire de transition et la zone « invasive », se situe la gravière de Pont-à-Mousson. D'après l'ACP, la gravière de Pont-à-Mousson et la lagune de La Maxe ont des caractéristiques assez similaires dont une longueur à maturité forte, une taille au premier hiver importante, et une longévité élevée.

Deux autres différences sont à notés entre ces deux méthodes, au niveau de la gravière de la Maxe et celle de Saulxures-sur-Moselotte qui sont répertoriées en zone de transition par la méthode de Copp et Fox, et comme ayant un potentiel non-invasif par l'ACP. Ceci étant du au fait que la longueur moyenne au premier hiver est très faible pour les deux sites (39,6 mm pour la Maxe, et 40 mm à Saulxures-sur-Moselotte).

**Tableau 30. Récapitulatif du potentiel invasif de la perche soleil dans les différents sites suivant les différentes méthodes : Modèle de Copp et Fox, 2007 (1), Analyse en Composantes Principales (2)**

	Invasive	En transition	Non-invasive
<b>Argancy</b>		1 ; 2	
<b>Canal de Jouy</b>	1 ; 2		
<b>Châtel/Moselle</b>		2	1
<b>Gravière La Maxe</b>		1	2
<b>Lagune La Maxe</b>	1	2	
<b>Mirgenbach</b>	1 ; 2		
<b>Mondelange</b>		1 ; 2	
<b>PAM bras mort</b>			1 ; 2
<b>PAM gravière</b>		1 ; 2	
<b>Saulxures</b>		1	2
<b>Sentzich</b>		1 ; 2	
<b>St Nabord</b>		1 ; 2	

## *Effet thermique*

Le taux de croissance dépend d'une variété de facteurs abiotiques (température, taux d'oxygène dissous, ammonium, salinité, photopériode, disponibilité et qualité en nourriture...), et de facteurs biotiques (degré de compétition et densité de population) (Blanck et Lamouroux, 2006). D'après plusieurs études, la latitude influencerait le taux de croissance des femelles et leurs traits d'histoire de vie (Gutiérrez-Estrada et al, 2000 ; Copp et al, 2002, 2004 ; Blanck et Lamouroux, 2006 ; Copp et Fox, 2007). En effet, d'après ces études, les populations à hautes altitudes ou latitudes, sites où les eaux sont plus froides, grandissent souvent moins vite, sont matures plus tard, ont de plus grande tailles, ont une plus longue durée de vie et génère plus d'énergie pour la reproduction que les populations à basse latitude (eaux plus chaudes). A contrario, les populations établies en Europe, ont de plus faible croissance que les populations Nord-Américaines (Gutiérrez-Estrada et al, 2000 ; Copp et al, 2002, 2004 ; Copp et Fox, 2007), et le taux de croissance juvénile décroît ainsi avec la latitude (Copp et al, 2002). Cependant, les petites tailles des individus en Europe peuvent être aussi dûes à une sélection génétique, en effet, seuls les plus petits individus ont été importés en Europe pour les aquariums (Copp et Fox, 2007).

Chez les poissons, la température va conditionner la reproduction (gamétogénèse et ponte). En effet, il existe une gamme de températures optimales pour la reproduction, et pour des températures supérieurs ou inférieurs à ce seuil, la gamétogénèse et la fraie sont inhibées (Tissot et Souchon, 2010). Pour la perche soleil, les adultes sont dans leur optimum de température jusqu'à 25-30 °C et peuvent tolérés des températures pouvant atteindre 37 °C. La reproduction s'effectue généralement entre 10 et 15 °C pour cette espèce.

Dans cette étude, la température et les degrés jours influencent très significativement l'âge à maturité des femelles (l'âge à maturité des mâles étant seulement corrélé avec le nombre de jours supérieurs à 10 °C). L'âge à maturité des femelles est atteinte tôt dans les sites dans les où la température et les degrés jours sont élevés. Les autres paramètres liés à la reproduction (longueur à maturité et IGS) ne sont pas corrélés avec la température. Cela a été aussi démontré par Blanck et Lamouroux (2006), où chez la perche soleil, la longueur à maturité, la fécondité, la taille des œufs et la longueur à la saison de reproduction ne sont pas liées à la latitude (et donc à la température). De plus, l'effort de reproduction (non calculé dans cette étude) est un concept théorique selon lequel un organisme bénéficie d'une quantité limitée d'énergie acquise par la nutrition et allouée à la croissance somatique, la croissance

gonadique, ainsi qu'à la maintenance. L'effort de reproduction est ainsi corrélé positivement avec la taille à maturité et donc diminue avec la température (Copp et al, 2002 ; Copp et Fox, 2007). Ainsi, les populations se situant dans les milieux chauds développeront une maturité précoce et donc alloueront une plus faible énergie pour la reproduction (pouvant intervenir sur la qualité des gamètes), en contrepartie investiront plus dans la croissance.

En ce qui concerne la croissance des individus, seule la taille au premier hiver (LH1) est significativement corrélée avec la température moyenne à l'année, ce qui est en concordance avec les différents modèles de croissance (modèle de Von Bertalanffy) où la croissance juvénile inférieure à 1 an est plus forte dans les sites échauffés. Ainsi, une forte croissance des juvéniles, ainsi qu'une maturité précoce apparaissent être des réponses adaptives aux plans d'eau où les températures sont élevées (Cucherousset et al, 2009). De plus, selon l'histoire de vie des individus, le coût d'une maturité précoce entraîne une réduction de la longévité des individus (Gutiérrez-Estrada et al, 2000 ; Cucherousset et al, 2009). Pour Blanck et Lamouroux (2006), le taux de croissance, l'âge à maturité et la longévité ont démontré que ces caractéristiques variaient (négativement pour la croissance, positivement pour les autres traits) à travers un gradient longitudinal pour différentes espèces (comme pour la brème commune *Abramis brama* et le brochet *Esox lucius*). Cependant, pour la perche soleil, aucune relation n'a été trouvée entre la latitude et les différents paramètres représentant la croissance (longueur maximale, taux de croissance (K) ainsi que la longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) estimés par le modèle de Von Bertalanffy, et la longévité des individus).

## Conclusion :

Suivant le modèle étudié, le potentiel invasif de la perche soleil varie très nettement d'un site à une autre dans le bassin versant de la Moselle, et ceux dans une région soumises aux mêmes conditions climatiques et de photopériode. Le modèle présenté par Copp et Fox (2007), ne présente que deux caractéristiques, l'âge à maturité et la taille au deuxième hiver. Dans cette présente étude, grâce à ce modèle, les sites échauffés sont répertoriés en zone invasive, les gravières en zone transitoire et le bras mort de Pont-à-Mousson en zone non-invasive. Cependant, la taille au deuxième hiver n'est pas corrélée avec l'âge à maturité (principale caractéristique du modèle de Copp et Fox, 2007), mais avec la taille au premier hiver puisque la majorité de nos populations développent une maturation sexuelle dès l'âge d'un an.

Dans notre étude, les variations de températures entre sites échauffés et non échauffés, ou le gradient de températures amont-aval, permettent, en outre, d'expliquer la variance observée dans l'expression des traits d'histoire de vie dans les différentes populations de perches soleil étudiées. Cependant, les valeurs de températures ne permettent pas d'expliquer la variation au niveau de la croissance des adultes, mais d'autres paramètres tels que la compétition inter-espèce ou intra-espèce (abondance), et la prédation pourraient les influencer. Cependant, la température a un effet certain quant au développement de la maturité des femelles et sur la croissance des juvéniles, et influencerait ainsi nettement le potentiel invasif de cette espèce. Il est ainsi probable que la perche soleil sera favorisée par un changement global et plus particulièrement par un réchauffement climatique. En effet, un potentiel réchauffement climatique induirait une augmentation des surfaces des espaces lenticulaires, se réchauffant rapidement (Rahel et Olden, 2008). Un changement climatique aurait notamment des conséquences indirectes sur la structuration des habitats, mais aussi sur l'augmentation de la connectivité entre les zones lenticulaires favorables à la prolifération et le lit mineur dû principalement à l'augmentation des événements hydro-climatiques extrêmes tels que les crues. D'autres paramètres mésologiques (surface, profondeur, couvert végétal, ...), physico-chimiques (conductivité...) et les usages (degrés d'intervention de l'Homme) pourraient aussi expliquer la variance des traits de vie et des stratégies démographiques de la perche soleil. Pour compléter cette étude, il serait nécessaire de disposer de caractéristiques thermiques et hydro-morphologiques dans les sites où la perche soleil a été recensée, avec des

indicateurs d'abondance afin d'évaluer le niveau de prolifération de l'espèce et le risque de propagation dans le milieu naturel (Masson et al, 2011).

## Bibliographie

**Arendt, J. D., and Wilson, D. S.** (1997) Optimistic growth: competition and an ontogenetic niche-shift select for rapid growth in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*). *Evolution* **51**, 1946 – 1954.

**Arendt, J. D., Wilson, D. S., Stark, E.** (2001) Scale strength as a cost of rapid growth in sunfish. *OIKOS* **93**, 95 – 100. DOI: 10.1034/j.1600-0706.2001.930110.x

**Beisel, J.N et Lévêque, C.** (2010) Introductions d'espèces dans les milieux aquatiques : Faut-il avoir peur des invasions biologiques ? *Edition Quae, Paris*, 232 p.

**Bertalanffy (Von), L. V.** (1938) A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws, II). *Human biology, a record of research* **10**, 181 – 213.

**Blank, A., and Lamouroux, N.** (2007) Large-scale intraspecific variation in life-history traits of European freshwater fish. *Journal of Biogeography* **34**, 862 – 875. Dois : 10.1111/j.1365-2699.2006.01654.x

**Copp, G. H., Fox, M. G., and Kovac, V.** (2002) Growth, morphology and life history traits of a cool-water European population of pumpkinseed *Lepomis Gibossus*. *Archiv für Hydrobiologie*, **155** : 585 – 614.

**Copp, G. H., Fox, M. G., Przybylski, M., Godinho, F. N., and Vila-Gispert, A.** (2004). Life-time growth patterns of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* introduced to Europe, relative to native North American populations. *Folia zoologica* **53**, 237-254.

**Copp, G. H., Bianco, P. G., Bogutskaya, N. G., et al** (2005) To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *Journal of Applied Ichthyology* **21**, 242 – 262.

**Copp, G. H., and Fox, M. G.** (2007). Growth and life history traits of introduced pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) in Europe, and the relevance to its potential invasiveness. *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats Invading Nature* **2**, 289-306, DOI: 10.1007/978-1-4020-6029-8\_15.

**Cucherousset, J., Copp, G. H., Fox, M. G., Sterud, E., Van Kleef, H. H., Verreycken, H., and Zàhorskà, E.** (2009). Life-history traits and potential invasiveness of introduced pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) in northwestern Europe. *Biological invasions* **11**, 2171-2180, DOI: 10.1007/s10530-009-9493-5.

**Dembski, S.** (2005). Stratégies d'occupation spatiale en milieu lacustre : réponses de l'ichtyofaune dans un réservoir échauffé, non stratifié. Thèse. Université de Metz, U.F.R Sci.F.A.

- DeMaster, D. P.** (1978). Calculation of the average age of sexual maturity in marine mammals. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **35**, 912 – 915.
- Fox, M. G.** (1994). Growth, density, and interspecific influences on pumpkinseed sunfish life histories. *Ecology* **75**, 1157 – 1171, DOI: 10.2307/1939439.
- Fox, M. G and Crivelli, A. J.** (2001). Life history traits of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) populations introduced into warm thermal environments. *Archiv für Hydrobiologie* **150**, 561 – 580.
- Gillet, C.** (2001). Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres. Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles. Paris, INRA, 241 – 282.
- Gutiérrez-Estrada, J. C., Pulido-Calvo, I., and Fernández-Delgado, C.** (2000). Age-structure, growth and reproduction of the introduced pumpkinseed (*Lepomis gibbosa*, L. 1758) in a tributary of the Guadalquivir River (Southern Spain). *Limnetica* **19**, 21-29.
- Hunter, K.L., Fox, M.G. and Able, K.W.** (2007). Habitat influences on reproductive allocation and growth of the mummichog (*Fundulus heteroclitus*) in a coastal salt marsh. *Marine Biology* **151**, 617–627.
- I.N.P.N** (2011). Inventaire National du Patrimoine Naturel. Muséum National d’Histoire Naturelle. [http://inpn.mnhn.fr/isb/espece/cd\\_nom/69338/tab/fiche](http://inpn.mnhn.fr/isb/espece/cd_nom/69338/tab/fiche).
- I.P.C.C.** (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Sciences Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H. L. Cambridge University Press.
- Keast, A.** (1968). Feeding of some Great Lakes fishes at low temperatures. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **25**, 1199–1218.
- Keith, P., and Allardi, J.** (1997). Bilan des introductions de poissons d’eau douce en France. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, **345/345** : 181-191, DOI: 10.1051/kmae:1997021.
- Keith, P., and Allardi, J. (coord.)** (2001). Atlas des poissons d’eau douce de France. *Patrimoines Naturels* **47** : 387 p.
- Künstler, J.** (1908). *Amiurus nebulosus* et *Eupomotis gibbosus*. In: *Bulletin de la Societe’ d’Acclimatation*. 238–244 pp.
- Le Cren, E. D.** (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *The Journal of Animal Ecology* **2**, 201-219.
- Lester, N. P., Shuter, B. J. & Abrams, P. A.** (2004). Interpreting the von Bertalanffy model of somatic growth in fishes: the cost of reproduction. *Proceedings of the Royal Society of London B* **271**, 1625–1631.
- Luksiené, D., Sandström, O., Lounashemo, L. and Andersson, J.** (2000). The effects of thermal effluent exposure on the gametogenesis of female fish. *Journal of Fish Biology* **56**, 37 – 50. Doi : 10.1111/j.1095-8649.2000.tb02085.x.

**Masson, G., Valente, M., Vanacker, M.** (2011) Analyse des relations entre les stratégies démographiques de la perche soleil (*Lepomis gibbosus*) et la température dans la vallée de la Moselle. Rapport ONEMA.

**Neuheimer, A. B., and Taggart, C. J.** (2010). Can changes in length-at-age and maturation timing in Scotian Shelf haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) be explained by fishing? *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* **67** : 854-865. DOI: 10.1139/F10-025.

**Panfili, J., De Pontual, H., Troadec, H., and Wright, P. J.** (2002). Manuel de sclérochronologie des poissons. *Coédition Ifremer-IRD*, 464 p.

**Pascal, M., Lorvelec, O., Vigne, J.D.** (2006) Invasions biologiques et extinctions : 11 000 ans d'histoire des vertébrés en France. *Editions Belin-Quae, Paris*, 350 p.

**Pierce, C. L., Rasmussen, J. B. and Leggett, W. C.** (1996). Back-Calculation of Fish Length from Scales: Empirical Comparison of Proportional Methods. *Transactions of the American Fisheries Society* **125**, 889–898.

**Przybylski, M., and Zieba, G.** (2011): NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Lepomis gibbosus*. – From: Online Database of the North European and Baltic Network on Invasive Alien Species – NOBANIS [www.nobanis.org](http://www.nobanis.org).

**Rahel, F. J. & Olden, J. D.** (2008). Assessing the Effects of Climate Change on Aquatic Invasive Species. *Conservation Biology* **22**, 521–533.

**Tissot, L., and Souchon, Y.** (2010). Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons des rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen. *Hydroécologie Appliquée* **17**, 17 – 76. DOI : 10.1051/hydro/201004

**Tomecek, J., Kovac, V., and Katina, S.** (2007). The biological flexibility of the pumpkinseed: a successful colonizer throughout Europe. *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats* *Invading Nature* **6**, 307-336,

**Villeneuve, F., Copp, G. H., Fox, M. G., and Stakénas, S.** (2005). Interpopulation variation in growth and life-history traits of the introduced sunfish, pumpkinseed *Lepomis gibbosus*, in southern England. *Journal of Applied Ichthyology* **21**, 275-281, DOI: 10.1111/j.1439-0426.2005.00679.x

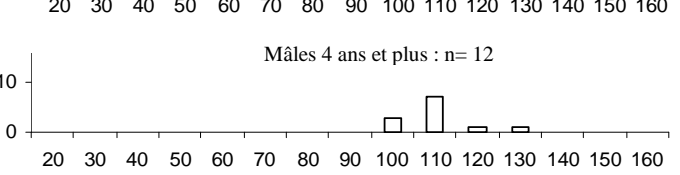
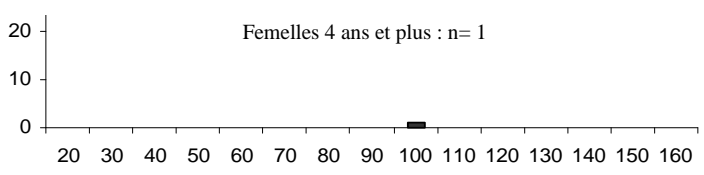
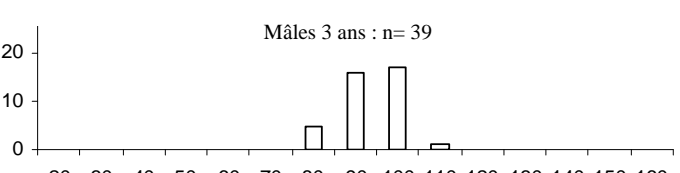
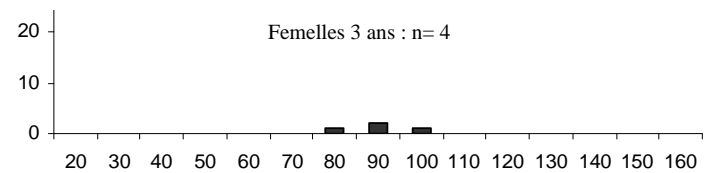
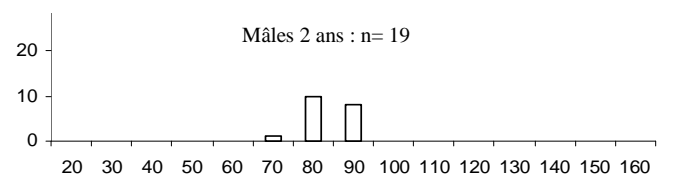
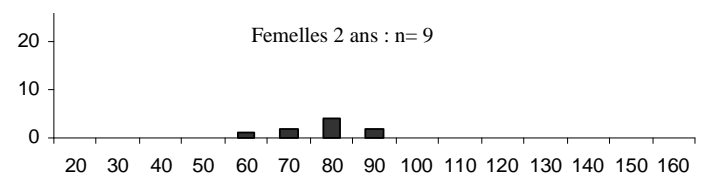
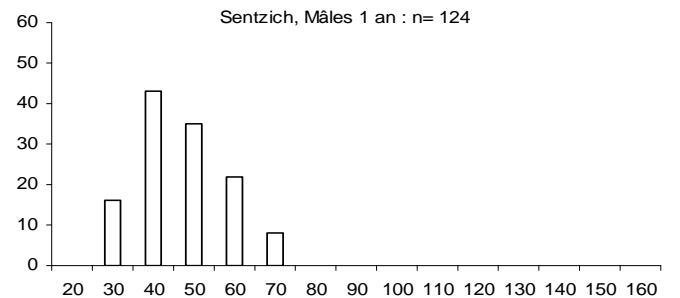
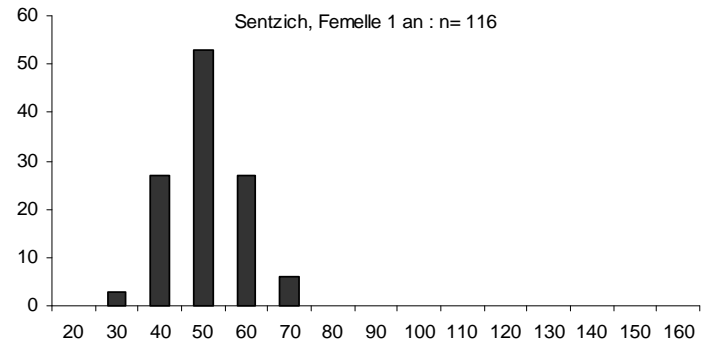
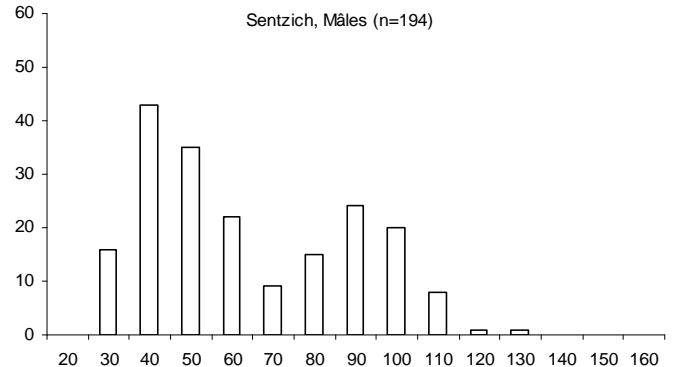
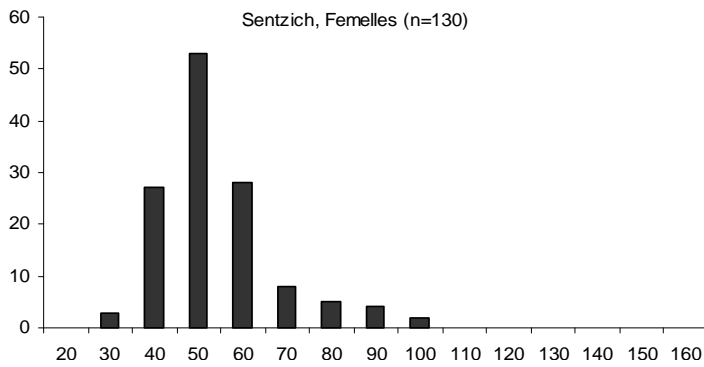
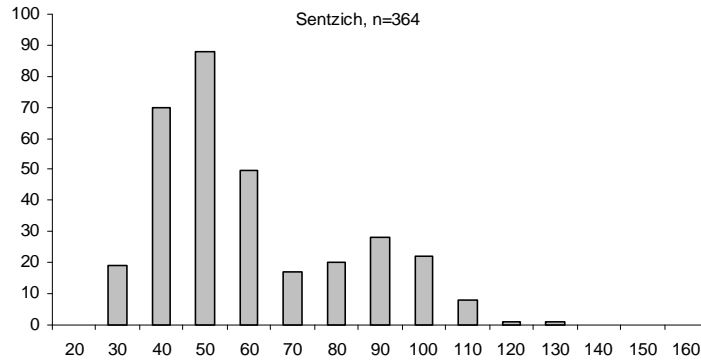
**Annexe A : Plan d'observation dans le bassin versant de la Moselle (Masson et al, 2011)**

Sites d'observation (1)	Type de système (2)		Enregistrement T°C, 2010	Pêche électrique	Site présent dans cette étude
<b>Chamagne</b>	Lit mineur (Moselle)		Oui	Non	
<b>Châtel/Moselle</b>			Non	2009	
<b>Pont-à-Mousson</b>			Oui	2009	
<b>La Maxe</b>			Non	2009	
<b>Berg/Moselle</b>			non	2009	
<b>Berg/Moselle</b>	Bras (lit majeur de la Moselle)	Bras amont	Non	2009	
<b>Châtel/Moselle</b>		Bras aval	Non	2009	
<b>Pont-à-Mousson</b>			Non	2010	Oui
<b>Lagune de La Maxe (centrale thermique, EDF)</b>		Bras aval échauffé	Oui	2009, 2010	Oui
<b>Bras mort (Metz)</b>		Bras artificiel	Oui	2009, 2010	
<b>Plan d'eau de Metz</b>			Oui	2009, 2010	
<b>Lac de Gérardmer</b>	Plan d'eau (affluent Moselle)	Lac	Oui	non	
<b>Mirgenbach (Centrale nucléaire de Cattenom)</b>		Réservoir échauffé en dérivation	Oui	2009, 2010	Oui
<b>Canal de Jouy</b>	Canal	Canal abandonné	Oui	2009, 2010	Oui
<b>Saulxures/Moselotte</b>	Plan d'eau (lit majeur Moselle)	Gravière	Oui	2010	Oui
<b>Saint-Nabord</b>			Oui	2009, 2010	Oui
<b>Châtel/Moselle</b>			Oui	2009, 2010	Oui
<b>Pont-à-Mousson</b>			Oui	2009, 2010	Oui
<b>La Maxe</b>			Oui	2009, 2010	Oui
<b>Argancy</b>			Oui	2009	Oui
<b>Mondelange</b>			Oui	2009, 2010	Oui
<b>Sentzich</b>			Oui	2009, 2010	Oui

**Annexe B : Effectif de perches soleil capturés lors des différentes campagnes et effort de pêche calculé en juin (2009 et 2010 cumulé)**

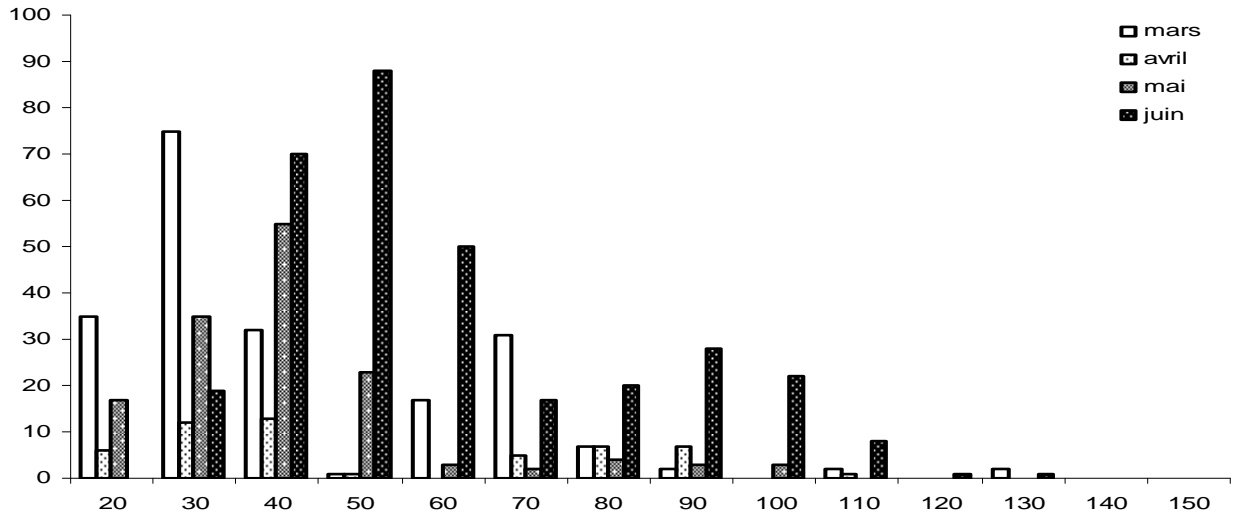
site	2009			2010				Total capturés	Effort de pêche (ind/heure)
	mai	juin	juillet	mars	avril	mai	juin		
Argancy	245							<b>245</b>	
Canal de Jouy			30				10	<b>40</b>	<b>15</b>
Chatel/Moselle		150					165	<b>315</b>	<b>286</b>
Gravière La Maxe		127					135	<b>262</b>	<b>291</b>
Lagune La Maxe		46					116	<b>162</b>	<b>51</b>
Mirgenbach		228		54	115	200	134	<b>731</b>	<b>223</b>
Mondelange			48	7	71	100	117	<b>343</b>	<b>126</b>
PAM bras mort							20	<b>20</b>	<b>40</b>
PAM Gravière		81		20	44	72	216	<b>433</b>	<b>354</b>
Saulxure							97	<b>97</b>	<b>127</b>
Sentzich		203		50	29	145	121	<b>548</b>	<b>202</b>
St Nabord		133			34	23	181	<b>371</b>	<b>377</b>

**Annexe C1. Distribution des effectifs à Sentschich en juin selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**

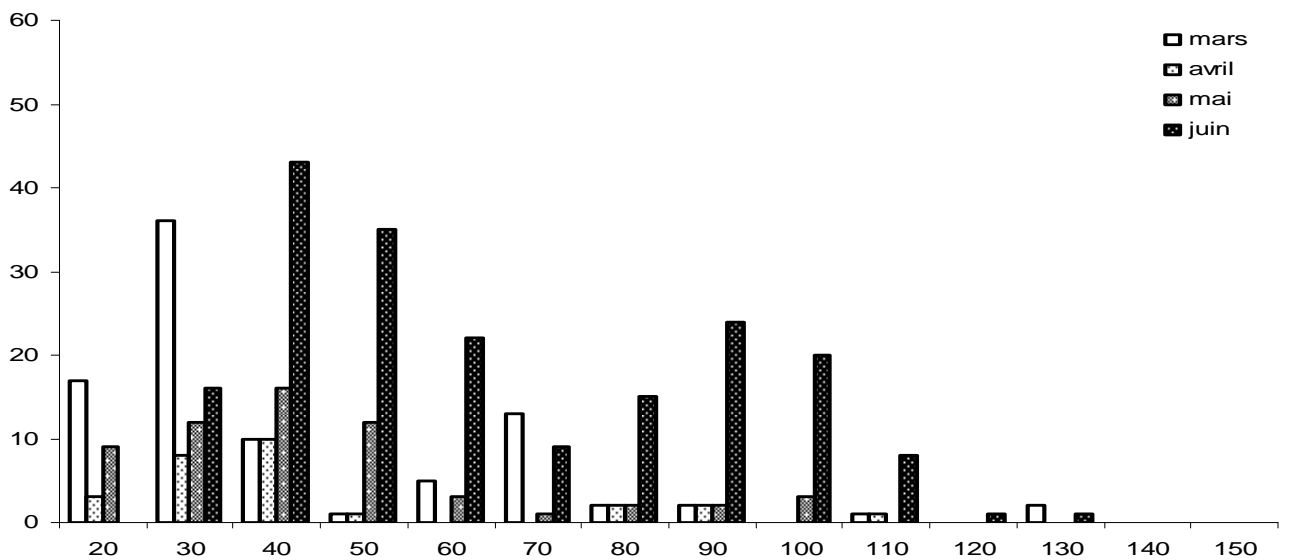
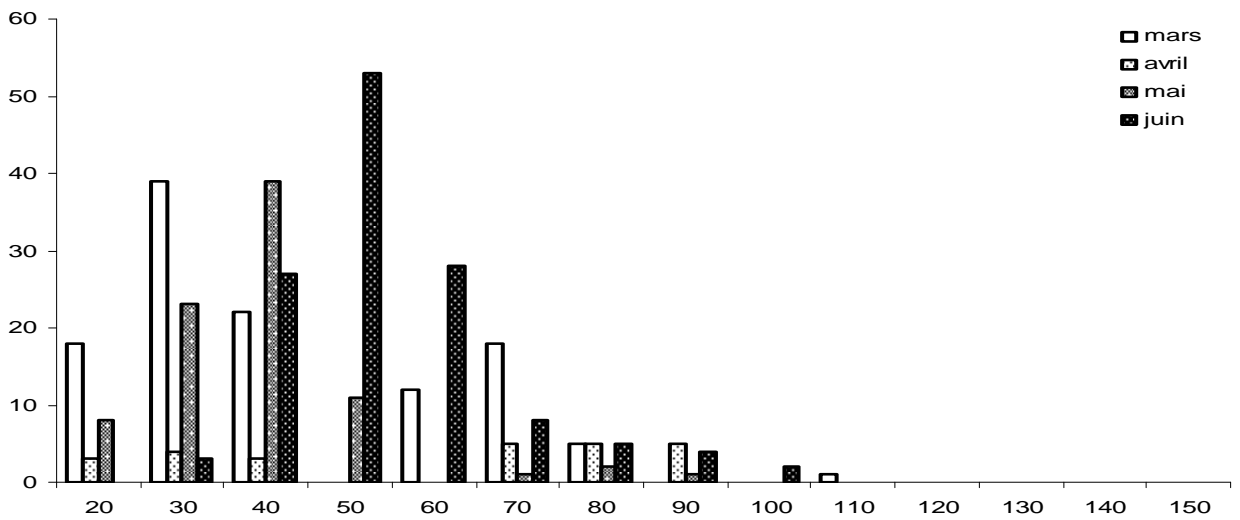


**Annexe C2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la gravière de Sentzich selon la longueur totale (LT, mm) (a : Mâles + Femelles ; b : Femelles ; c : Mâles)**

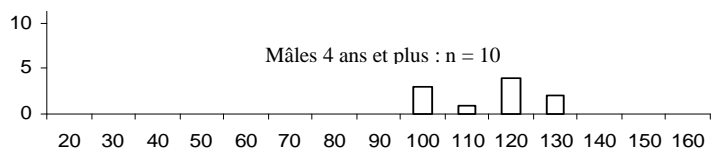
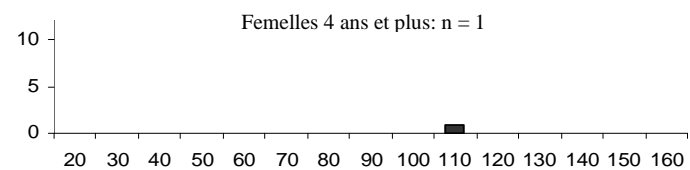
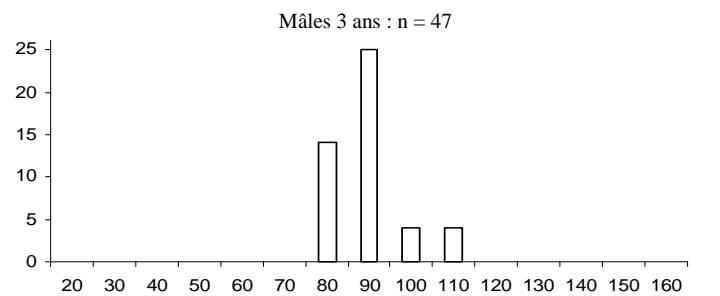
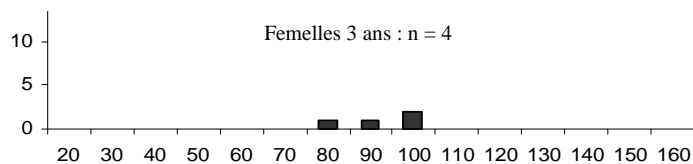
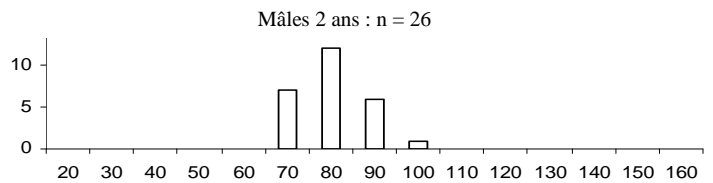
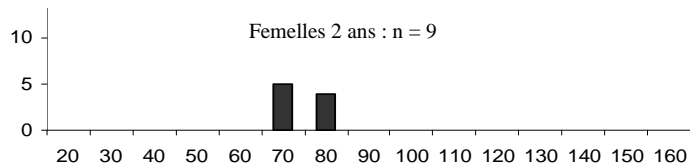
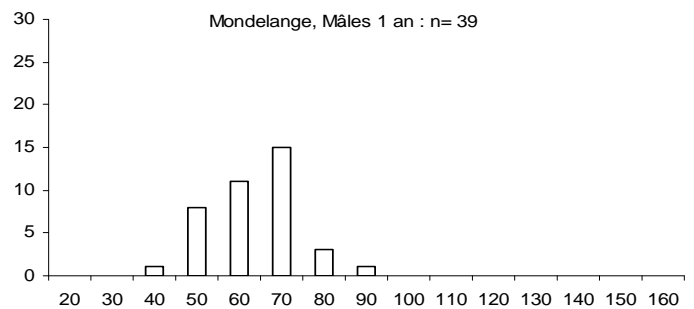
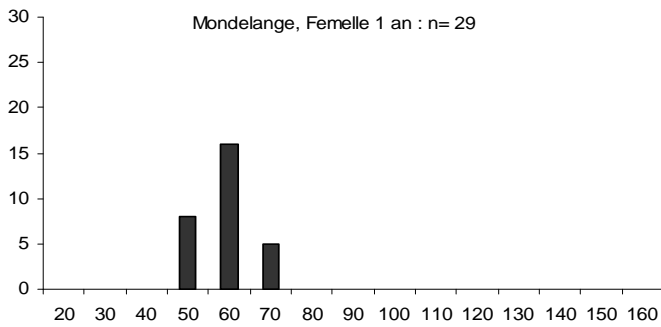
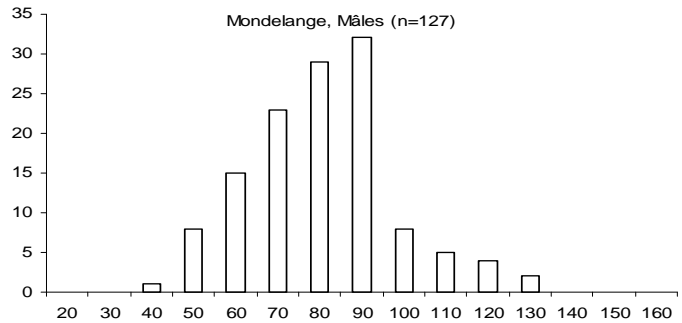
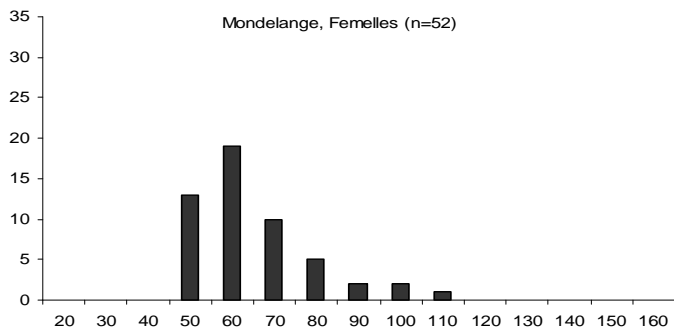
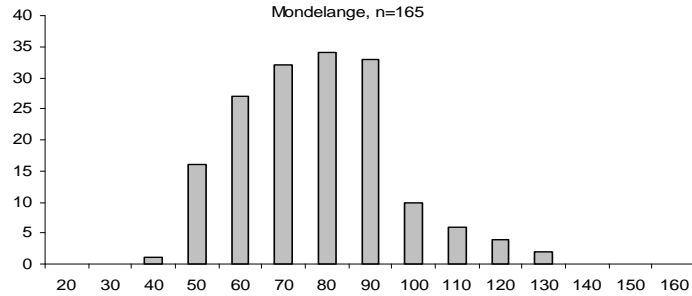
a)



b)

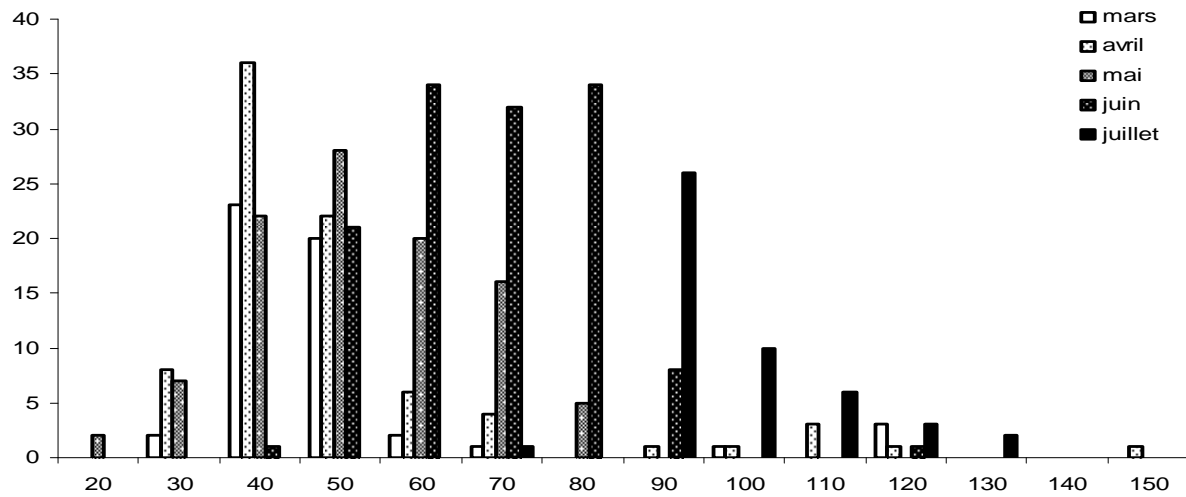


**Annexe D1. Distribution des effectifs à Mondelange en juin selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**

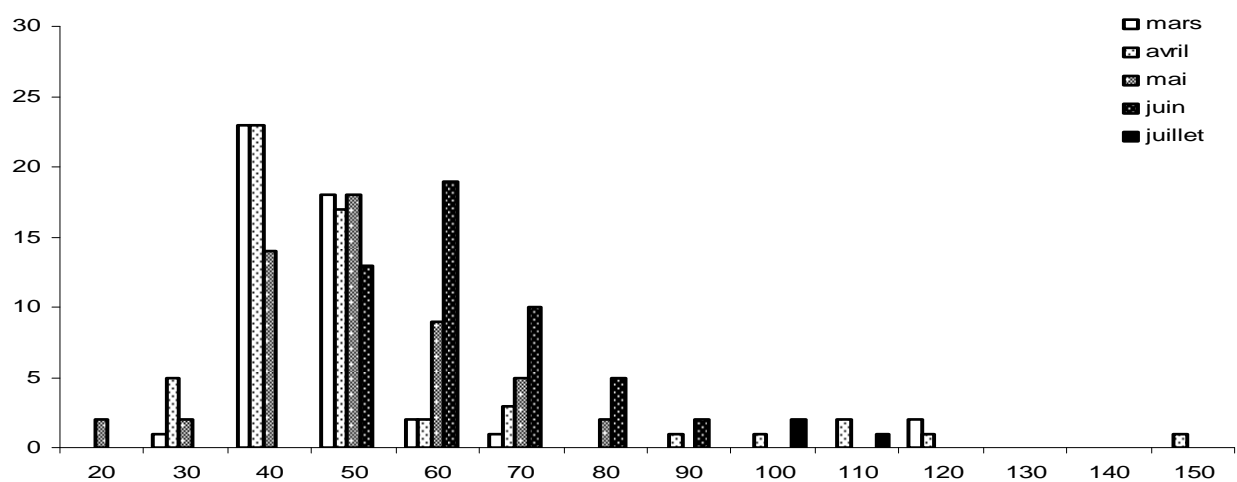


**Annexe D2. Distribution des effectifs à Mondelange pour tous les mois selon la longueur totale (LT, mm) (a : Mâles + Femelles ; b : Femelles ; c : Mâles)**

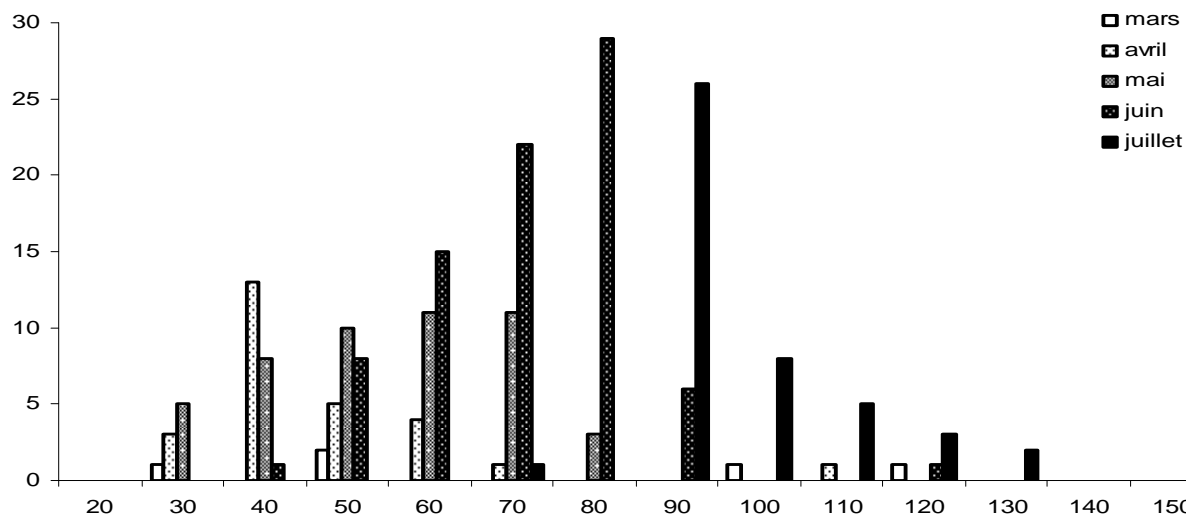
a)



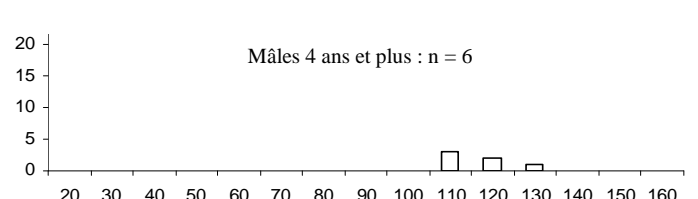
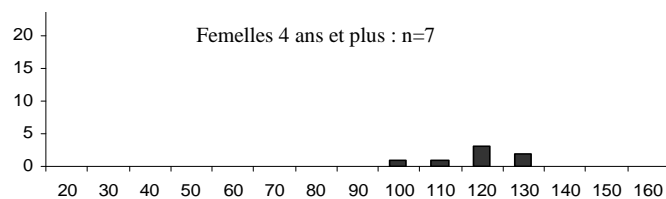
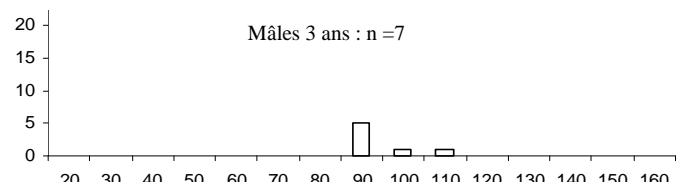
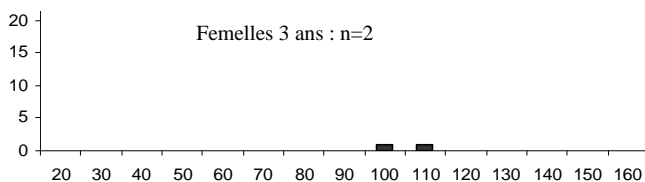
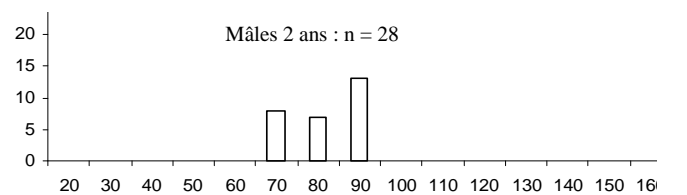
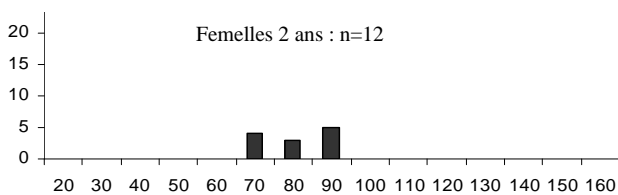
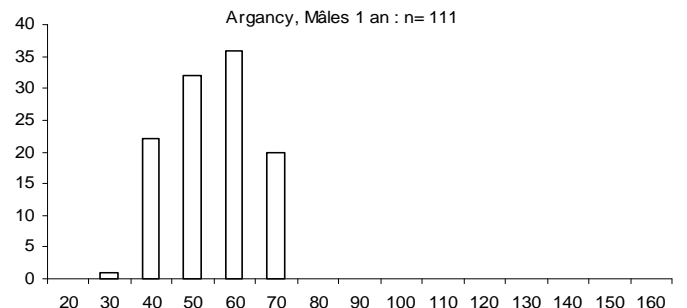
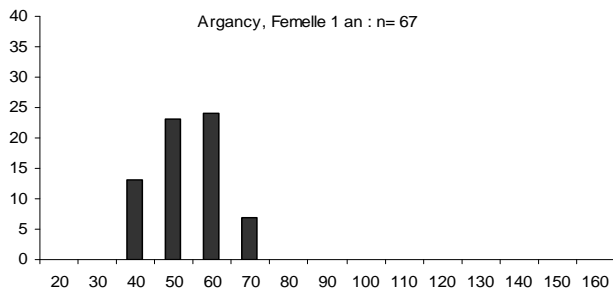
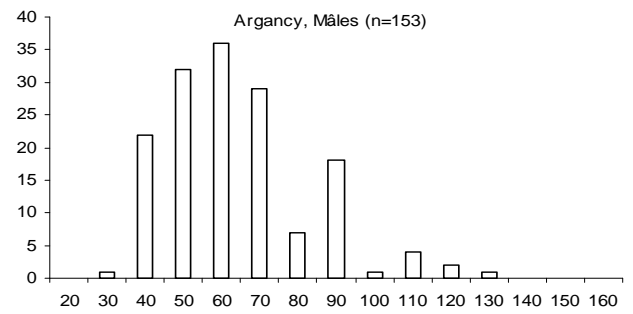
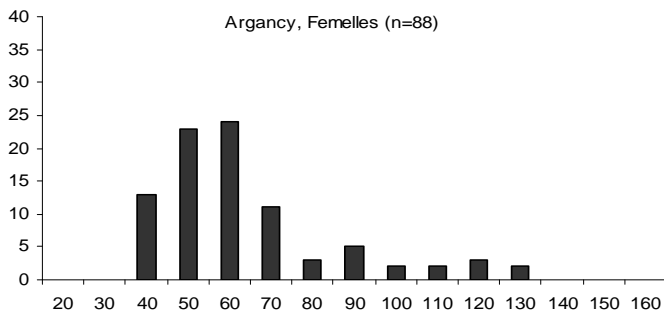
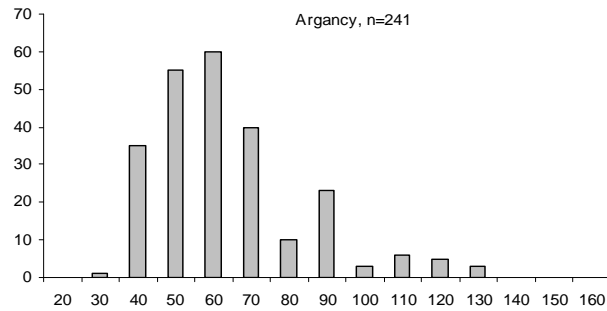
b)



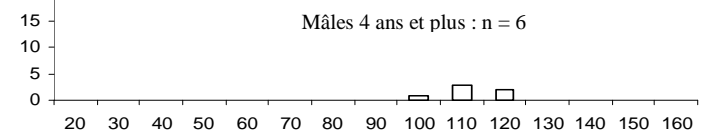
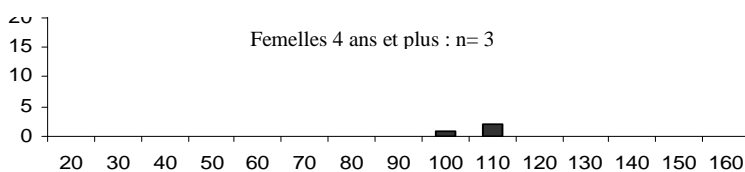
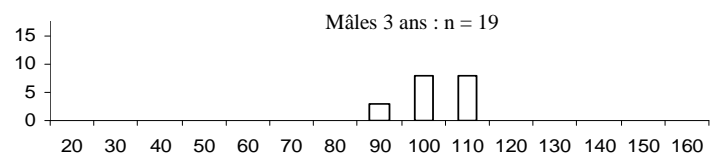
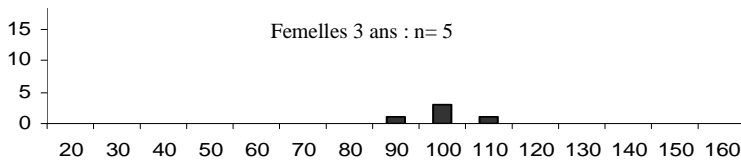
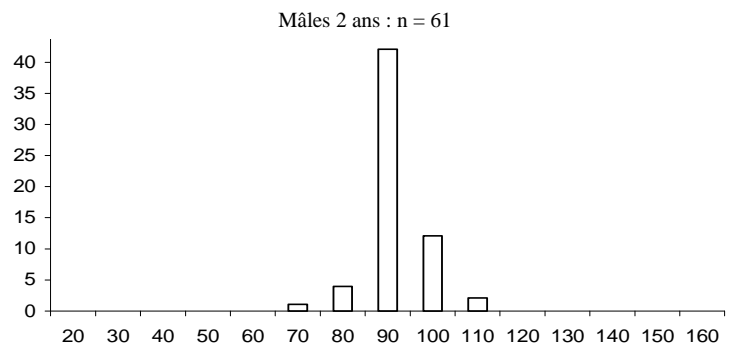
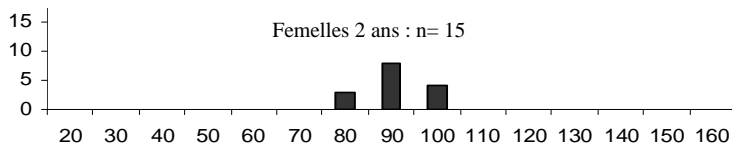
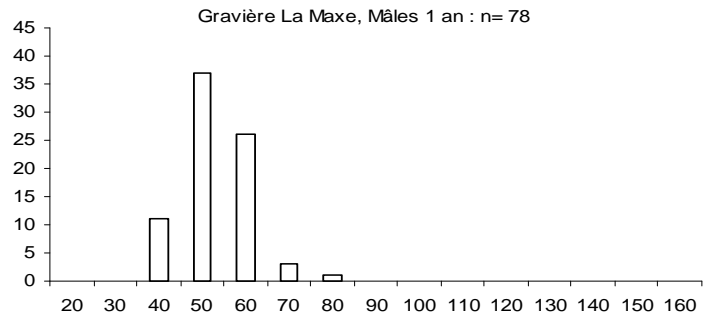
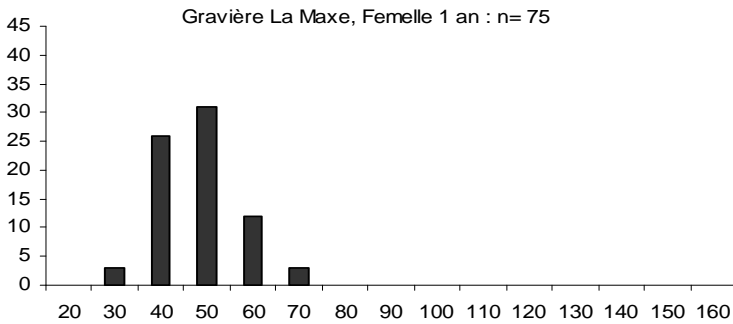
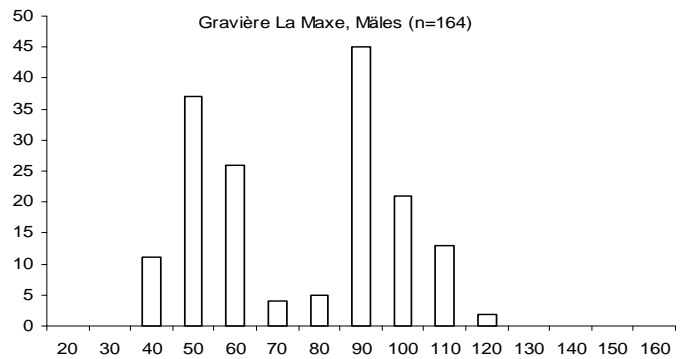
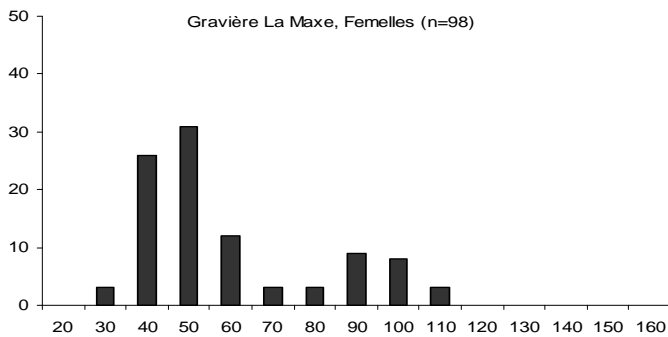
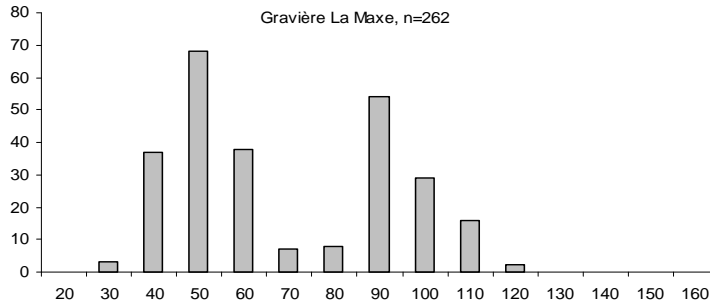
c)



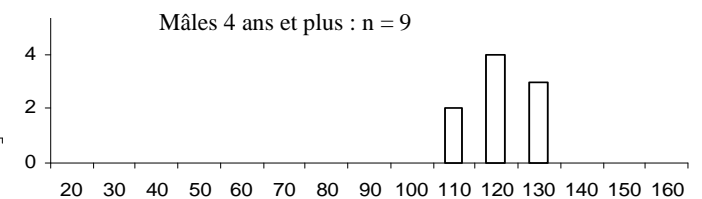
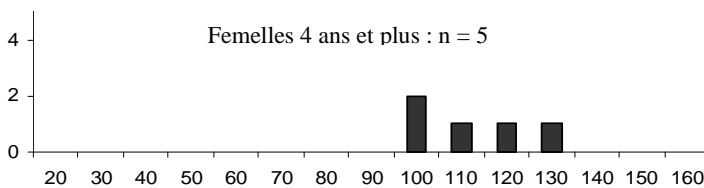
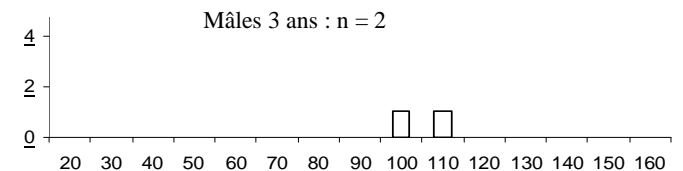
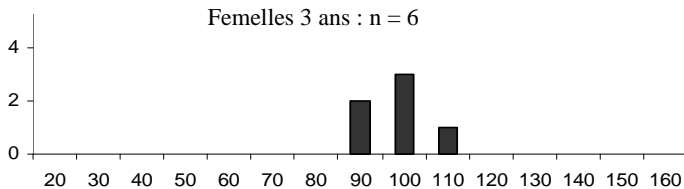
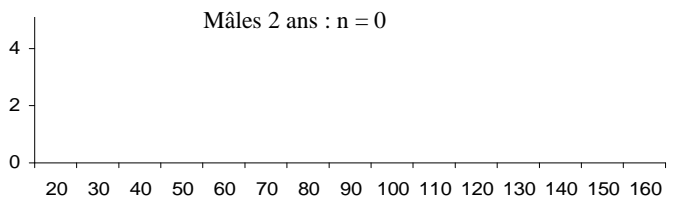
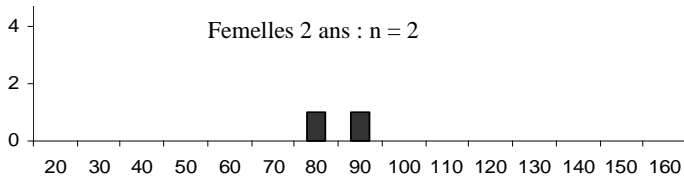
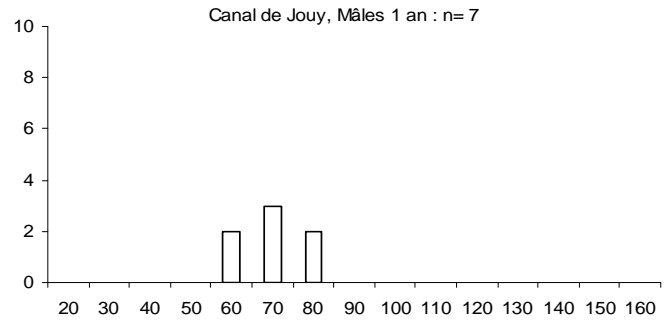
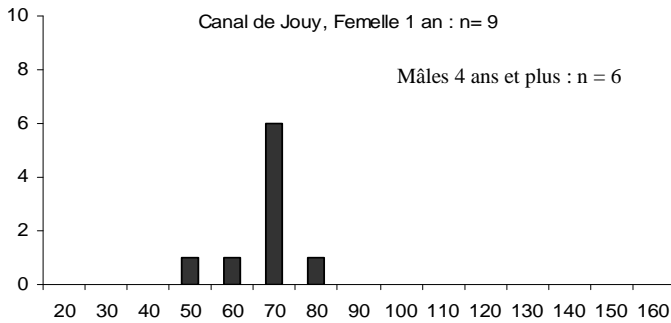
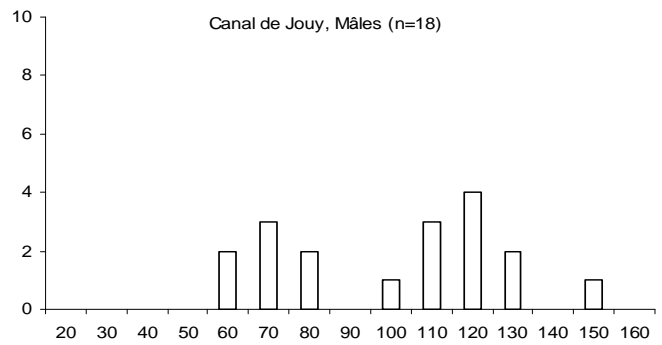
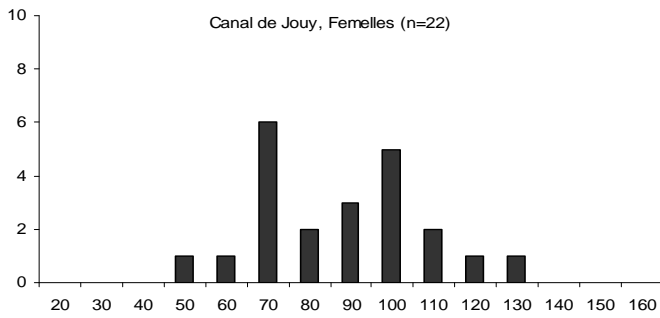
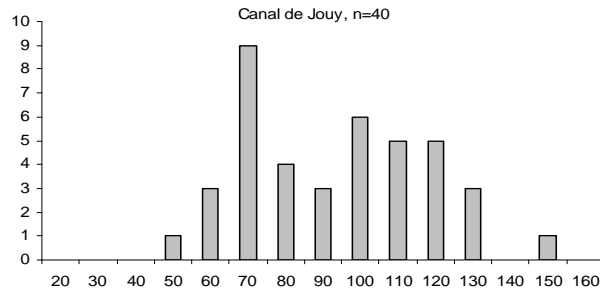
**Annexe E. Distribution des effectifs à Argancy selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**



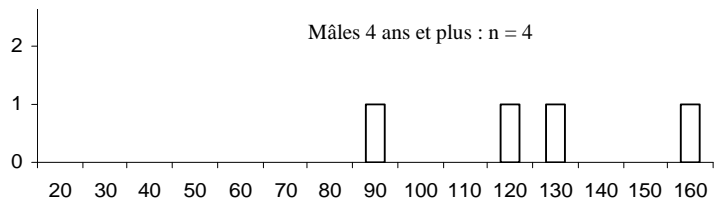
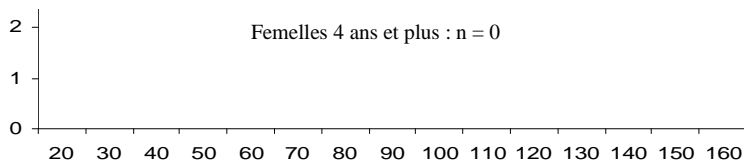
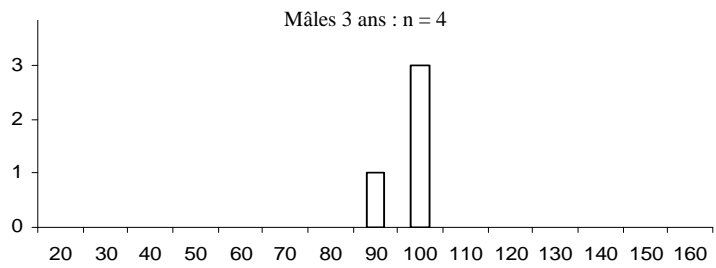
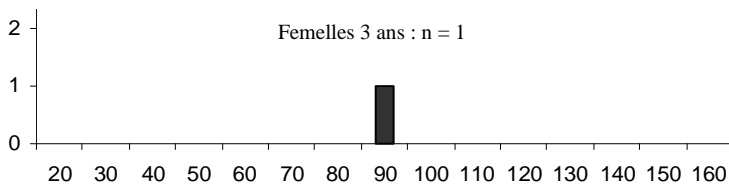
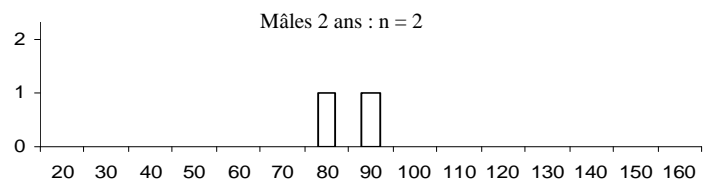
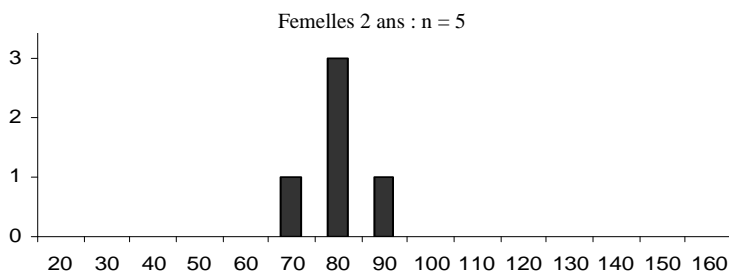
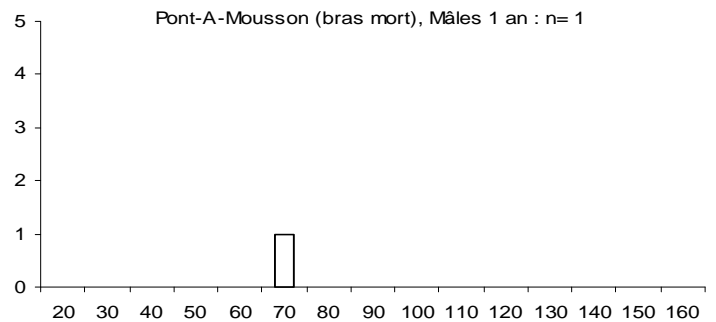
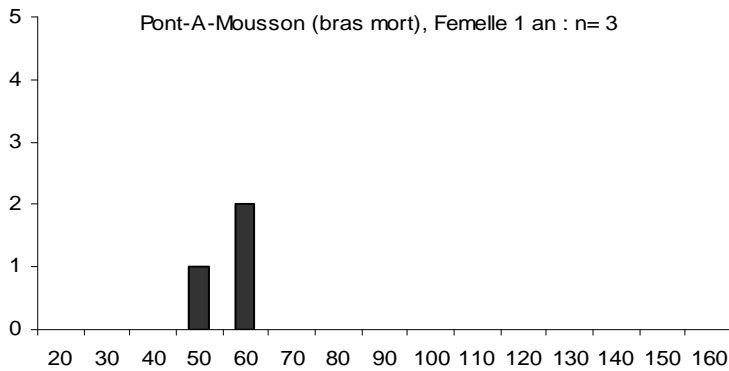
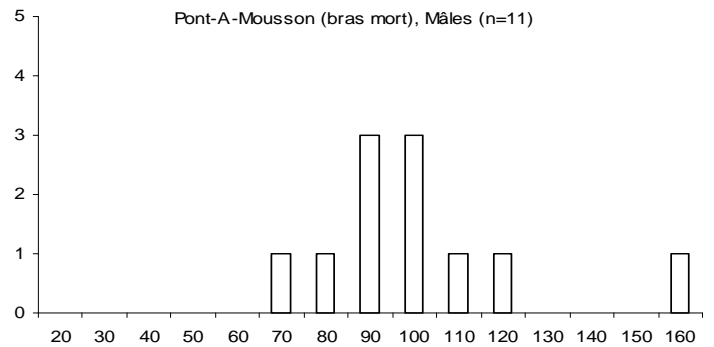
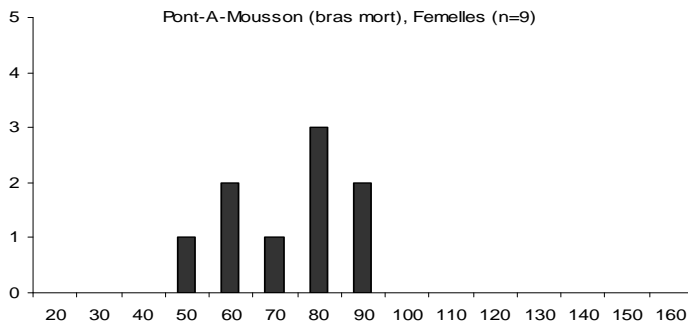
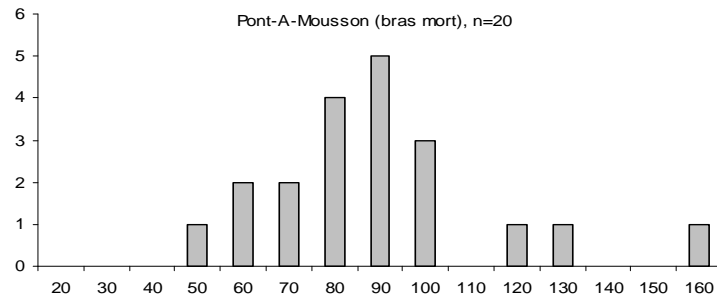
**Annexe F. Distribution des effectifs en juin dans la gravière de La Maxe  
selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris :  
Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**



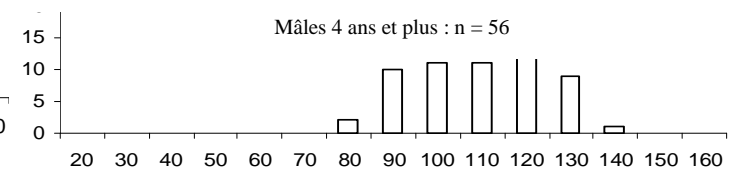
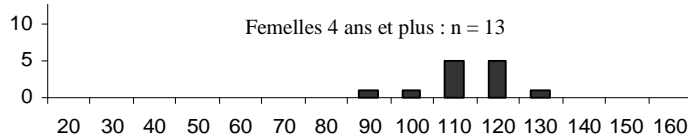
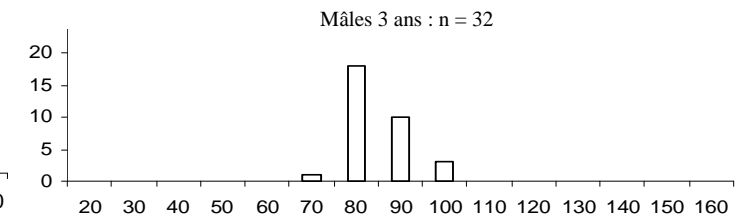
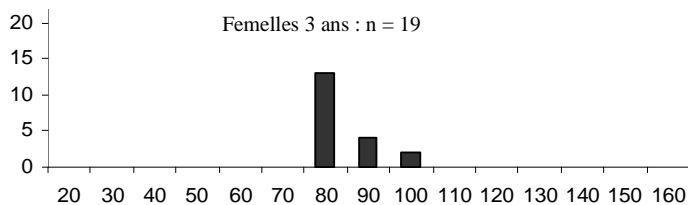
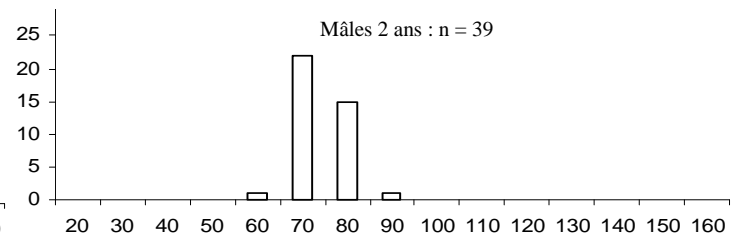
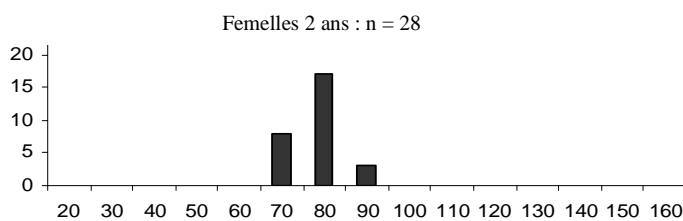
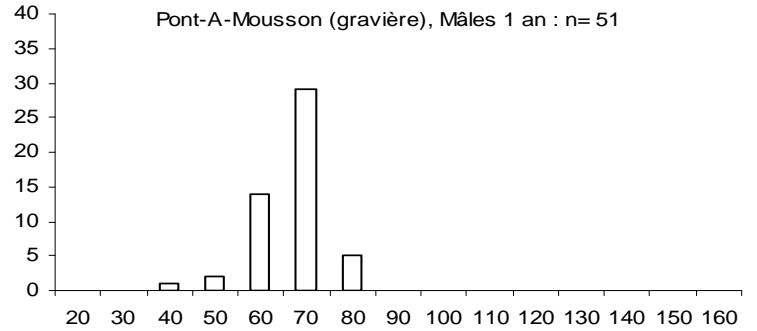
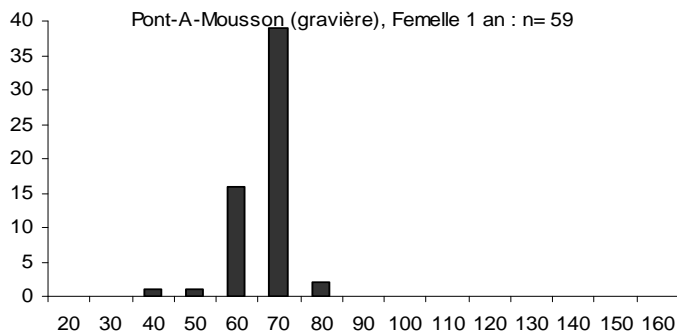
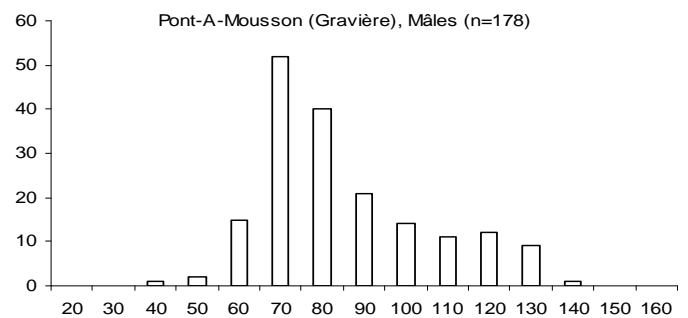
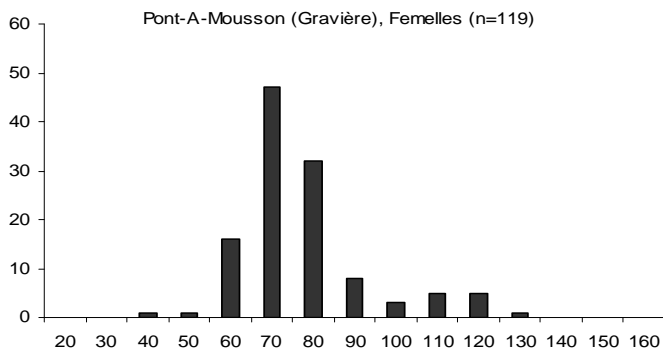
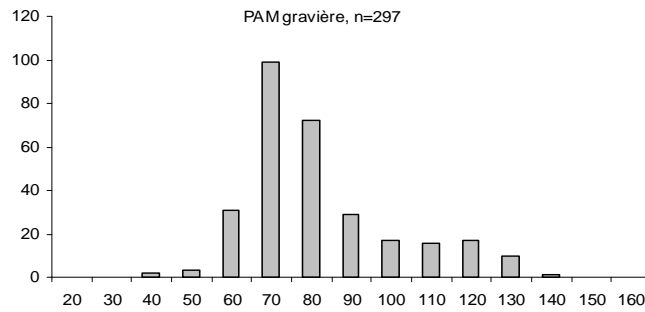
**Annexe G. Distribution des effectifs dans le Canal de Jouy-aux-Arches  
selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris :  
Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**



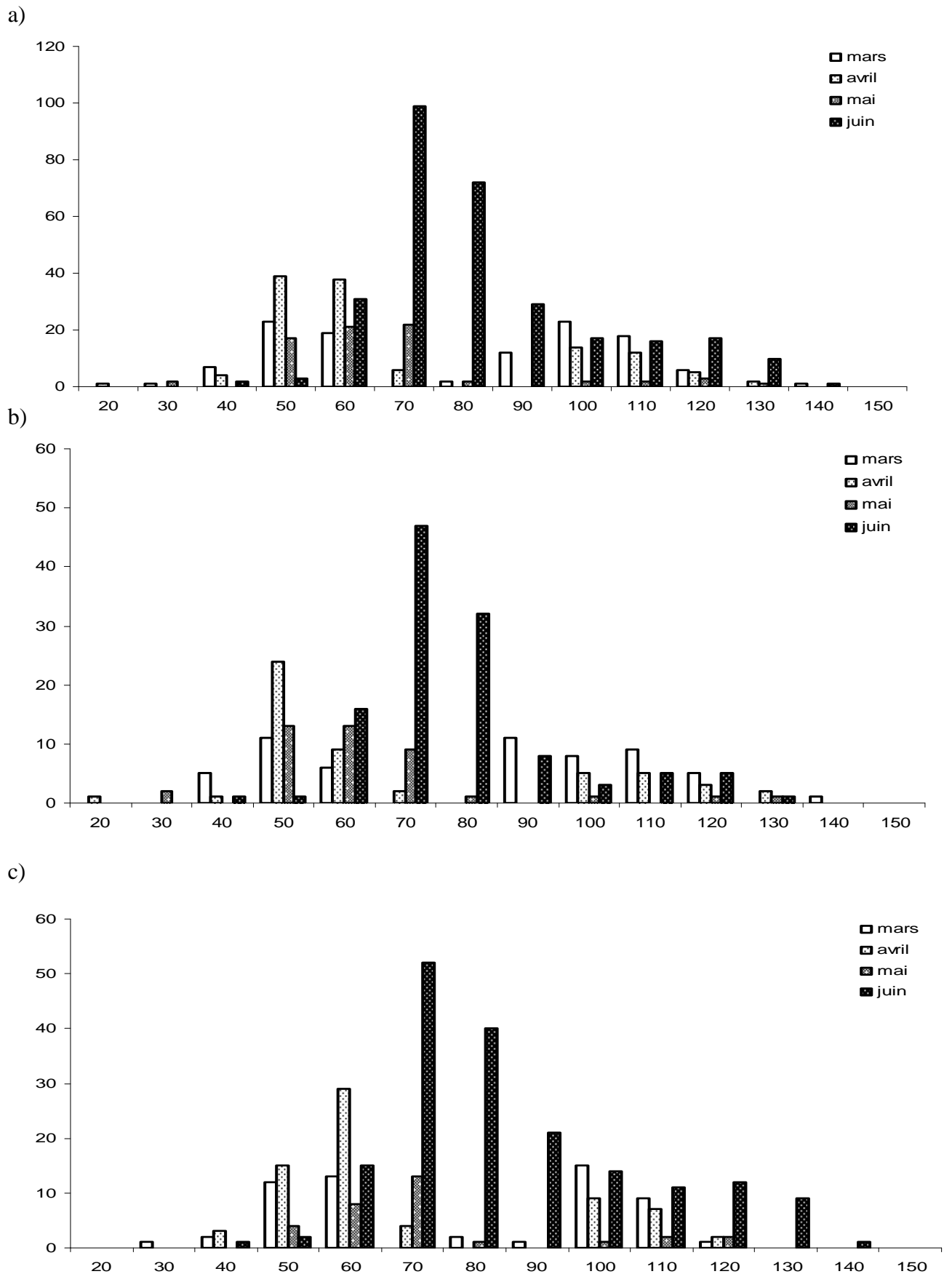
**Annexe H. Distribution des effectifs dans le bras mort de Pont-à-Mousson selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**



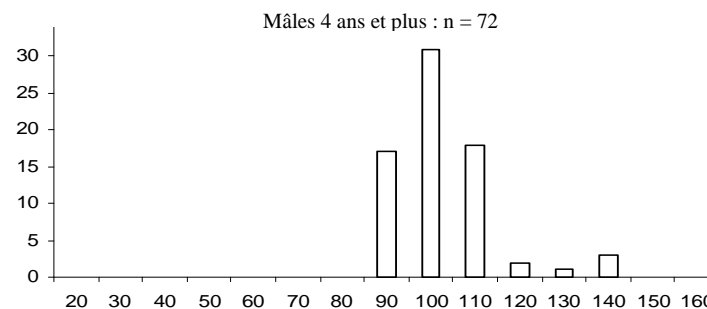
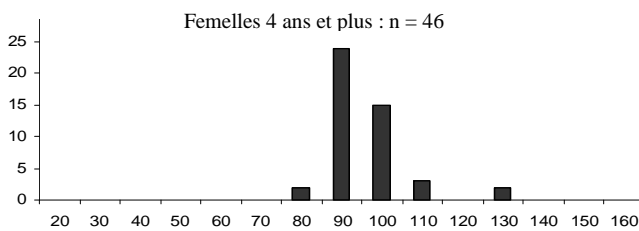
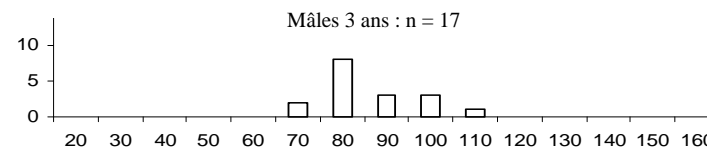
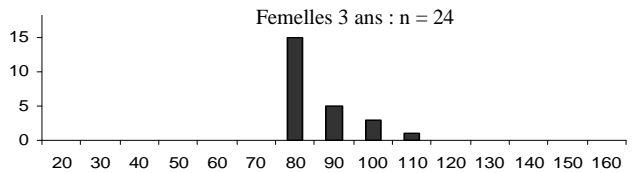
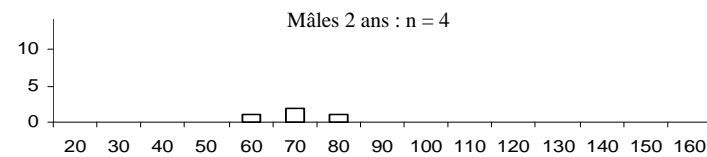
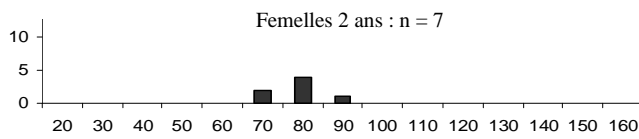
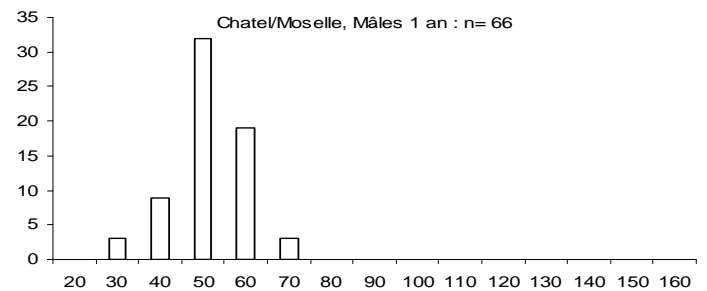
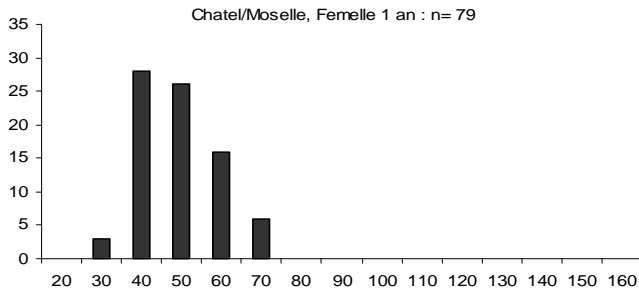
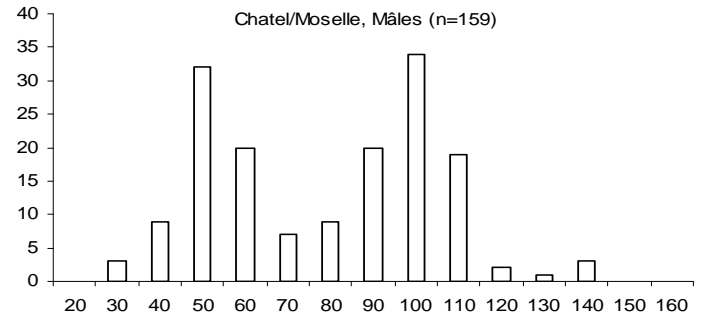
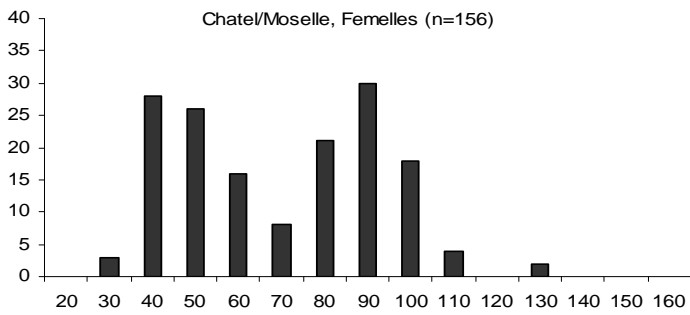
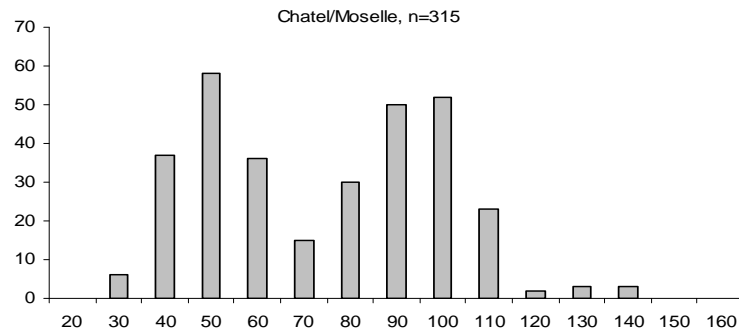
## Annexe I1. Distribution des effectifs en juin dans la gravière de Pont-à-Mousson selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)



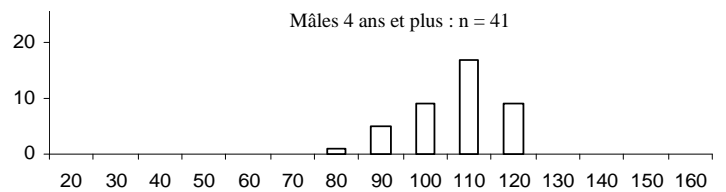
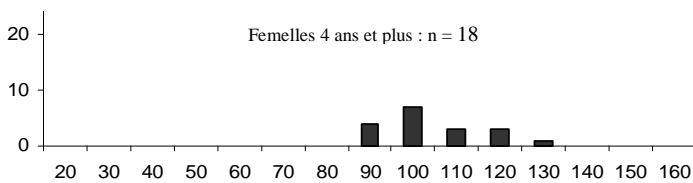
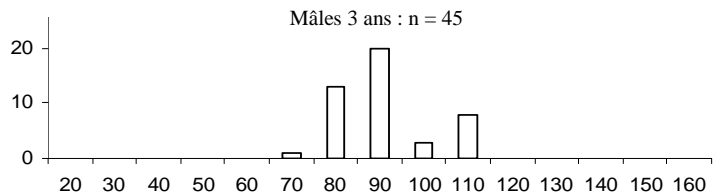
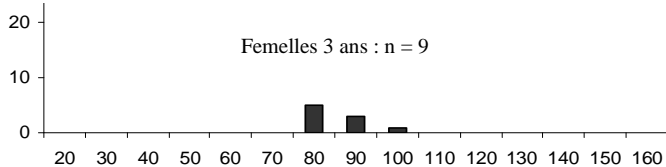
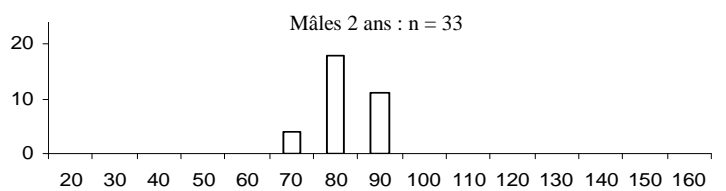
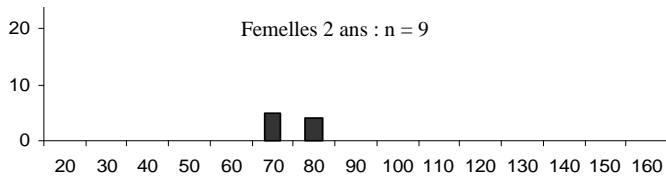
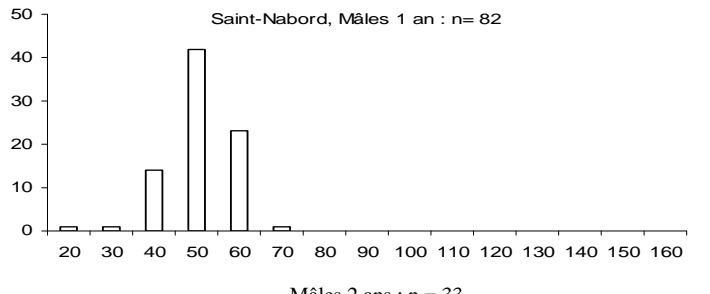
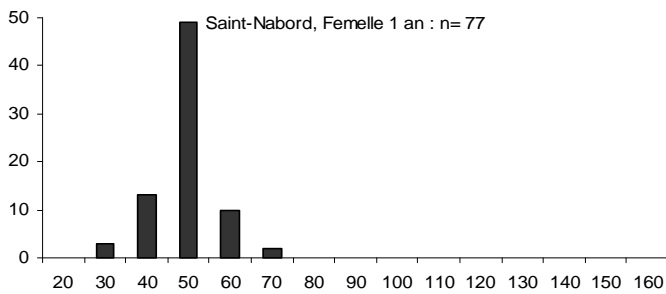
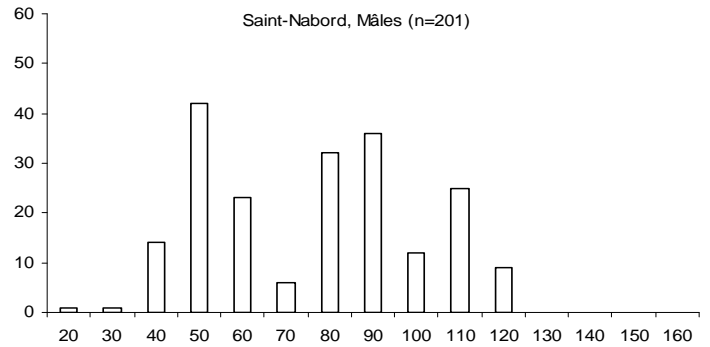
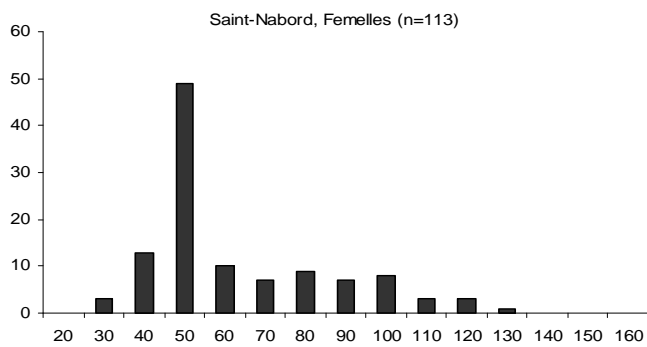
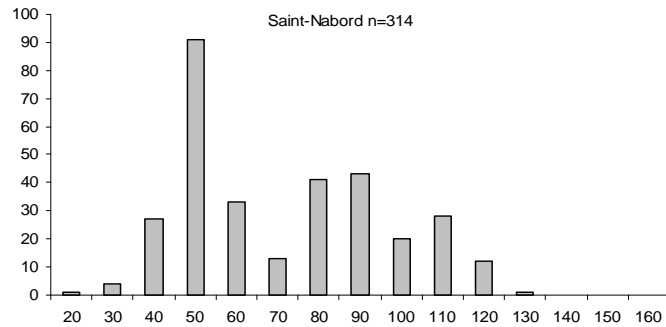
**Annexe I2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la gravière de Pont-à-Mousson selon la longueur totale (LT, mm) (a : Mâles + Femelles ; b : Femelles ; c : Mâles)**



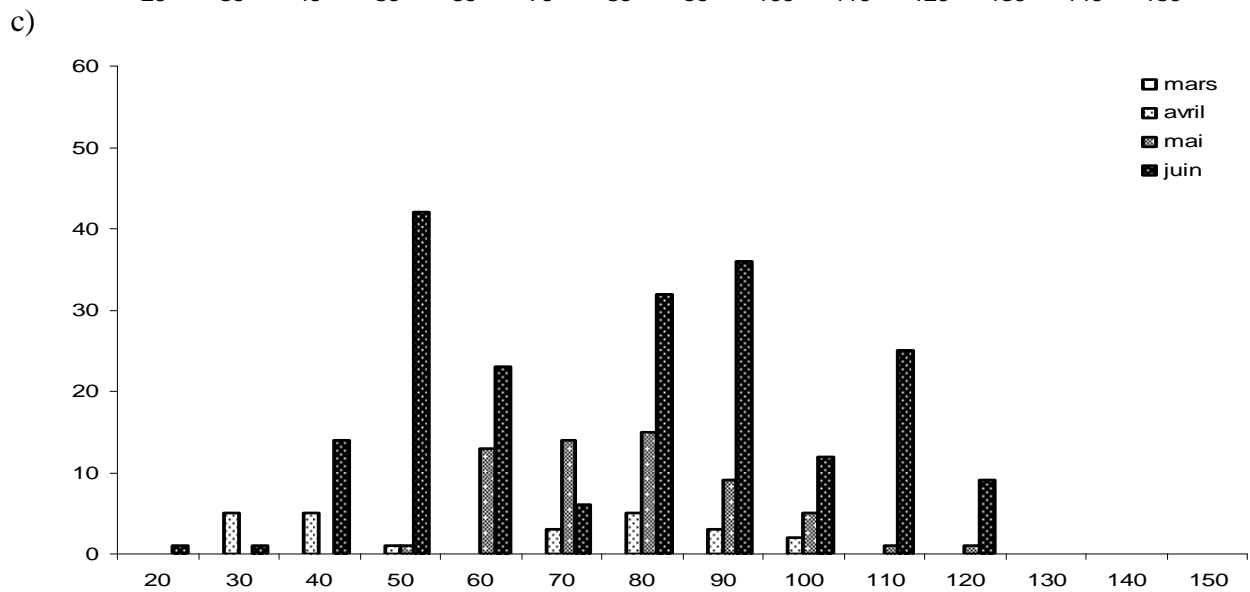
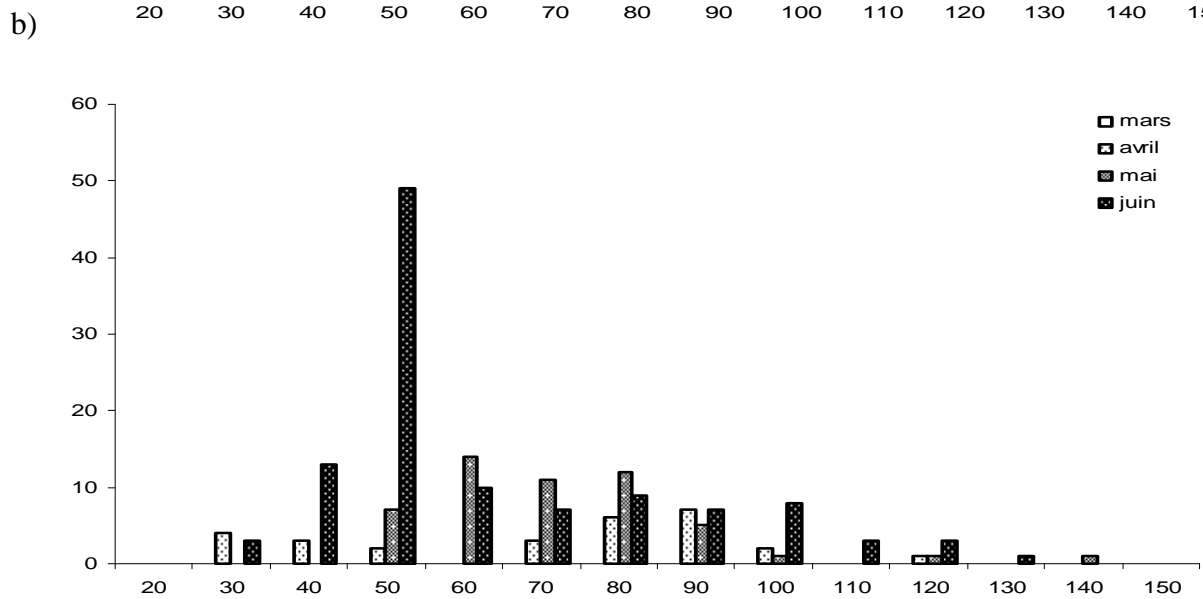
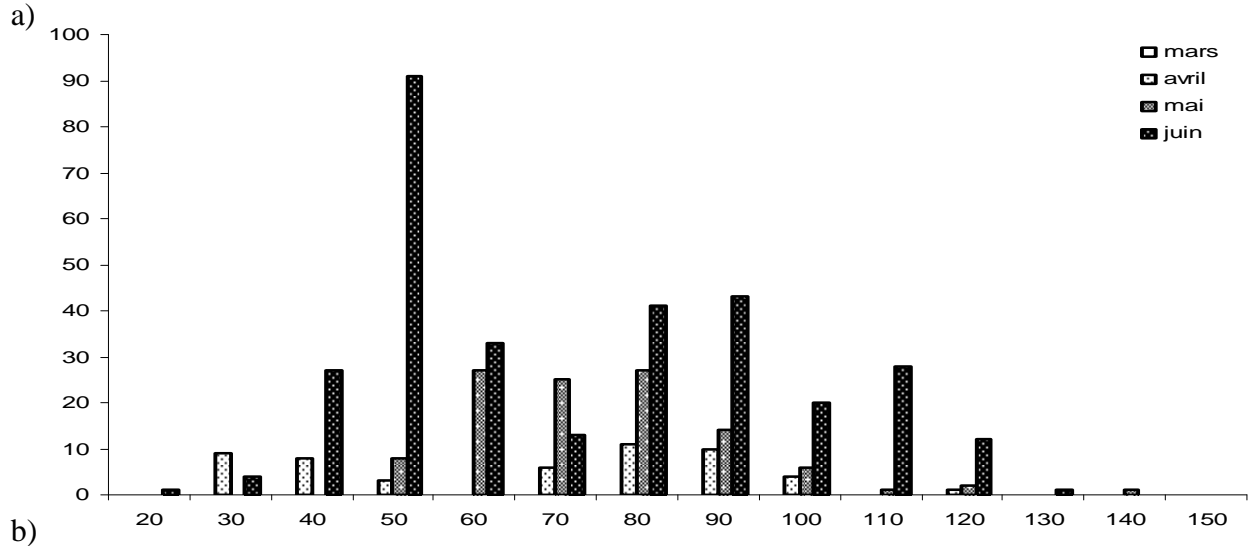
**Annexe J. Distribution des effectifs à Châtel-sur-Moselle selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**



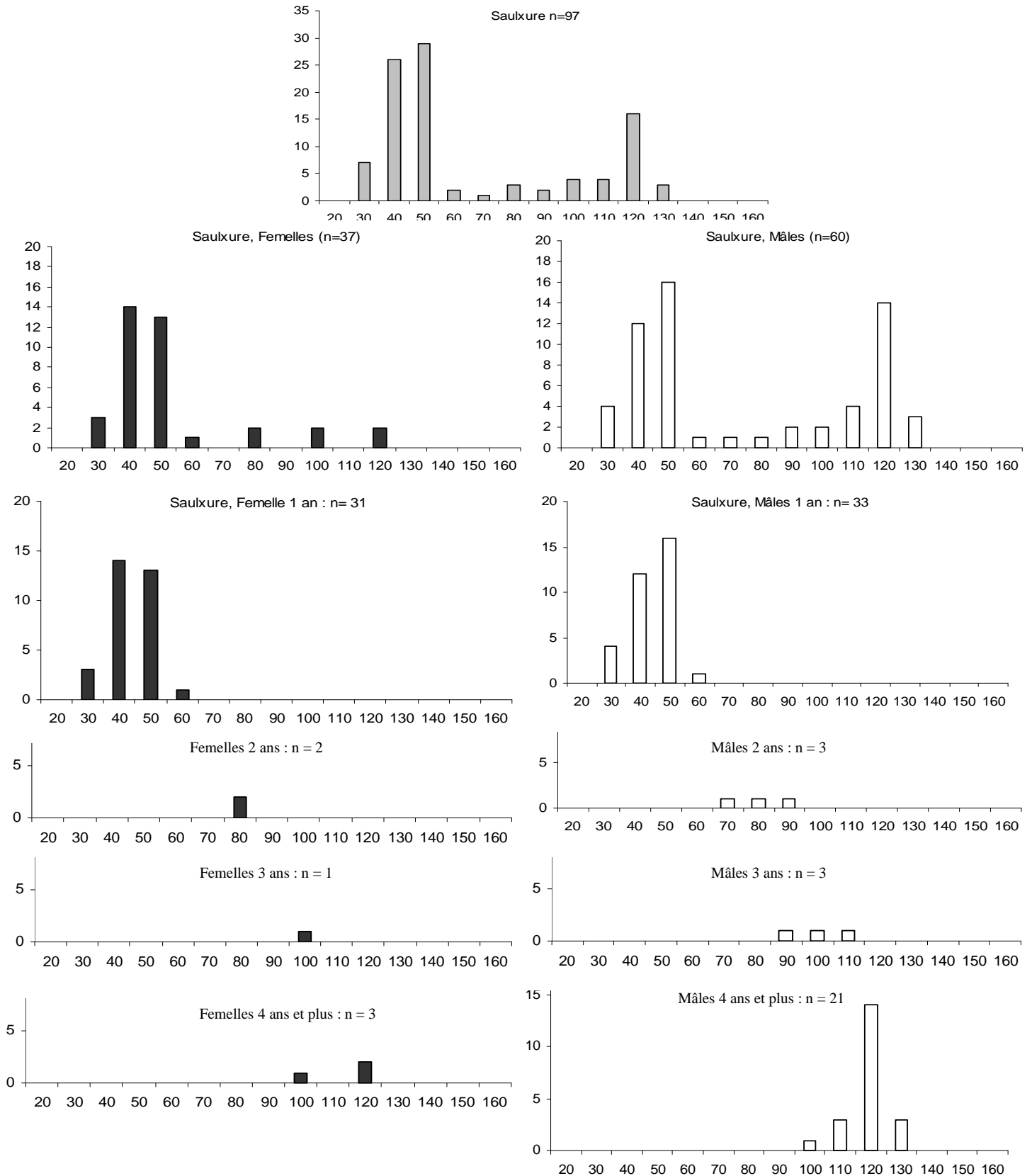
**Annexe K1. Distribution des effectifs en juin à Saint-Nabord selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture en juin (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**



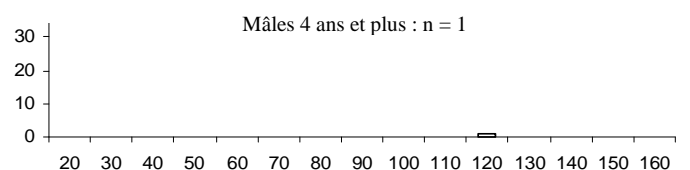
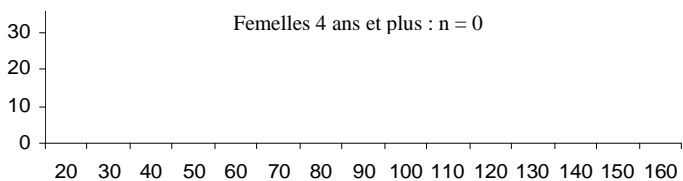
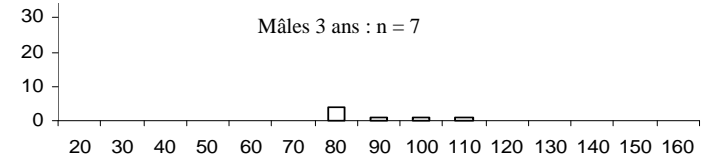
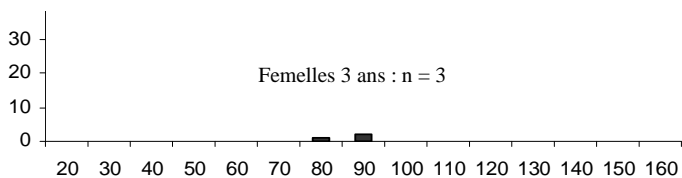
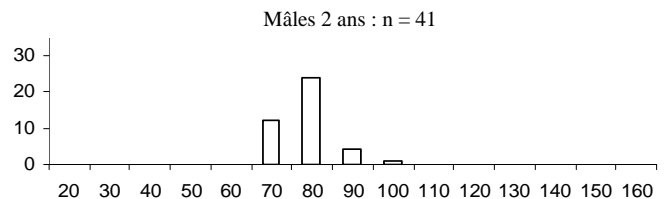
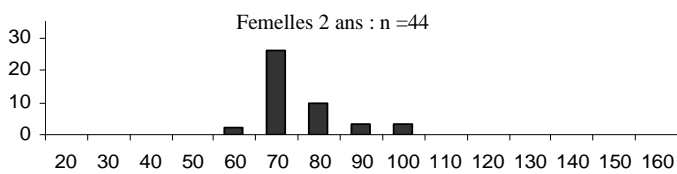
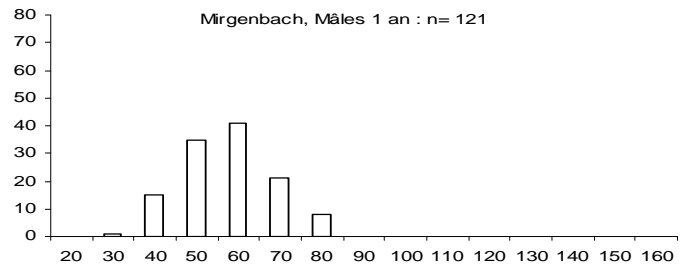
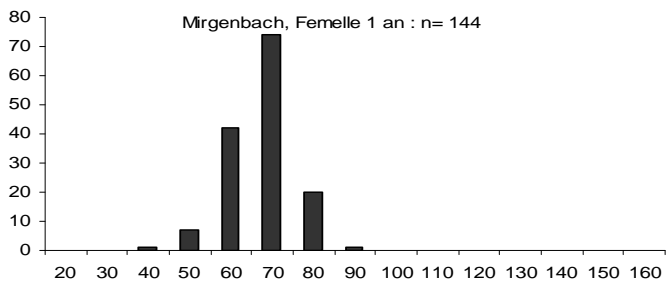
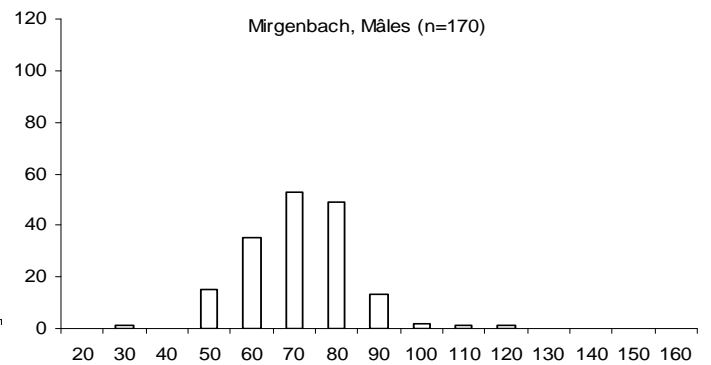
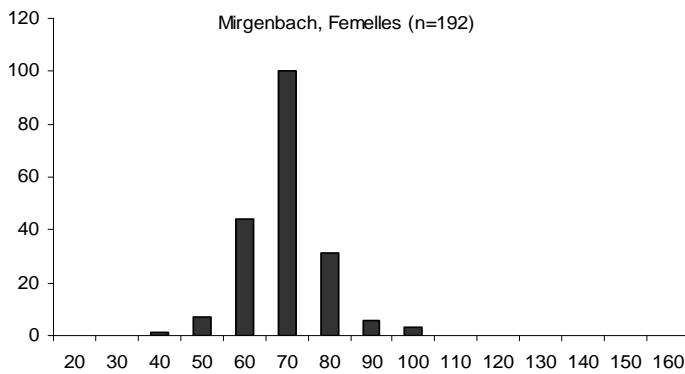
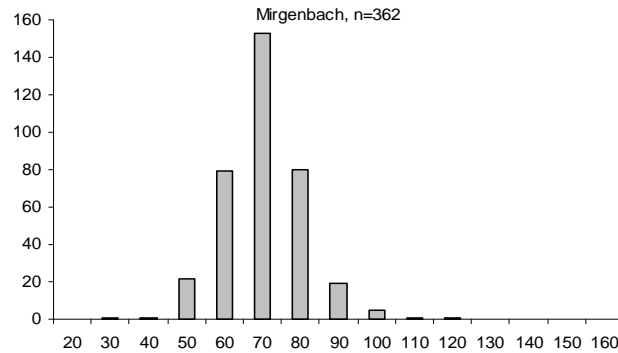
**Annexe K2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la gravière de Saint-Nabord selon la longueur totale (LT, mm) (a : Mâles + Femelles ; b : Femelles ; c : Mâles)**



**Annexe L. Distribution des effectifs à Saulxures-sur-Moselotte selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**

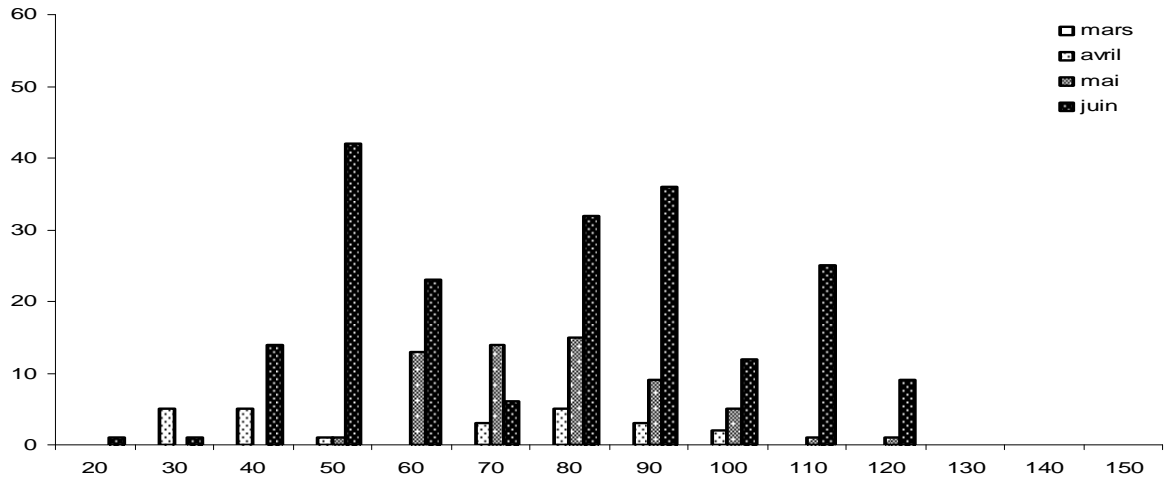


**Annexe M1. Distribution des effectifs dans le réservoir du Mirgenbach en juin selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**

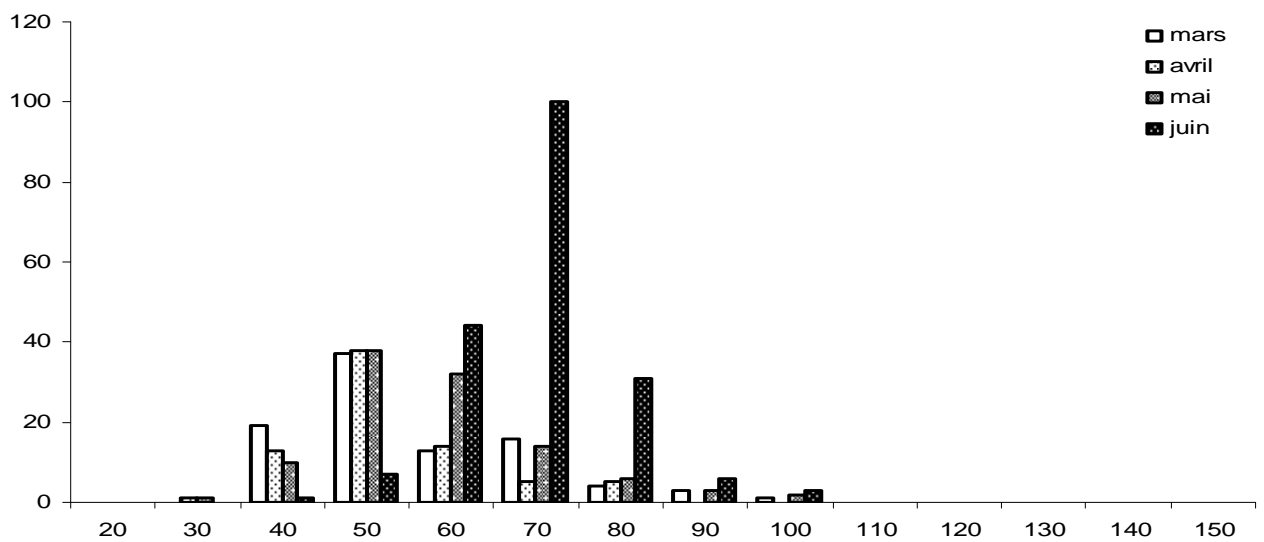


**Annexe M2. Distribution des effectifs pour les différents mois dans la gravière de Saint-Nabord selon la longueur totale (LT, mm) (a : Mâles + Femelles ; b : Femelles ; c : Mâles)**

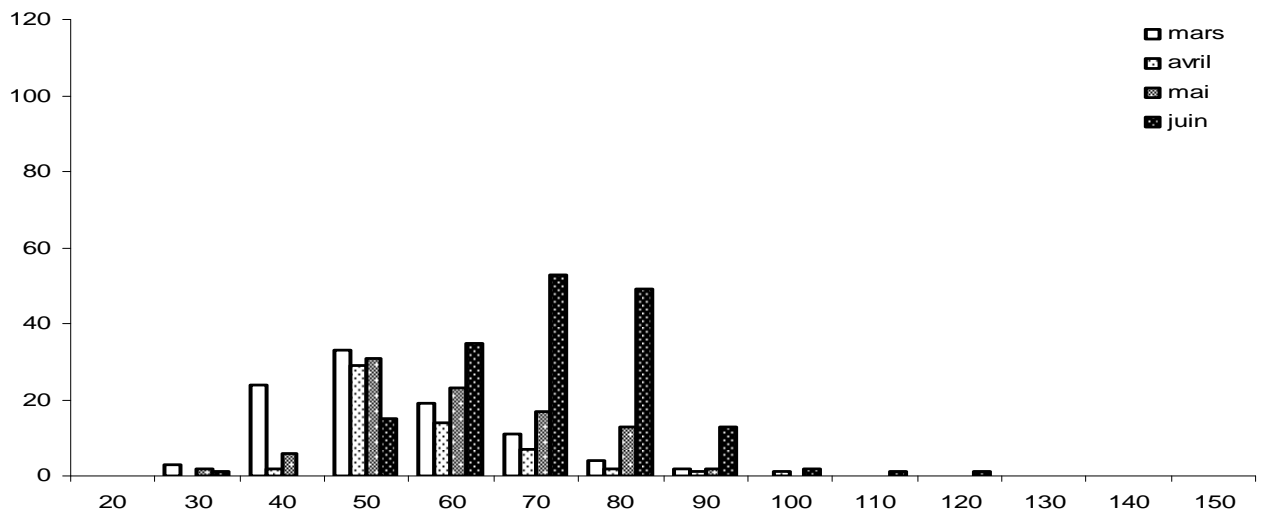
a)



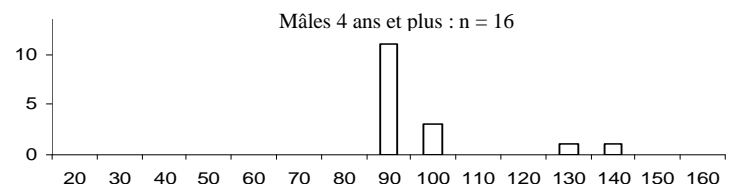
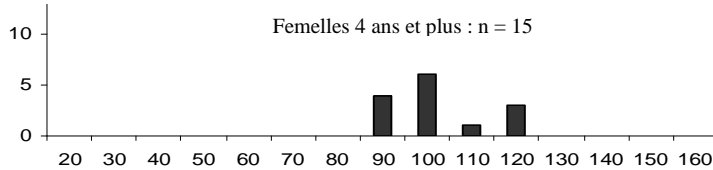
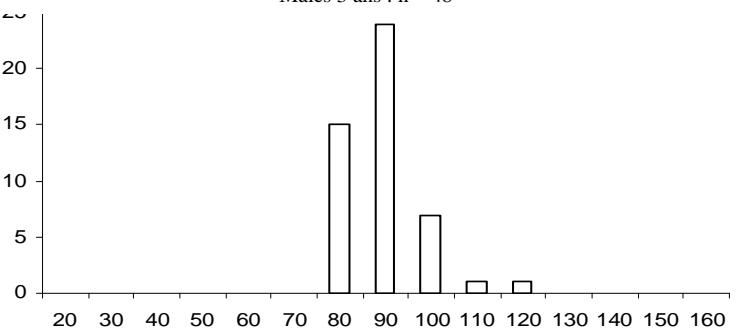
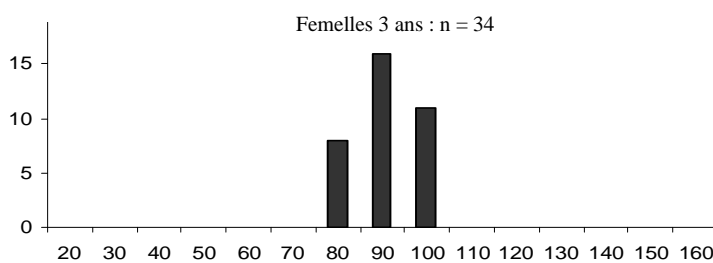
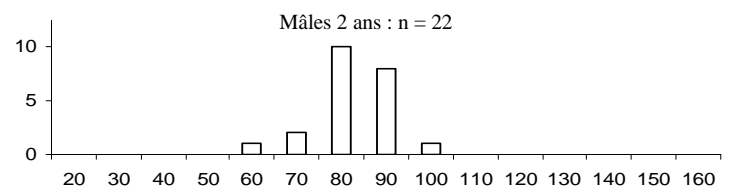
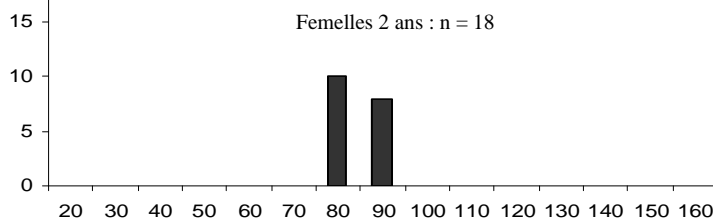
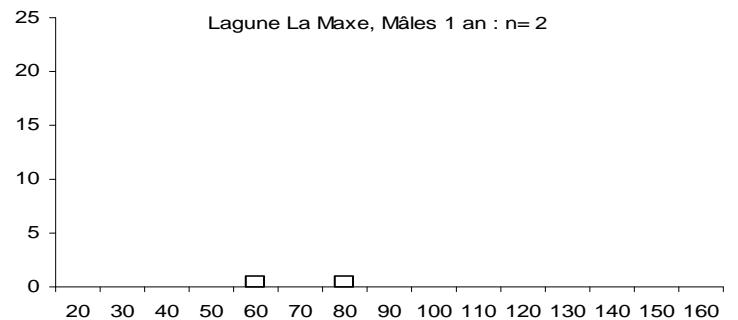
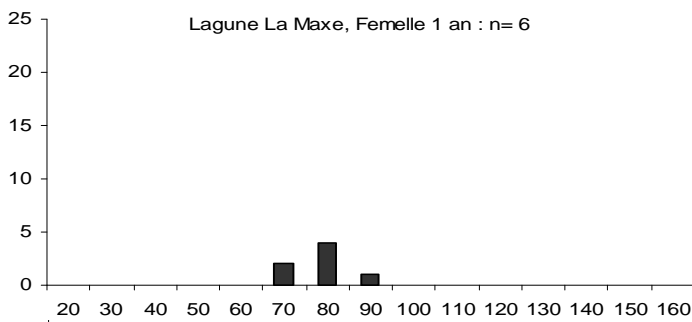
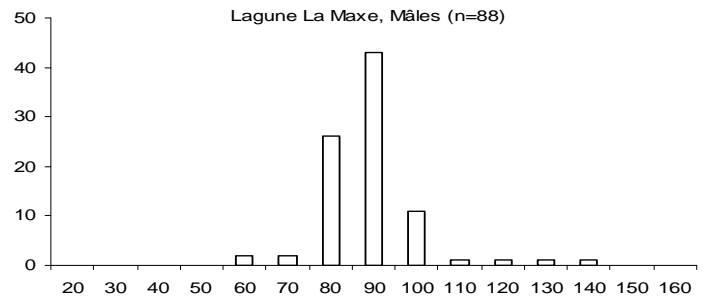
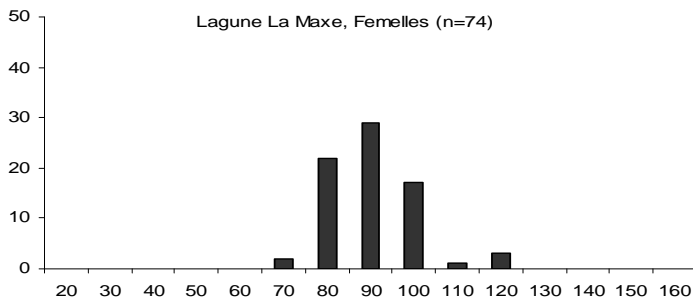
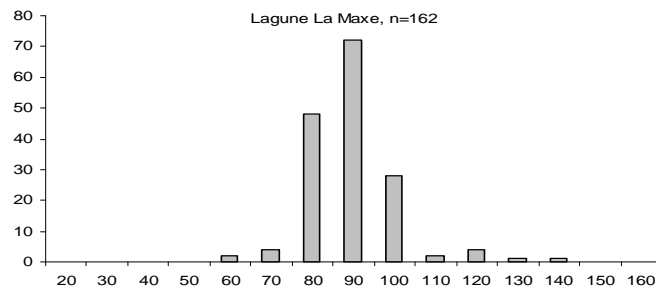
b)



c)



**Annexe N. Distribution des effectifs dans la lagune La Maxe selon la longueur totale (LT, mm) et l'âge des individus à la capture (gris : Mâles + Femelles ; noir : Femelles ; blanc : Mâles)**



**Annexe O. Régression linéaire reliant la température et les degrés jours à la croissance (mâles et femelles confondus). Significatif si  $P < 0.05$ .**

	T° en juin	T° moyenne à l'année	Degrés jours	DD janvier-juin	nb jours > 10°C
Linfini	0.837	0.506	0.694	0.6108	0.667
LH2	0.815	0.975	0.477	0.724	0.632
LH1	0.091	0.041*	0.144	0.256	0.052.
LH1-LH2	0.101	0.352	0.232	0.420	0.289
LH2-LH3	0.088	0.141	0.202	0.196	0.277

## Résumé

Les traits de vie des individus de chaque population ont été confrontés aux températures mesurées dans différents sites situés d'amont en aval du bassin versant de la Moselle, ainsi que dans des milieux échauffés (le réservoir du Mirgenbach et la lagune La Maxe). Le modèle présenté par Copp et Fox (2007), représentant que deux traits biologiques, l'âge à maturité et la taille au deuxième hiver, permet de répertorier les sites échauffés en « zone invasive », les gravières en « zone transitoire » et le bras mort de Pont-à-Mousson en « zone non-invasive ». Cependant, la taille au deuxième hiver n'est pas corrélée avec l'âge à maturité (principale caractéristique de ce modèle), mais avec la taille au premier hiver puisque la majorité de nos populations développent une maturation sexuelle dès l'âge d'un an. D'autres part, la température a un effet certain quant au développement de la maturité des femelles et sur la croissance des juvéniles, et influencerait ainsi nettement le potentiel invasif de cette espèce. Il est ainsi très probable que la perche soleil sera favorisée par un changement global et plus particulièrement par un réchauffement climatique.

## Abstract

Life history traits of individuals from each population have been analysed with the temperatures from the different sites from upstream to downstream of the Moselle watershed, and also in two warmed water body (the Mirgenbach Reservoir and the lagoon of La Maxe). The model presented by Copp and Fox (2007), representing only two biological traits (the age at maturity and the length to the second winter), permits to identified warmed water body in “invasive area”, gravels in “transition area”, and the backwater of Pont-à-Mousson in “non-invasive area”. However, in this model, the length of the second winter is not correlated with the age at maturity (main characteristic for this model). In fact, the age at maturity is correlated with the length of the first winter due to the fact that the majority of these populations developed a sexual maturation since their first year-old. Furthermore, there is a significant relationship between the temperature and the age at maturity of females and the juvenile growth, parameters that would considerably influence the invasiveness of this species. Consequently, pumpkinseed will be promoted by a global change and more particularly by a global warming.