



M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

**LES CONDITIONS DU MILIEU SUR LE BASSIN DE LA
GARONNE ET LES BESOINS DES MIGRATEURS AMPHIHALINS**



M. CHANSEAU

A. NARS

O. MENCHI

L. CARRY

S. BOSC

Octobre 2008

MI.GA.DO. 20G-08-RT

I. Objet de l'étude.....	4
II. Les paramètres du milieu	5
1. Hydrologie du bassin de la Garonne	5
1.1 - Généralités	5
1.2 - Répartition des apports et importance des différents systèmes	7
1.3 – Sensibilité à l'étiage	7
1.4 – Le DOE à Lamagistère	9
2. Le régime thermique des différents cours d'eau	10
2.1. Analyse des données	10
2.2. Premières approches du fonctionnement thermique de la Garonne.....	14
III. Les poissons migrateurs amphihalins du bassin de la Garonne.....	17
1. Biologie des différents migrateurs	17
1.1. L'aloise feinte <i>Alosa fallax</i>	17
1.1.1 Aire de répartition	17
1.1.2 Statut	17
1.1.3 Cycle biologique	17
1.1.4 Homing	18
1.1.5 Migration anadrome.....	18
1.1.6 Reproduction et vie continentale	19
1.2. L'aloise vraie <i>Alosa alosa</i>	19
1.2.1 Aire de répartition	19
1.2.2 Statut	20
1.2.3 Cycle biologique	20
1.2.4 Homing	21
1.2.5 Migration anadrome.....	21
1.2.6 Reproduction	21
1.2.7 Vie continentale	22
1.3. La lamproie fluviatile <i>Lampetra fluviatilis</i>	22
1.3.1 Aire de répartition et statut	22
1.3.2 Cycle biologique	23
1.3.3 Reproduction et vie continentale	23
1.4 La lamproie marine <i>Petromyzon marinus</i>	24
1.4.1 Aire de répartition et statut	24
1.4.2 Cycle biologique	24
1.4.3 Homing	25
1.4.4 Migration anadrome.....	25
1.4.5 Reproduction	25
1.4.6 Vie continentale	25
1.5 Le saumon atlantique <i>Salmo salar</i>	26
1.5.1 Aire de répartition et statut	26
1.5.2 Cycle biologique	26
1.5.3 Homing	27
1.5.4 Migration anadrome.....	27
1.5.5 Reproduction	27
1.5.6 Vie continentale	28
1.6 L'anguille européenne <i>Anguilla anguilla</i>	28
1.6.1 Aire de répartition et statut	28
1.6.2 Cycle biologique	29
1.6.3 Vie continentale	29
1.6.4 Migration de dévalaison et reproduction.....	30
2. Calendrier biologique des migrateurs amphihalins sur la Garonne	31
3. Les exigences biologiques des migrateurs amphihalins	34

<i>IV. Analyses croisées des exigences biologiques des migrateurs amphihalins, de leur calendrier biologique et des conditions du milieu en Garonne.....</i>	37
1. Analyses par tronçons de cours d'eau	37
2. Débits, bouchon vaseux et remontées de saumons.....	38
<i>Discussion - Conclusion.....</i>	42

I. Objet de l'étude

Fin 2006, le SMEAG a engagé une réflexion sur les thèmes "poissons migrateurs" et "ressources en eau", l'objectif étant de croiser les deux problématiques et d'identifier ainsi les contraintes qui pèsent sur les amphihalins.

Les acteurs de la ressource en eau se focalisent souvent sur le seul respect des DOE. Or, il est clair que les débits nécessaires ou souhaitables pour les populations de poissons ne peuvent se résumer à un tel chiffre, qui, au final, n'intègre pas directement d'autres paramètres biologiques d'importance comme la température de l'eau ou le taux d'oxygène dissous. De plus, il est apparu assez clairement ces dernières années que d'autres paramètres, tels les débits d'appel, pouvaient influencer fortement sur les remontées des migrateurs.

Une première réunion d'échange s'est déroulée le 1^{er} décembre 2006. Cette réunion a permis de dégager les enjeux de la réflexion croisée. Toutes les espèces de poissons migrateurs ne sont pas présentes en même temps sur tout le linéaire de la rivière. En fonction de l'espèce et/ou du stade de développement, ils fréquentent différentes portions de cours d'eau et présentent des exigences biologiques sensiblement différentes. Les besoins relatifs à la ressource en eau sont ainsi saisonniers et varient en fonction des espèces, dans le temps et dans l'espace.

A l'issue de cette réunion, le SMEAG s'est engagé à produire une compilation des informations disponibles sur le sujet et a confié cette étude à l'association MIGADO. C'est l'objet du présent rapport.

II. Les paramètres du milieu

1. Hydrologie du bassin de la Garonne

1.1 - Généralités

De façon simplifiée, vont être présentés ci-après les régimes hydrologiques de la Garonne et de ses principaux affluents que sont la Neste, le Salat, l'Ariège, l'axe Tarn-Aveyron et le Lot.

Les données sont issues de la Banque Hydro et concernent pour l'essentiel la période 1993 – 2007, période durant laquelle nous disposons du maximum d'informations sur les poissons migrateurs fréquentant la Garonne.

Le tableau I et les figures 1 à 11 présentent les débits moyens mensuels observés aux différents points « stratégiques » du bassin.

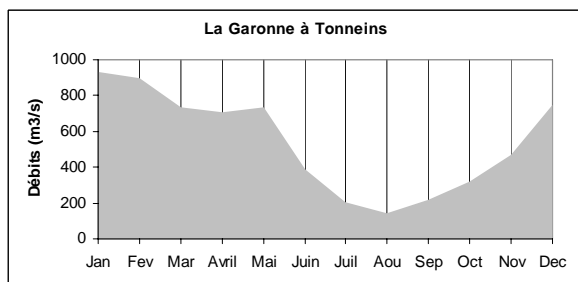
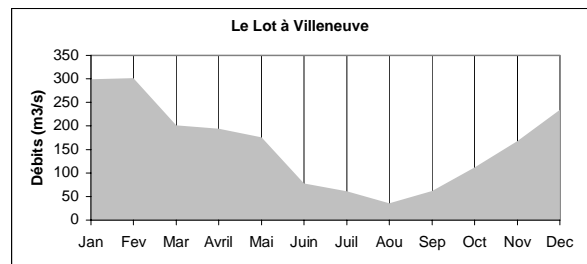
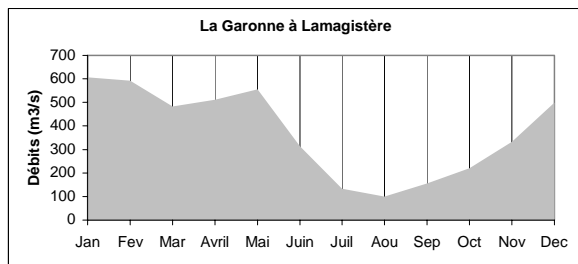
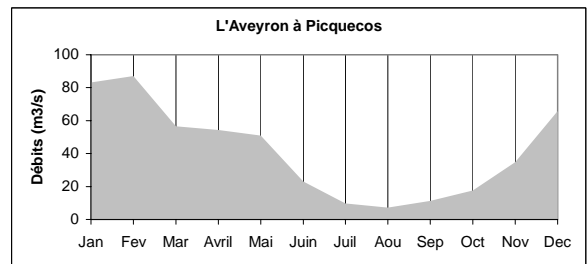
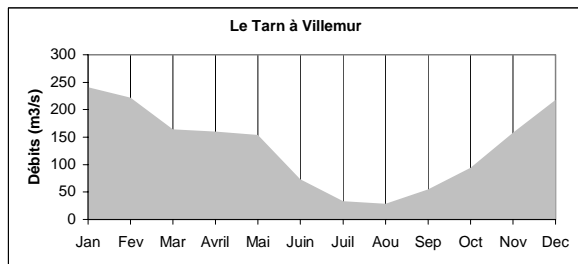
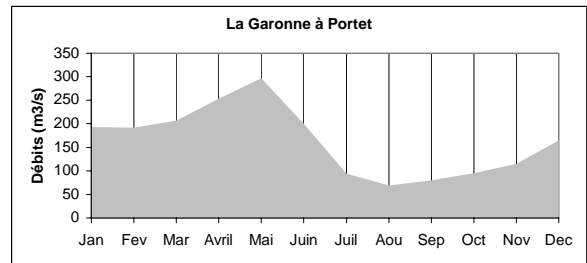
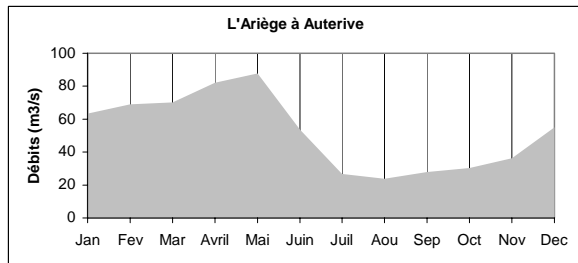
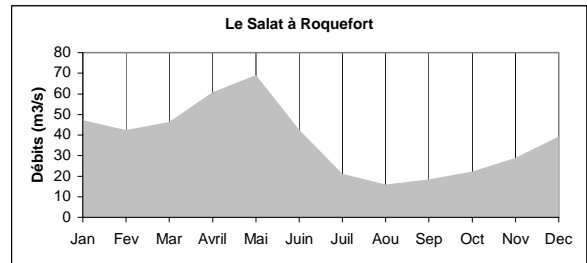
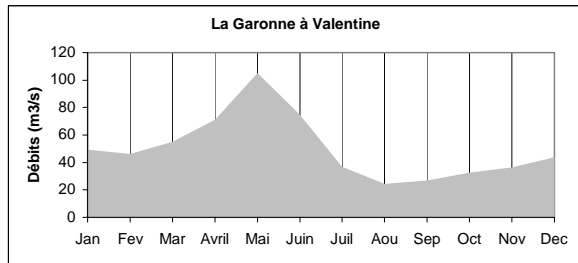
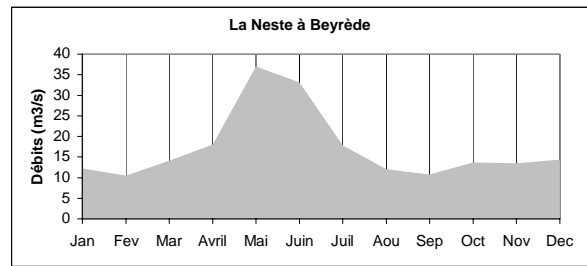
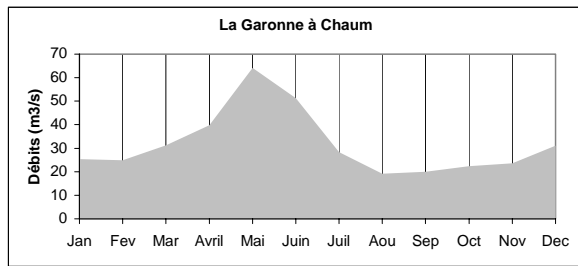
Il apparaît en particulier que les cours d'eau principaux présentent des fonctionnements hydrologiques sensiblement différents :

- la Garonne amont et la Neste présentent un régime de type nivo-pluvial marqué, caractérisé notamment par de fortes eaux au printemps, en relation avec la fonte des neiges ;
- le Salat, l'Ariège et la Garonne moyenne présentent plutôt un régime pluvio-nival ;
- Le Tarn, l'Aveyron et le Lot présentent un régime de type pluvial.

Au final, les effets cumulés des différents cours d'eau, renforcés très probablement par les stockages et les pompages, se traduisent, sur la partie aval de l'axe (Tonneins), par un régime proche du type pluvial, se caractérisant par des hautes eaux en hiver et des basses eaux en été.

Cours d'eau	Station	Période	Débits moyens (m ³ /s)												
			Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Garonne	Chaum	1993-2007	25.3	24.8	31.2	39.7	64.2	51.3	28.3	19.1	19.9	22.3	23.6	31.0	31.0
Neste	Beyrède	1993-2001	12.2	10.5	14.1	18.0	37.0	33.1	17.8	12.0	10.8	13.7	13.5	14.4	17.3
Garonne	Valentine	1993-2007	49.3	46.1	55.1	71.2	105.0	74.7	36.9	24.4	26.9	32.7	36.4	43.8	50.2
Salat	Roquefort	1993-2007	47.2	42.4	46.3	60.9	69.2	42.6	21.1	15.9	18.4	22.3	29.0	39.2	37.8
Ariège	Auterive	1993-2007	63.4	68.9	70.2	82.2	87.7	53.6	26.7	23.8	27.9	30.3	36.1	54.9	52.0
Garonne	Portet	1993-2007	193.0	192.0	207.0	253.0	297.0	200.0	94.4	69.2	79.7	94.7	115.0	165.0	163.0
Tarn	Villemur	1993-2007	241.0	222.0	164.0	160.0	154.0	73.5	33.5	28.8	55.2	94.1	158.0	218.0	133.0
Aveyron	Picquecos	1993-2007	83.3	87.0	56.5	54.3	50.8	23.1	9.7	7.3	11.2	17.6	34.9	65.8	41.6
Garonne	Lamagistère	1993-2007	606.0	592.0	483.0	512.0	556.0	314.0	133.0	100.0	155.0	220.0	333.0	499.0	374.0
Lot	Villeneuve	1993-2000	299.0	302.0	201.0	194.0	176.0	77.6	60.6	36.0	62.1	112.0	168.0	234.0	159.0
Garonne	Tonneins	1993-2007	932.0	899.0	738.0	710.0	738.0	386.0	206.0	144.0	218.0	318.0	469.0	748.0	541.0

Tableau I : Débits moyens mensuels observés sur les principales stations du bassin de la Garonne (source Banque Hydro)



Figures 1 à 11 : Débits moyens mensuels relevés sur les principales stations du bassin de la Garonne (source Banque Hydro)

1.2 - Répartition des apports et importance des différents systèmes

Sans prendre en considération les pompages ou les stockages, sans connaître réellement le niveau de précision des différentes stations limnimétriques et en travaillant sur des moyennes mensuelles, il peut être intéressant de déterminer grossièrement les apports en eau des différents bassins versants alimentant la Garonne.

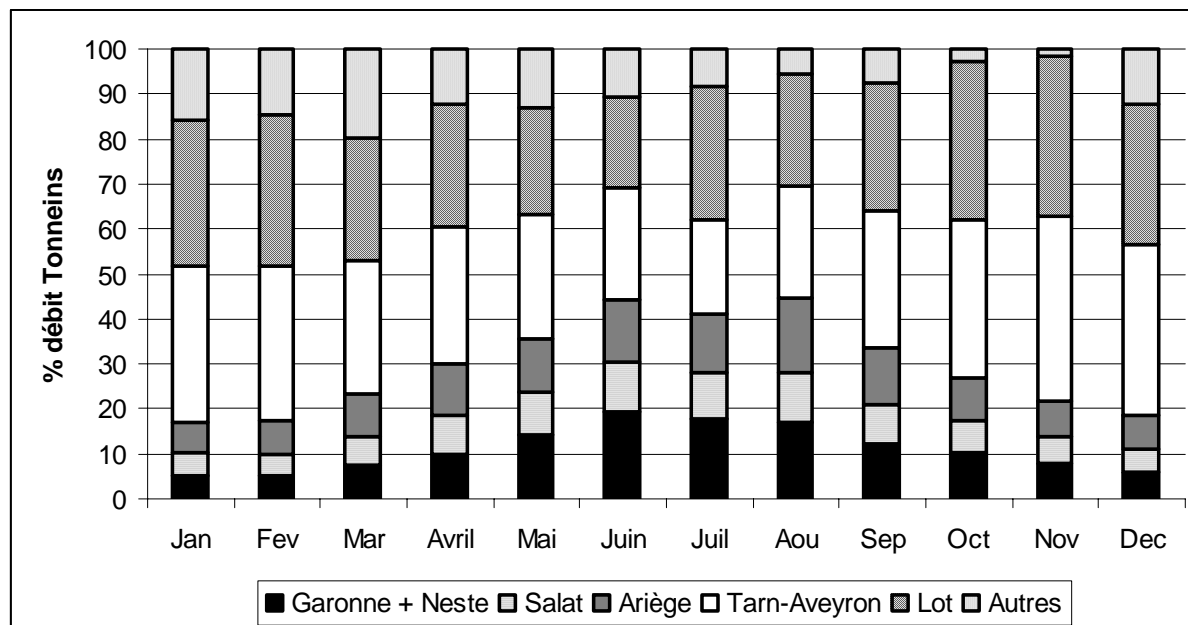


Figure 12 : % des apports en eau des différents bassins sur la Garonne à Tonneins

Au niveau de la station de Tonneins, il apparaît globalement sur l'année que les apports se répartissent de la façon suivante ;

- 10% de la Garonne amont et de la Neste ;
- 10% de l'Ariège ;
- 7% du Salat ;
- 32% de l'axe Tarn – Aveyron ;
- 29% du Lot ;
- et 12% des autres bassins versant répartis sur l'axe en amont de Tonneins.

Plus en détails, et en ne s'intéressant qu'aux périodes les plus problématiques par rapport aux exigences des poissons, c'est-à-dire la période s'étalant des mois de juin à septembre, l'alimentation du système Garonne est sensiblement différente : la Garonne amont, la Neste, l'Ariège et le Salat représentent près de 41% des apports d'eau (vs 27% en moyenne sur l'année soit + 55%) alors que les axes Tarn – Aveyron - Lot et les autres petits affluents n'apportent plus respectivement que 51% (vs 61% en moyenne sur l'année soit -20%) et 8% de la ressource (vs 12% en moyenne sur l'année soit -35%).

1.3 – Sensibilité à l'étiage

Plusieurs paramètres sont susceptibles de refléter la sensibilité des cours d'eau à l'étiage.

Il a été choisi dans ce travail de s'intéresser uniquement aux QMNA 5 (débit moyen mensuel sec de récurrence 5 ans) sur chaque grand axe.

Cours d'eau	Station	Période	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Module
Garonne	Valentine	1993-2007	29	29	39	54	79	52	27	19	21	22	24	24	34,9
Salat	Roquefort	1993-2007	26	23	31	41	50	27	15	10	12	13	17	21	37,8
Ariège	Auterive	1993-2007	33	42	51	59	60	35	20	19	21	21	22	28	52,0
Garonne	Portet	1993-2007	97	110	150	180	220	130	69	50	57	62	70	88	163,0
Tarn	Villemur	1993-2007	110	130	98	86	68	39	23	22	34	53	75	83	133,0
Aveyron	Picquecos	1993-2007	35	39	29	24	20	9,8	3,6	4,5	6,5	8,3	12	26	41,6
Garonne	Lamagistère	1993-2007	280	330	310	330	350	190	91	74	100	140	180	220	374,0
Lot	Villeneuve	1993-2000	160	160	91	99	110	56	32	26	37	61	80	130	159,0
Garonne	Tonneins	1993-2007	450	520	450	440	460	260	140	110	150	200	270	380	541,0

Tableau II : QMNA5 mensuels sur les principaux cours d'eau du bassin de la Garonne

Le calcul du rapport QMNA 5 / Module sur chaque axe est susceptible de refléter la sensibilité à l'étiage des différents cours d'eau ou portions de cours d'eau, liée à leurs caractéristiques hydrogéographiques propres mais aussi à l'intervention de l'homme par pompage ou stockage. A titre d'exemple, la figure 13 présente ces rapports QMNA 5 / Module sur les principaux cours d'eau au mois d'août durant lequel l'étiage est généralement le plus sévère.

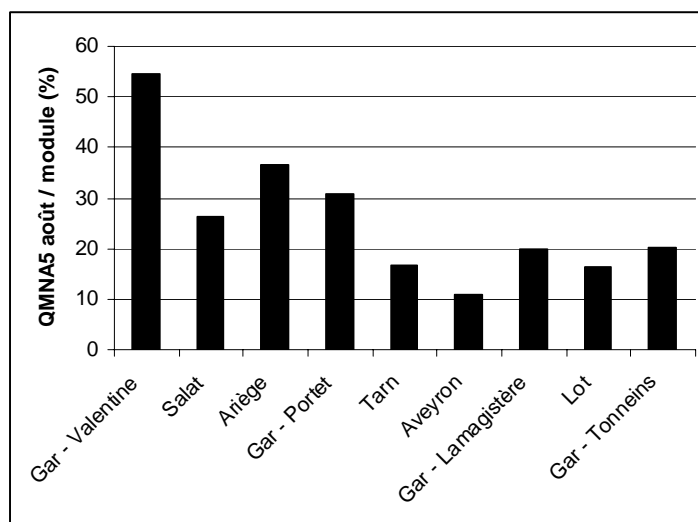


Figure 13 : Pourcentage du QMNA 5 d'août par rapport au module sur les principaux cours d'eau du bassin

Il apparaît en particulier :

- une assez faible sensibilité des parties amont de l'axe (Garonne amont et Ariège et à un degré moindre Salat) ;
- une forte sensibilité des 3 principaux affluents aval (Tarn, Aveyron et Lot) ;
- au final, une assez forte sensibilité de la Garonne moyenne et aval.

1.4 – Le DOE à Lamagistère

Le Débit Objectif d’Etiage (DOE) a été fixé à 85 m³/s à Lamagistère.

Ont été analysés, sur la période 1993-2007, les nombres de jours où les débits moyens de la Garonne ont été inférieurs au DOE.

Globalement, il apparaît classiquement que les 3 mois les plus problématiques sont juillet, septembre mais surtout août.

Durant ce dernier mois, les débits sont inférieurs au DOE en moyenne 15 jours par année (min. : 0 en 2002 ; max : 31 en 2003).

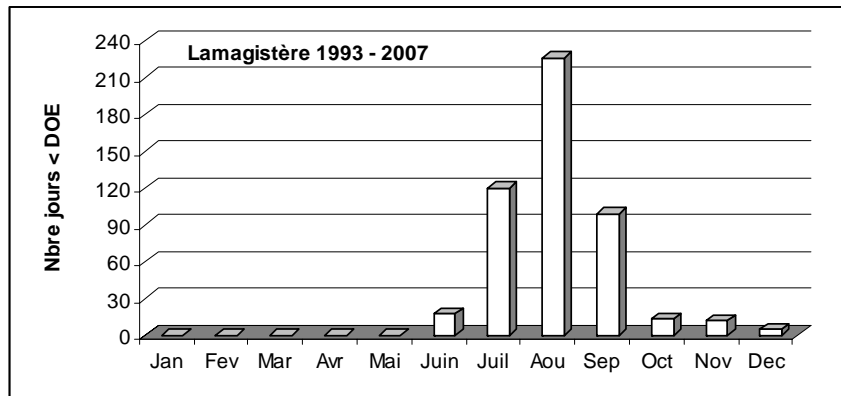


Figure 14 : Nombre de jours par mois durant lesquels les débits sont inférieurs au DOE à Lamagistère sur la période 1993 - 2007

Sur cette période, de juillet à septembre, il apparaît toutefois des différences inter-annuelles assez marquées. Depuis 5 ans, le nombre de jours inférieurs au DOE sont nombreux (de 30 à près de 70 jours sur la période).

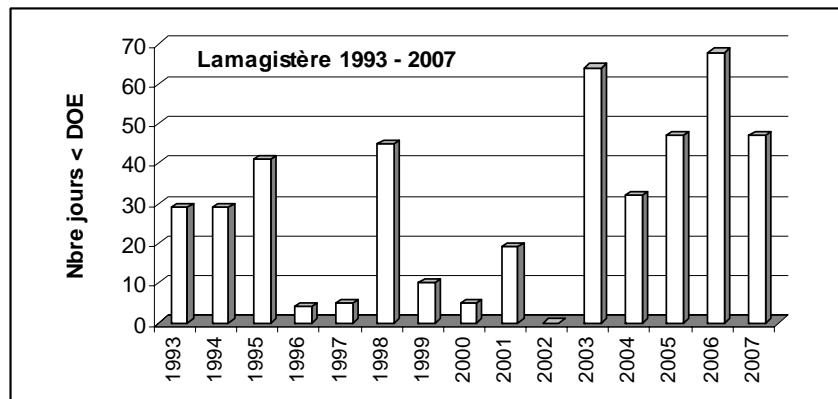


Figure 15 : Nombre de jours par an où le débit est inférieur au DOE à Lamagistère de 1993 à 2007

Une analyse rapide des volumes qu’il aurait fallu mobiliser pour ne pas descendre en dessous du DOE fait apparaître un besoin de l’ordre de 643 Mm³ sur la période 1993 – 2007 (juillet à septembre), soit en moyenne 43 Mm³ / an (min. : 0 en 2002 ; max. : 170 Mm³ en 2006 ; médiane : 31 Mm³).

2. Le régime thermique des différents cours d'eau

2.1. Analyse des données

8 stations de mesure sont installées sur le bassin et sont gérées par MIGADO. Si, dès le démarrage des suivis, les stations de contrôle (Golfech, Bazacle et Carbone) ont été équipées de sondes thermiques, ce n'est que plus tardivement que les autres parties du bassin ont été suivies.

L'AAIDPPBG nous a aimablement fournis des données recueillies au niveau de Langon.

Il apparaît notamment, durant les mois les plus chauds de l'année (juin à août) :

- des différences moyennes de l'ordre de 10°C sur la Garonne entre la station la plus amont (Loures-Barousse) et celle de Golfech (distance de 230 kilomètres).
- des différences moyennes de l'ordre de 5-6°C sur l'Ariège entre la station la plus amont (Crampagna) et la confluence avec la Garonne (distance de 80 kilomètres).
- des différences de l'ordre de 2.5°C à plus de 3°C entre Golfech et le Bazacle (distance d'une centaine de kilomètres).

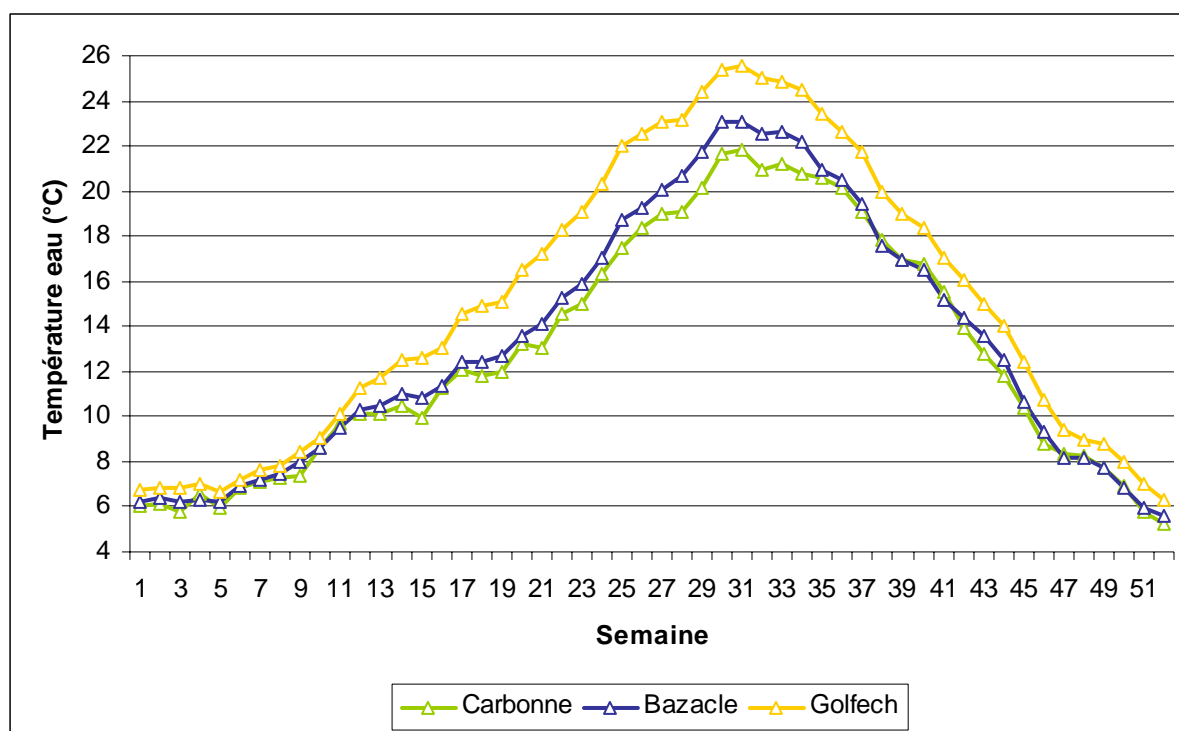


Figure 16 : Températures moyennes hebdomadaires de l'eau de la Garonne au niveau de Golfech, Bazacle et Carbone sur la période 1993-2007

En ce qui concerne la partie aval de Garonne, entre Golfech et Langon, et sur la base des deux années disponibles, il apparaît de faibles différences entre les deux stations. Ces résultats, qu'ils restent toutefois à confirmer sur une chronique plus importante, pourraient s'expliquer en partie par les phénomènes de marée auxquels est soumise la station de mesure de Langon.

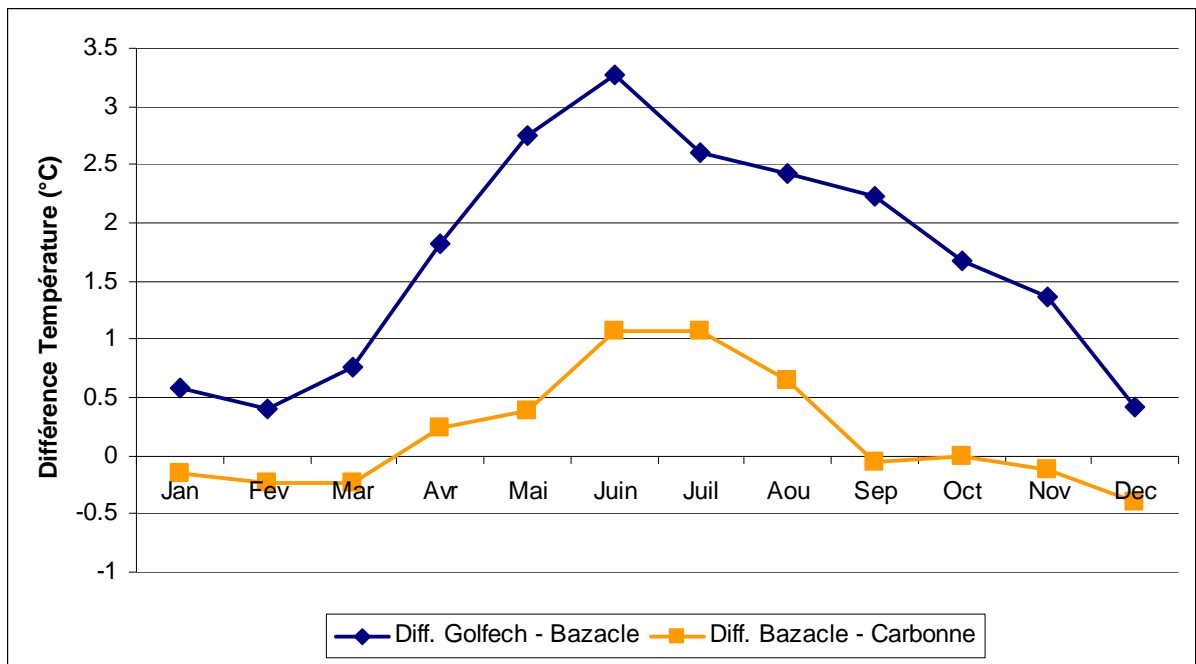


Figure 17 : Différences moyennes mensuelles de l'eau de la Garonne entre les stations de Golfech, Bazacle et Carbonne sur la période 1993-2007

Cours d'eau	Station	Période		Température de l'eau (°C)											
				Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Garonne	Loures-Barousse	2000 - 2007	Moyenne	5,6	6,1	7,6	9,0	10,0	11,9	14,0	14,6	12,9	10,3	7,6	5,8
			Min.	2,3	3,2	3,2	4,0	6,9	8,9	10,3	9,4	8,4	5,6	4,5	2,3
			Max.	16,3	9,3	12,9	16,7	16,4	15,8	17,5	18,0	17,5	13,8	11,0	9,8
Garonne	Carbonne	2000 - 2007	Moyenne	6,1	7,0	9,3	11,0	12,8	16,6	20,0	21,0	18,6	14,5	9,3	6,5
			Min.	3,2	4,0	4,5	6,7	9,3	11,2	13,0	15,9	13,4	8,6	6,1	2,0
			Max.	8,5	9,8	13,0	14,4	18,3	22,2	26,1	25,1	23,2	18,8	14,3	10,5
Garonne	Bazacle	1994 - 2007	Moyenne	6,3	7,1	9,4	11,4	13,5	17,4	21,5	22,3	18,8	14,7	9,6	6,6
			Min.	1,6	3,1	3,1	6,3	9,5	12,0	14,0	16,3	13,3	8,8	4,0	0,5
			Max.	9,0	10,5	13,1	16,3	20,2	22,8	26,5	27,6	23,5	20,0	15,3	11,2
Garonne	Golfech	1994 - 2007	Moyenne	6,8	7,5	10,2	13,2	16,2	20,7	24,1	24,7	21,0	16,4	10,9	7,6
			Min.	3,1	3,3	4,2	8,9	11,3	14,5	16,3	19,5	15,6	10,5	5,1	1,9
			Max.	10,2	11,2	14,2	17,7	23,5	25,8	29,0	30,8	26,1	21,2	17,0	11,2
Garonne	Langon	2004 - 2005	Moyenne	6,2	6,1	8,6	12,6	16,0	21,7	24,4	24,2	21,4	17,4	11,0	6,3
			Min.	6,2	5,1	8,2	12,1	15,0	21,1	23,9	23,6	20,7	17,0	10,4	5,3
			Max.	6,2	7,1	8,9	13,1	16,9	22,4	24,9	24,7	22,0	17,8	11,5	7,3
Ariège	Crampagna	2005 - 2007	Moyenne	4,0	4,5	6,1	8,0	10,4	13,8	16,0	16,4	15,0	11,9	7,9	4,6
			Min.	1,6	2,3	2,3	3,7	7,7	10,0	11,7	12,1	11,7	9,7	4,7	2,2
			Max.	6,7	7,7	8,8	10,3	15,1	19,1	20,4	19,3	18,0	14,9	12,9	7,0
Ariège	Saverdun	2005 - 2007	Moyenne	4,2	4,9	6,9	9,1	11,6	16,1	19,7	18,3	16,6	13,1	8,8	4,5
			Min.	1,3	2,2	2,6	4,5	8,6	11,3	14,7	14,3	12,8	10,4	4,3	1,8
			Max.	8,2	8,5	10,0	11,6	16,8	22,0	23,5	22,3	21,4	17,1	14,4	8,2
Ariège	Lacroix - Falgarde	2005 - 2007	Moyenne	4,8	5,6	8,0	10,8	13,4	18,5	22,4	20,7	18,5	14,6	9,1	5,0
			Min.	1,1	2,7	2,7	6,1	10,0	13,1	17,1	16,6	13,7	9,6	3,6	1,8
			Max.	7,6	9,5	11,4	14,1	19,2	23,8	27,0	24,7	24,3	19,6	15,5	9,9
Neste	St Laurent	2000 - 2007	Moyenne	6,0	6,7	9,0	10,6	11,4	12,9	14,2	13,0	12,2	10,9	7,4	5,2
			Min.	1,4	2,6	2,1	4,5	7,5	8,2	6,2	5,1	4,7	6,9	4,1	1,5
			Max.	12,6	14,9	18,5	18,4	19,1	17,7	18,8	19,9	17,9	14,3	11,3	8,0

Tableau III : Températures mensuelles moyennes, minimales et maximales de l'eau au niveau des différentes stations de mesure du bassin de la Garonne

A l'échelle annuelle, au niveau de Golfech et sur la période 1993-2007, il n'apparaît aucune tendance, ni à la baisse, ni à la hausse des températures moyennes.

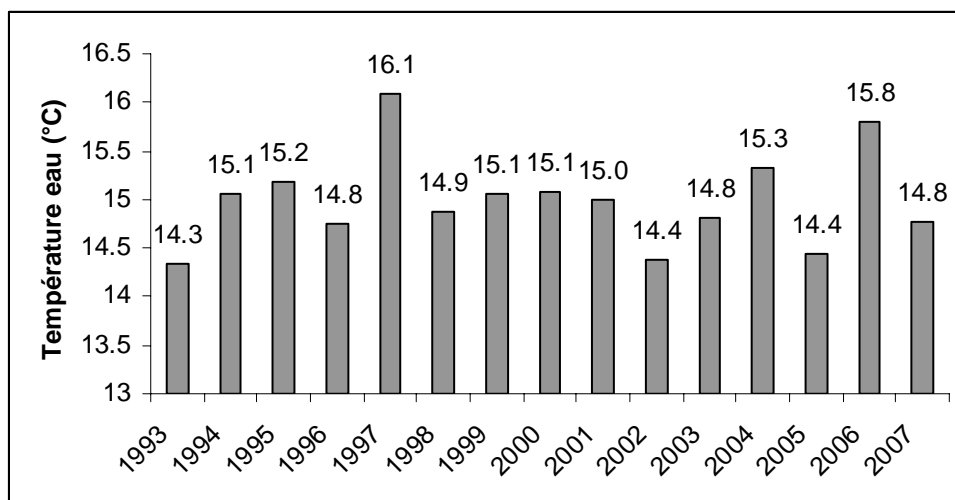


Figure 18 : Températures moyennes annuelles de l'eau de la Garonne à Golfech de 1993 à 2007

En ne s'intéressant qu'aux périodes a priori les plus sensibles pour les poissons, *i.e* de juin à août, il n'apparaît pas non plus de tendance claire d'évolution, ni de la température moyenne observée de 1993 à 2007, ni du nombre de jours de dépassement des valeurs de 25°C, 26°C et 27°C. Deux années toutefois, 2003 et 2006, présentent des températures particulièrement élevées.

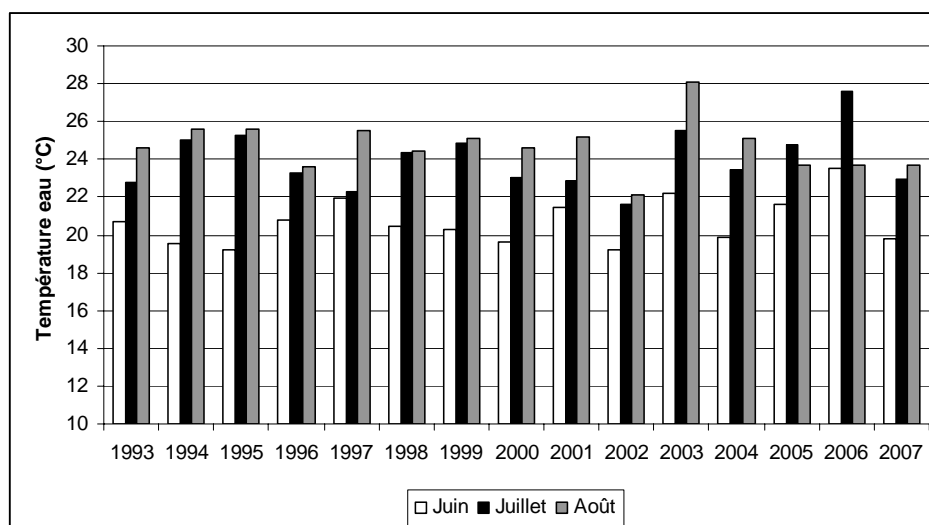


Figure 19 : Températures moyennes de l'eau de la Garonne à Golfech en juin, juillet et août de 1993 à 2007

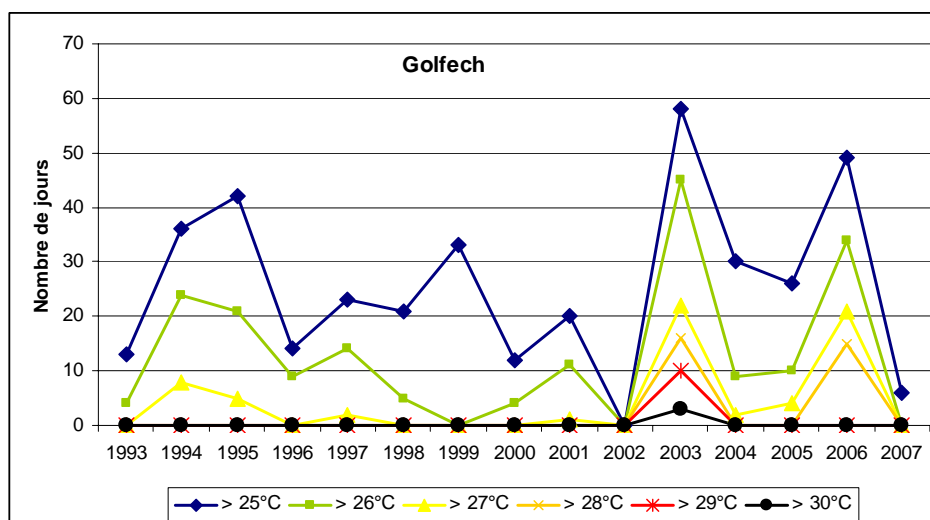


Figure 20 : Nombre de jours par an au cours desquels la température de l'eau à Golfech a dépassé 25°C, 26°C, 27°C, 28°C, 29°C et 30°C

Il semble toutefois que l'atteinte de certaines valeurs seuils comme par exemple la valeur de 25°C, apparaisse globalement plus tôt dans l'année.

Année	Date de dépassement			
	25 °C	26 °C	27 °C	28 °C
1993	07-août	07-août	-	-
1994	14-juil	15-juil	27-juil	-
1995	13-juil	20-juil	25-juil	-
1996	17-juil	18-juil	-	-
1997	31-juil	04-août	10-août	-
1998	20-juil	14-août	-	-
1999	05-juil	-	-	-
2000	02-août	18-août	-	-
2001	26-juin	31-juil	02-août	-
2002	-	-	-	-
2003	25-juin	13-juil	15-juil	04-août
2004	22-juil	23-juil	03-août	-
2005	24-juin	18-juil	27-juil	-
2006	18-juin	01-juil	04-juil	16-juil
2007	01-août	-	-	-

Tableau IV : Date de dépassement de certaines valeurs de température de l'eau de la Garonne à Golfech

2.2. Premières approches du fonctionnement thermique de la Garonne

Dans le cadre du présent travail, et de façon très simplifiée, il a été décidé d'étudier le régime thermique de la Garonne à Golfech (en amont du rejet de la centrale nucléaire) en

fonction de deux paramètres traditionnellement utilisés dans ce type d'étude : l'hydrologie du cours d'eau et la température de l'air.

Seule la période présentant tous les ans les conditions les plus limitantes pour les poissons a été étudiée, i.e de la mi-juillet à la fin août (semaines 29 à 34).

Les températures de l'air ont été récupérés auprès de Météo France, de 1993 à 2005, à un pas de temps journalier, au niveau de la station d'Agen.

Une régression linéaire a été utilisée pour tenter de construire, à partir des débits et des températures de l'air, un modèle grossier du régime thermique de la Garonne à Golfech, à **un pas de temps hebdomadaire.**

La relation obtenue ($\text{Temp. Golfech} = 17.17 - 0.0267 Q + 0.457 \text{ Temp. Air}$) est statistiquement significative ($r^2 \text{ adj.} = 0.75$; $F = 93.69$; $p < 0.0001$).

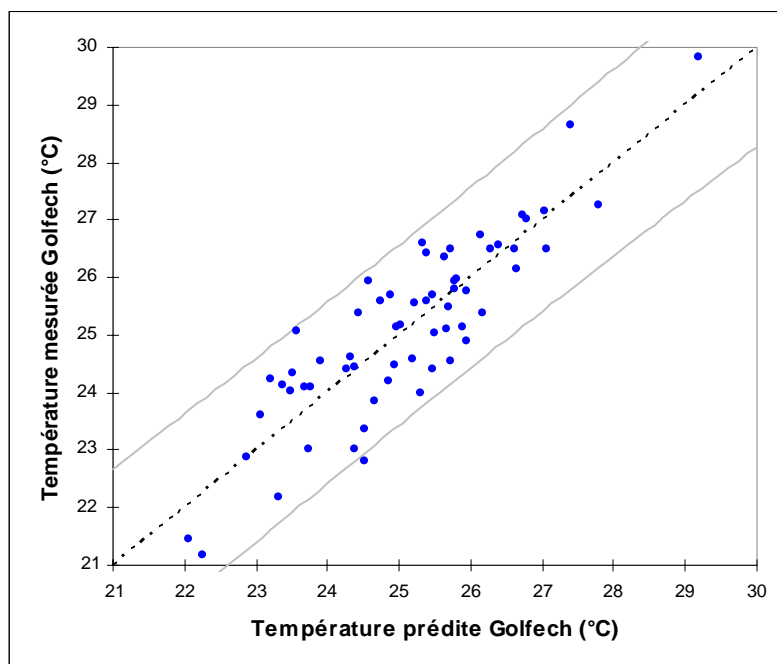


Figure 21 : Comparaisons des températures de l'eau relevées et des températures prédites à Golfech

Il apparaît notamment que :

- lorsque le modèle sous-estime la température de l'eau, la différence moyenne est de 0.5°C (min. : 0.01 ; max. : 1.5 ; médiane : 0.4).
- lorsque le modèle sur-estime la température de l'eau, la différence moyenne est de 0.8°C (min. : 0.13 ; max. : 1.7 ; médiane : 0.7).

De façon très simplifiée, cela pourrait signifier que pour une température moyenne de l'air de 22°C (moyenne observée sur la période 1993 – 2005 de mi-juillet à fin août) et pour un débit à Golfech correspondant au DOE, la température moyenne de l'eau est de l'ordre de 25°C.

Des augmentations respectives de 10% (+8.5 m3/s), 20% (+17 m3/s), 30% (+25.5 m3/s) et 40% (+ 34 m3/s) du débit pourraient se traduire, pour une même température de l'air, par des baisses respectives de la température de l'eau de l'ordre de 0.2°C, 0.4°C, 0.7°C et 0.9°C.

De la même façon, et pour un débit proche du DOE, des augmentations de la température moyenne de l'air de 0.5°C, 1°C et 1.5°C pourraient se traduire par un réchauffement de l'eau de l'ordre de 0.2°C, 0.5°C et 0.7°C.

III. Les poissons migrateurs amphihalins du bassin de la Garonne

1. Biologie des différents migrateurs

1.1. L'alose feinte *Alosa fallax*

1.1.1 Aire de répartition

L'alose feinte est présente sur le littoral atlantique, du sud de la Norvège jusqu'au Maroc, y compris en Irlande et dans les îles britanniques.

Son aire de répartition a toutefois régressé ces dernières décennies.

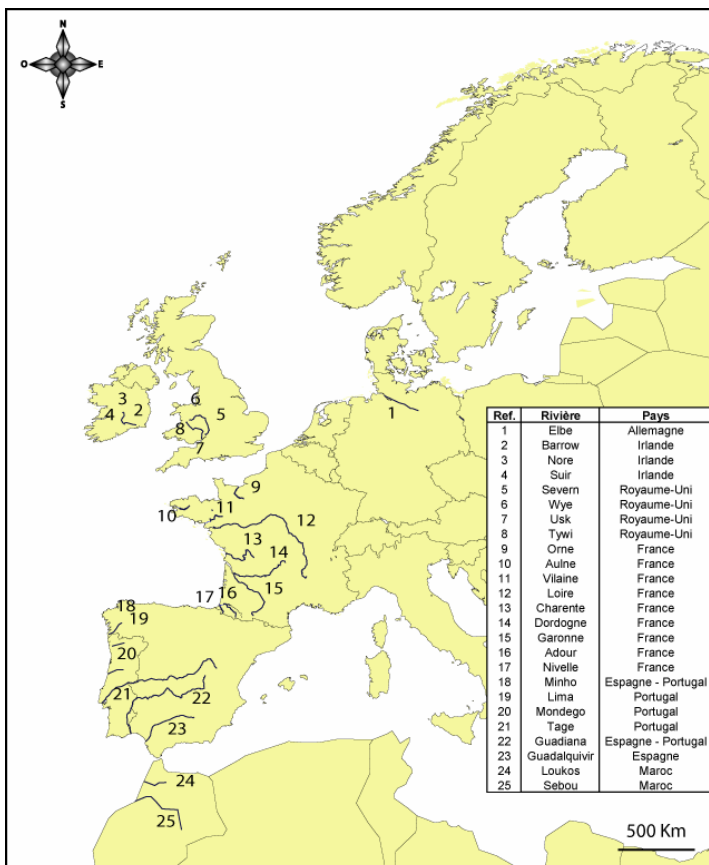
Au nord, *Alosa fallax* a disparu de tous les cours d'eau se jetant dans la mer Baltique. Elle a également déserté la plupart des grands fleuves septentrionaux. L'Elbe semble être une exception.

Le Rhin accueille quand à lui une population relictuelle.

Des petites populations persistent en Irlande, dans le sud de l'Angleterre et au pays de Galles.

En France, l'alose feinte est présente dans la plupart des bassins de la côte atlantique et de la Manche. Les populations les plus importantes concernent la Loire, la Charente et le système Garonne-Dordogne.

Au sud, *Alosa fallax* est encore abondante dans la plupart des rivières des côtes atlantiques espagnoles et portugaises. Enfin, au Maroc, seules deux populations semblent persister, toutes les autres ayant disparu.



1.1.2 Statut

L'espèce est considérée comme vulnérable en France. A l'échelle mondiale, l'état de la population est insuffisamment documenté.

Elle figure en Annexe III de la convention de Berne et aux annexes II et V de la directive européenne Faune, Flore, Habitats – Natura 2000.

Elle bénéficie d'un statut de protection national et des mesures de protection des frayères ont été mises en place (arrêté ministériel du 8/12/88 et circulaire du 27/07/1990).

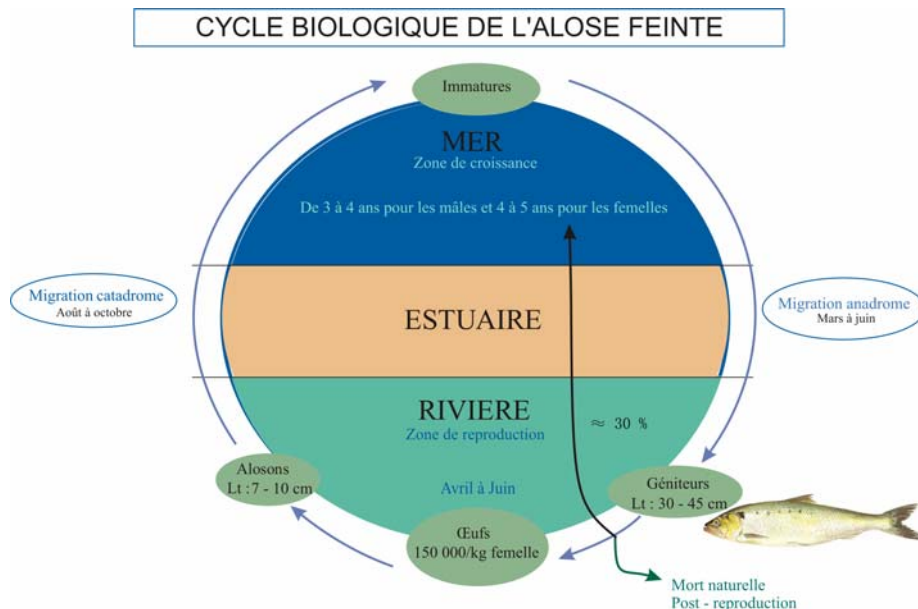
1.1.3 Cycle biologique

Alosa fallax est un poisson pélagique amphihalin potamotoque. Sa croissance a donc lieu dans le milieu marin où elle consomme du zooplancton et des poissons de petite taille comme l'anchois et le sprat.

Les individus atteignent leur maturité sexuelle et rejoignent les eaux continentales pour se reproduire entre 2 et 9 ans, la majorité des femelles mûrissant à 4 ou 5 ans et les mâles 1 an avant.

La migration en rivière a lieu de février à mai-juin, selon la latitude. La reproduction proprement dite se déroule en mai-juin.

Toutes les populations d'alse feinte semblent itéropares, exceptées celles du Maroc. La proportion des individus se reproduisant plusieurs fois est en moyenne de 30% mais peut être très variable. Les aloses feintes qui se reproduisent plusieurs fois le font majoritairement 2 à 3 fois, certains individus étant toutefois susceptibles de se reproduire jusqu'à 7 fois. A titre de comparaison, le taux d'itéroparité de *Alosa fallax rhodanensis* serait de 46 %.



1.1.4 Homing

Différences études méristiques, complétées par des analyses génétiques, mettent en évidence la présence de populations distinctes et confirment ainsi les hypothèses de homing.

En l'état actuel des connaissances, le homing se situerait à l'échelle du bassin versant. Il pourrait y avoir toutefois différents niveaux de précision en relation avec la configuration des différents bassins. Il est intéressant de noter toutefois qu'il existe une potentialité de colonisation de nouveaux milieux.

1.1.5 Migration anadrome

Le déclenchement de la migration est physiologiquement induit par la maturation des gonades.

Cette maturation semble liée à la taille et au taux de croissance. Ainsi, l'atteinte d'une taille critique est corrélée à la réserve d'énergie nécessaire à la reproduction. Pour les femelles d'*Alosa fallax*, celle-ci serait de 330 à 340 mm dans le nord de leur aire de répartition.

L'utilisation des réserves énergétiques pour la maturation des gonades entraîne en particulier une altération des mécanismes osmorégulateurs entraînant une fuite du milieu marin hypertonique.

L'activité de migration semble assez fortement reliée à la température de l'eau. Elle est inhibée en dessous de 10-12°C. La plage de température la plus favorable, déterminée uniquement pour *Alosa alosa*, pourrait se situer entre 16 et 23°C.

Le débit est plus ou moins fortement corrélé avec le régime thermique du cours d'eau, selon les périodes de l'année, ce qui rend notamment difficile l'étude de l'influence séparée des deux facteurs. De brutales ou fortes augmentations des niveaux d'eau semblent toutefois inhiber la migration.

A la différence des salmonidés migrateurs, les aloses s'engagent peu dans les petits affluents et remontent moins haut. La limite amont de l'aire de répartition de *Alosa fallax* en milieu continental se situe généralement juste au-dessus des zones soumises à l'influence des marées même si des migrations sur de plus grandes distances ont pu être observées.

1.1.6 Reproduction et vie continentale

L'activité de reproduction débute quand les géniteurs sont arrivés à maturité, sous l'influence de la température de l'eau et du regroupement des individus sur les sites de fraie.

Les mâles et femelles matures présentent, selon les cours d'eau, des tailles comprises respectivement entre environ 250 et 400 mm et entre 300 et 450 mm, pour des poids compris entre 300 et 800 g pour les mâles et 500 et 1500 g pour les femelles.

La fécondité des femelles varie de 42 000 à plus de 400 000 ovocytes par kilo, la moyenne semblant se situer autour de 140 000.

L'activité de reproduction a lieu presque exclusivement de nuit, pour des températures de l'eau variant généralement entre 16°C et 23°C.

Le déroulement de la fraie n'a été décrit de façon très précise que pour *Alosa alosa* mais il semble être très proche pour *Alosa fallax*.

Un couple se forme et monte en surface. Les deux poissons collés l'un contre l'autre effectuent alors des cercles d'environ un mètre de diamètre. Leurs corps sont en partie émergés et leurs nageoires caudales agitent violemment et bruyamment la surface. Les gamètes sont alors libérés et les ovules sont fécondés dans le tourbillon ainsi formé. Ensuite, les oeufs coulent et tombent sur le lit du cours d'eau où ils se coincent entre les interstices du substrat.

La maturation des ovocytes est progressive et fractionnée ce qui signifie que la femelle va pondre plusieurs fois au cours de la période de reproduction. Par analogie avec la grande alose, il est possible d'avancer un chiffre de l'ordre de 10 pontes par femelle. La majorité des actes de ponte semble ne concerner que deux individus, 1 mâle et 1 femelle.

Sur les frayères situées pour l'essentiel dans la zone d'influence des marées, la fraie semble se dérouler préférentiellement pendant le jusant et lors des étales de pleine et de basse mer. Une fois les œufs logés dans les interstices du substrat, ils ont besoin d'être bien oxygénés ; des valeurs de 4.5 à 5 mg/L semblent être le seuil en dessous duquel des problèmes apparaissent. Des valeurs similaires peuvent être avancés pour les alosons.

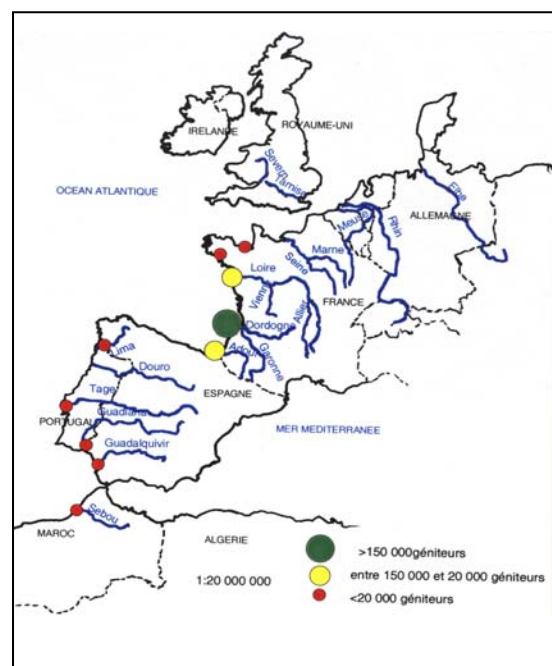
Si la température optimale pour ces deux stades semblent se situer entre 16 et 23°C, des valeurs jusqu'à 27-28°C, par analogie avec l'aloise savoureuse *Alosa sapidissima*, ne perturberaient pas outre mesure la survie et le développement des œufs, des larves et des juvéniles. Cela reste toutefois à confirmer.

La durée de l'incubation dépend de facteurs externes, en grande partie de la température de l'eau. Suite à l'éclosion, qui dure de 3 à 5 jours environ, les alevins amorcent leur croissance en rivière. A la fin de l'été, c'est à dire à l'âge de 2 à 3 mois, les alosons entament leur avalaison vers l'océan.

1.2. L'aloise vraie *Alosa alosa*

1.2.1 Aire de répartition

Au début des années 1980, la grande alose était encore présente depuis les côtes atlantiques marocaines jusqu'au Royaume Uni et à l'Allemagne en passant par la péninsule ibérique.



Elle a beaucoup souffert des activités anthropiques (barrages, destruction des habitats par extraction de granulats, pêche...). Ces facteurs ont restreint sa répartition et diminué sa fréquentation sur la majorité des bassins fluviaux.

Une grande partie des grands bassins septentrionaux a été fortement touchée et semble avoir été désertée : Elbe, Rhin, Meuse, Seine. Ainsi, bien que de petites populations semblent se maintenir sur le Rhin et des fleuves de Basse Normandie et de Bretagne, la Loire avec une large population d'aloose semble être actuellement la limite Nord de l'aire de répartition de cette espèce.

Plus au Sud, l'aloose est encore abondante dans la Charente malgré des problèmes de libre circulation. Dans le bassin Garonne Dordogne, la population constituait, il y a peu de temps encore, la plus importante d'Europe. Elle se trouve aujourd'hui dans une situation particulièrement difficile qui a justifié la mise en place d'un moratoire en 2008.

Si elle est encore présente sur les côtes espagnoles et portugaises, elle semble toutefois se raréfier.

1.2.2 Statut

L'espèce est considérée comme vulnérable en France. A l'échelle mondiale, l'état de la population est insuffisamment documenté.

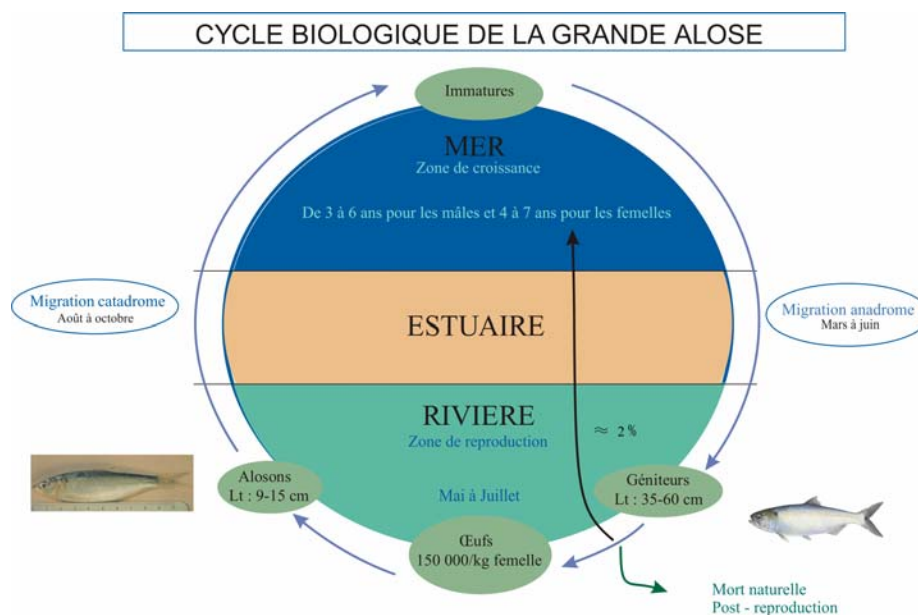
Elle figure en Annexe III de la convention de Berne et aux annexes II et V de la directive européenne Faune, Flore, Habitats – Natura 2000.

Elle bénéficie d'un statut de protection national et des mesures de protection des frayères ont été mises en place (arrêté ministériel du 8/12/88 et circulaire du 27/07/1990).

1.2.3 Cycle biologique

L'aloose vraie est un poisson pélagique amphihalín potamotoque. Sa croissance a donc lieu dans le milieu marin où elle se nourrit essentiellement de zooplancton (copépodes, décapodes et euphausiacés) mais aussi de petits poissons.

Les individus atteignent leur maturité sexuelle et rejoignent les eaux continentales pour se reproduire entre 3 et 7 ans, la majorité des femelles devenant matures entre 4 et 6 ans et les mâles entre 3 et 5 ans.



Les remontées sur les axes fluviaux ont lieu généralement de mars à juin, selon la latitude. La migration de reproduction a lieu de février à mai-juin, selon la latitude.

La reproduction proprement dite se déroule de mai à juillet selon les années et les conditions hydroclimatiques. La fécondation est externe et les oeufs tombent sur le substrat. L'aloise est une espèce sémelpare *i.e* qui ne se reproduit qu'une fois. En effet, la quasi-totalité des géniteurs meurent après la reproduction, le taux d'itéroparité étant très faible, de l'ordre de 2%..

Après quelques mois au plus passés en rivière, les alosons entament en fin d'été / début d'automne leur migration de dévalaison et vont rejoindre l'océan.

1.2.4 Homing

Tout comme pour l'aloise feinte, différences études méristiques, complétées par des analyses génétiques, mettent en évidence la présence de populations et confirment ainsi les hypothèses de homing.

En l'état actuel des connaissances, le homing se situerait à l'échelle du bassin versant. Il est intéressant de noter toutefois qu'il existe une potentialité de colonisation de nouveaux milieux.

1.2.5 Migration anadrome

La période de remontée en eau douce débute en fin d'hiver et se poursuit durant tout le printemps. Généralement, en comparaison avec l'aloise feinte, cette période se situe plus tôt en saison (d'environ un mois), est plus longue (4 à 4,5 mois contre 3 à 3,5 mois) et présente une plus forte variabilité interannuelle.

La migration anadrome s'effectue à des vitesses moyennes variant de 10 à plus de 20 km/jour.

Le flux migratoire est bien souvent structuré en plusieurs vagues distinctes, décalées dans l'espace et dans le temps. Ceci peut être modifié par la présence d'obstacles.

Durant toute la montaison, les adultes cessent de se nourrir et puisent dans leurs réserves pour subvenir aux nécessités bioénergétiques de migration.

Cette phase migratoire se déroule majoritairement en milieu continental pour des températures comprises entre 16 et 23°C. Des faibles ou fortes températures, inférieures à 10-11°C ou supérieures à 25°C, ainsi que des brutales augmentations de débit, peuvent stopper la migration.

Tout comme l'aloise feinte, et à la différence des salmonidés migrateurs, l'aloise vraie s'engage peu dans les petits affluents. Si elle remonte moins haut que le saumon par exemple sur les bassins, elle est toutefois capable de réaliser des migrations de plusieurs centaines de kilomètres.

1.2.6 Reproduction

L'activité de reproduction débute quand les géniteurs sont arrivés à maturité, sous l'influence de la température de l'eau et du regroupement des individus sur les sites de fraie.

Il n'existe pas de réel dimorphisme sexuel si ce n'est une plus grande taille des femelles par rapport aux mâles à âge égal. La taille moyenne de la grande aloise adulte des fleuves français est de 520 mm (LT) pour un poids moyen de 1 460 g.

Sur le bassin de la Gironde les mâles en fonction de leur âge mesurent de 42 à 54 cm pour un poids de 0.6 à 1.7 kg alors que les femelles sont plus grandes avec une taille de 53 à 60 cm pour un poids de 1.3 à 2.3 kg.

Les femelles possèdent de 77 000 à 250 000 ovules/kg, la moyenne semblant se situer autour de 150 000.

L'activité de reproduction a lieu presque exclusivement de nuit, pour des températures de l'eau variant généralement entre 16°C et 24°C.

La journée, les géniteurs matures restent le plus souvent immobiles dans des zones de repos.

Au crépuscule, l'activité augmente et les aloses se regroupent sur les secteurs de reproduction pour y constituer des couples. Le sex-ratio sur les sites de reproduction varie au cours de la saison. Il est en moyenne situé autour de 1 mais légèrement en faveur des mâles.

La nuit, l'activité de ponte proprement dite débute vers 23h et se termine aux environs de 5h. Les couples formés montent à la surface, le mâle et la femelle (parfois plusieurs mâles pour une femelle), flanc contre flanc, frappant violemment la surface de l'eau à l'aide de leur nageoire caudale en exécutant un déplacement circulaire de 1 à 1,2 m de diamètre. Les gamètes sont libérés et la fécondation a lieu dans le tourbillon créé pendant cette phase, qui dure de 2 à 10 secondes.

Ces actes de reproduction sont sonores et peuvent atteindre une intensité de 50 dB. Ils sont visibles à distance en raison de la projection de gerbes d'eau. Ces caractéristiques permettent de repérer facilement les zones de frai.

Le dénombrement de ces bulls sur un site donné, à une date donnée, permet de faire une estimation du stock de géniteurs présents sur ce site, sachant notamment qu'une femelle pond environ à 10 reprises durant la saison de reproduction.

La durée de l'incubation dépend de facteurs externes, en grande partie de la température de l'eau. Suite à l'éclosion, qui dure de 3 à 5 jours environ, les alevins amorcent leur croissance en rivière.

1.2.7 Vie continentale

La période d'incubation des œufs dure de 3 à 8 jours pour des températures de 18 à 22 °C. Des températures de l'eau supérieures à 16-17°C semblent nécessaires pour le bon développement des œufs.

Par analogie avec *Alosa fallax*, il peut être avancé des teneurs minimales en oxygène de l'ordre de 5 mg/L. A l'éclosion, les alevins mesurent entre 6 et 8 mm. La résorption de la vésicule vitelline se fait dans les 4 jours suivant l'éclosion.

Au stade juvénile, les jeunes aloses se nourrissent de crustacés et larves d'insectes. Le phénomène de dévalaison est sûrement déclenché par l'évolution de la photopériode. A la fin de l'été, à un âge de 2 à 3 mois et pour des tailles comprises entre 7 et 12 cm, les alosons regagnent l'océan, sous l'effet de la diminution des températures et/ou les premières montées des eaux.

Dans l'estuaire de la Gironde, les premiers alosons apparaissent dès la fin du mois d'août. Il y a peu de temps encore, il était généralement admis qu'ils demeuraient plusieurs mois en estuaire avant de rejoindre l'océan. De récentes études semblent révéler que ce temps de stationnement est beaucoup plus court, de l'ordre de quelques semaines.

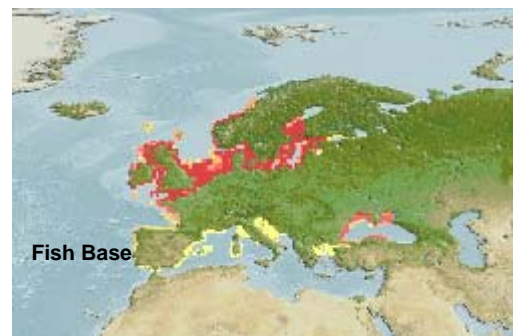
1.3. La lamproie fluviatile *Lampetra fluviatilis*

1.3.1 Aire de répartition et statut

La lamproie de rivière est présente de la Norvège jusqu'à la Méditerranée.

Son aire de répartition est en régression en raison notamment de problèmes de qualité des eaux, de différents travaux et modifications du lit des cours d'eau et de la présence d'obstacles à la libre circulation.

Le statut de l'espèce, au niveau mondial, est à faible risque (mais quasi menacée !!) et elle est considérée comme vulnérable en France.



Elle figure en Annexe III de la convention de Berne et en annexe II de la directive européenne Faune, Flore, Habitats – Natura 2000.

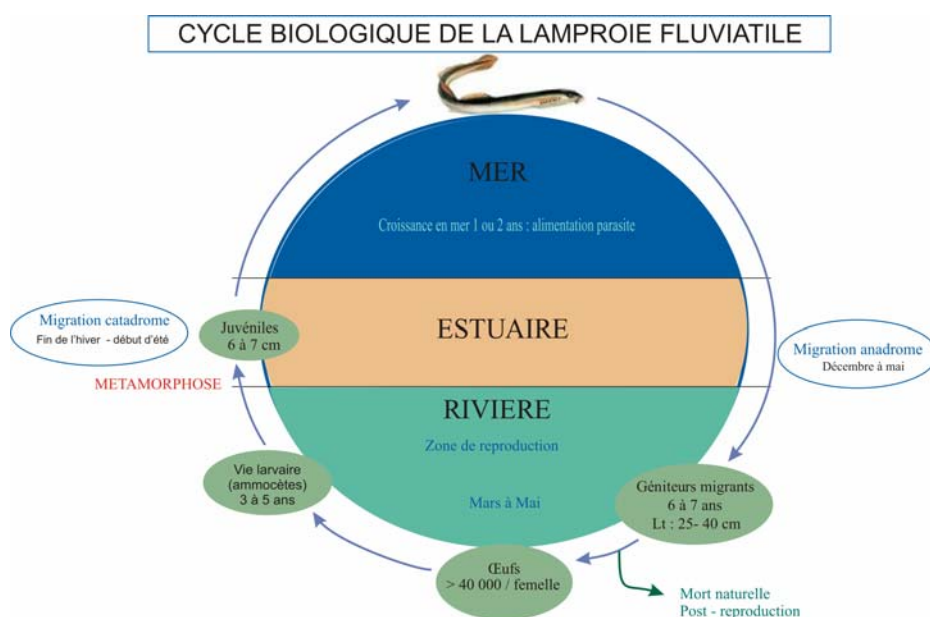
Elle bénéficie d'un statut de protection national et des mesures de protection des frayères ont été mises en place (arrêté ministériel du 8/12/88 et circulaire du 27/07/1990).

1.3.2 Cycle biologique

Après avoir passé 1 à 2 ans en milieu marin, généralement à proximité des estuaires, fixés sur le corps de poissons comme le hareng, le sprat ou la plie, elle remonte les cours d'eau de la fin de l'automne au début du printemps.

Sa taille est comprise entre 25 et 40 cm pour un poids maximal observé de l'ordre de 150 g. La reproduction a généralement lieu sous nos latitudes de mars à mai, lorsque la température de l'eau dépasse 10-11°C.

Contrairement à l'alose ou aux salmonidés, il semblerait que cette espèce colonise assez fortement les axes secondaires et les petits affluents.



1.3.3 Reproduction et vie continentale

La fécondation est externe et les œufs sont déposés dans un nid aménagé par les géniteurs, essentiellement composé de graviers et de sable.

Les zones de reproduction sont caractérisées notamment par un courant modéré, à écoulement plutôt laminaire et des hauteurs d'eau assez variables, de 0.2 à près de 1.5 m. Il est généralement admis que la fécondité moyenne par femelle est comprise entre 20 000 et 40 000 ovocytes.

Après une période d'incubation de 15 à 30 jours, les larves vont s'enfouir dans des zones à très faible vitesse, inférieures à 0.1 m/s, et constituées de dépôt de sédiments fins, généralement situés à l'aval des sites de fraie.

Elles vont y séjourner de 3 à 5 ans en se nourrissant par filtration de microorganismes (diatomées...).

Après métamorphose, les individus, dont la taille est comprise entre 9 et 12 cm, vont rejoindre les estuaires de la fin de l'hiver au début de l'été.

1.4 La lamproie marine *Petromyzon marinus*

1.4.1 Aire de répartition et statut

L'espèce est présente de la Norvège à l'Islande et la mer de Barents jusqu'à l'Afrique du Nord.

Elle est également présente en Amérique du Nord, du Labrador jusqu'au sud des grands lacs.

En France, elle est considérée comme vulnérable. Elle figure à l'annexe III de la convention de Berne et aux annexes II et IV de la Directive Faune, Flore, Habitats – Natura 2000.

Elle bénéficie d'un statut de protection national et des mesures de protection des frayères ont été mises en place (arrêté ministériel du 8/12/88 et circulaire du 27/07/1990).



1.4.2 Cycle biologique

Après avoir passé 1 à 2 ans en mer, fixée sur des poissons (morue, merlu, saumon...), la lamproie remonte en milieu continental des mois de décembre à mai pour se reproduire.

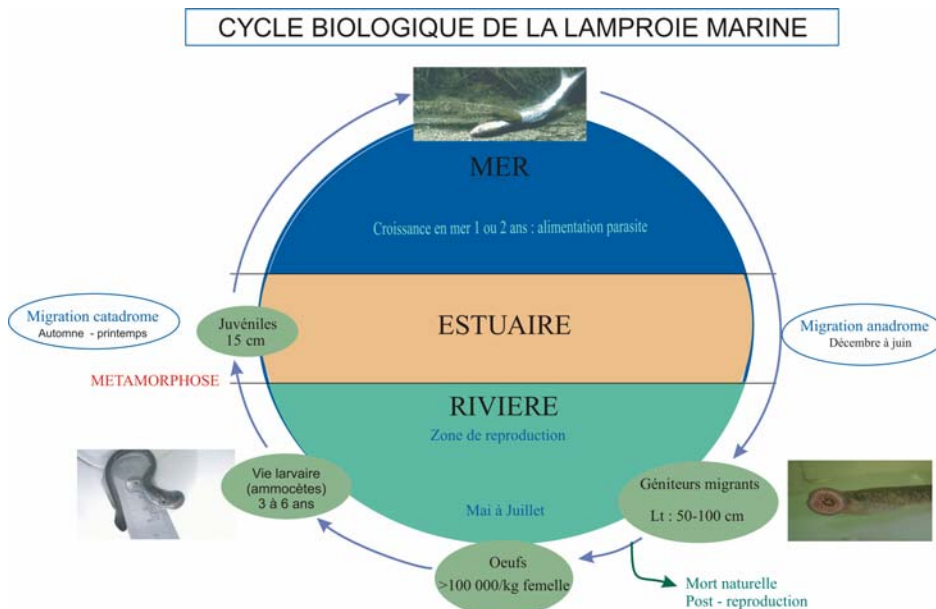
Sa taille est alors comprise entre 0.5 à 1 m pour un poids pouvant aller jusqu'à 2.5 kg mais généralement proche de 1 kg.

La fécondité moyenne par femelle est de l'ordre de 200 000 ovocytes / kg (124 000 à 260 000).

Grande migratrice, elle est capable de parcourir plusieurs centaines de kilomètres en rivière avant de se reproduire. Elle semble capable de coloniser différents types de milieux, des axes migratoires principaux jusqu'aux affluents.

La reproduction a généralement lieu sous nos latitudes en mai et juin (juillet sur les parties les plus amont) ; Les géniteurs meurent peu de temps après.

Au bout de quelques semaines, les larves quittent les frayères et vont entamer, enfouies dans les sédiments, leur longue vie continentale.



1.4.3 Homing

En l'état actuel des connaissances, il est généralement admis qu'il n'y a pas de homing chez la lamproie marine.

La présence de larves dans un cours d'eau favorise par contre la colonisation de l'axe par les adultes.

De toutes dernières analyses pourraient toutefois laisser à penser, sans parler pour l'heure de homing, à une « régionalisation » des stocks, ce qui peut avoir d'importantes conséquences en terme de gestion notamment.

1.4.4 Migration anadrome

La période de remontée en eau douce débute généralement en fin d'année calendaire et se poursuit jusqu'au printemps, la période la plus importante sous nos latitudes se situant en mars et avril.

Cette phase continentale est relativement mal connue. Il est par exemple assez étonnant de constater, sur un bassin comme Garonne-Dordogne, que des captures non négligeables ont lieu tous les ans par la pêche commerciale en début d'année calendaire alors que *i)* au niveau des stations de contrôle situées entre 100 et 200 km en amont, les pics de migration se produisent généralement en mai ou juin *ii)* les vitesses de migration d'individus radiomarkés sur la partie moyenne de l'axe (secteur Marmande – Golfech) sont de l'ordre en moyenne d'une dizaine de kilomètres / jour.

Durant toute la montaison, les adultes cessent a priori de se nourrir et puisent dans leurs réserves pour subvenir aux nécessités bioénergétiques de migration.

Cette phase migratoire se déroule majoritairement en milieu continental pour des températures comprises entre 16 et 22°C. Des fortes températures, supérieures à 25°C, semblent être en mesure de stopper toute migration.

Plus encore que la grande alose, la lamproie marine est susceptible de parcourir des distances conséquentes en milieu fluvial avant de se reproduire. Des individus sont observés tous les ans au niveau de la station de contrôle du Bazacle et certains sont piégés à Carbonne. Sur des axes plus longs encore comme la Loire, des lamproies sont comptabilisées au niveau de la station de contrôle de Vichy, située à plus de 600 km de l'océan.

1.4.5 Reproduction

L'activité de reproduction se déroule des mois de mai à juillet, pour des températures généralement comprises entre 16 et 22°C.

La fécondation est externe et les œufs sont déposés dans un nid aménagé par les géniteurs, essentiellement composé de graviers et galets, de dimensions comprises entre 2 et 10 cm.

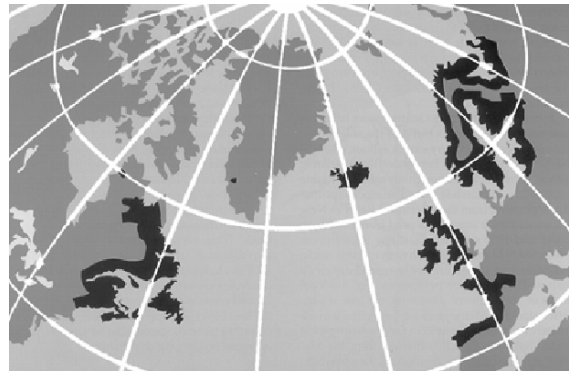
Les zones de reproduction sont situées sur des plats courants à écoulement laminaire et à vitesse d'écoulement conséquente (entre 0.4 et plus de 1.5 m/s en surface). Les hauteurs assez variables, de 0.3 à 1.2 m, des nids ayant toutefois été observés sous plus de 3 m de profondeur. Les sites de fraie sont ainsi très proches hydrauliquement de ceux utilisés par le saumon atlantique.

1.4.6 Vie continentale

L'éclosion des œufs se produit au bout de 2 semaines environ. Les pré-larves, d'une taille de 3 à 9 mm, demeurent dans le nid quelques semaines. Au bout de 5 à 6 semaines, à une taille proche de 10 mm, elles quittent le nid et vont s'enfouir dans les sédiments afin de poursuivre leur croissance. Elles vont y passer de nombreuses années, de l'ordre de 4 à 6 ans sous nos latitudes mais jusqu'à 9 ans dans le nord de l'Europe.

Les larves subissent ensuite une métamorphose en fin d'été – début d'automne puis débutent leur migration de dévalaison, de l'automne au début du printemps, à des tailles généralement comprises entre 12 et 20 cm.

1.5 Le saumon atlantique *Salmo salar*



1.5.1 Aire de répartition et statut

Le saumon fréquente les pays bordant l'océan atlantique Nord et la Mer Baltique : Canada et Etats-Unis d'un côté de l'Atlantique et de l'Espagne au nord de la Russie de l'autre côté. L'espèce est considérée comme vulnérable à l'échelle française.

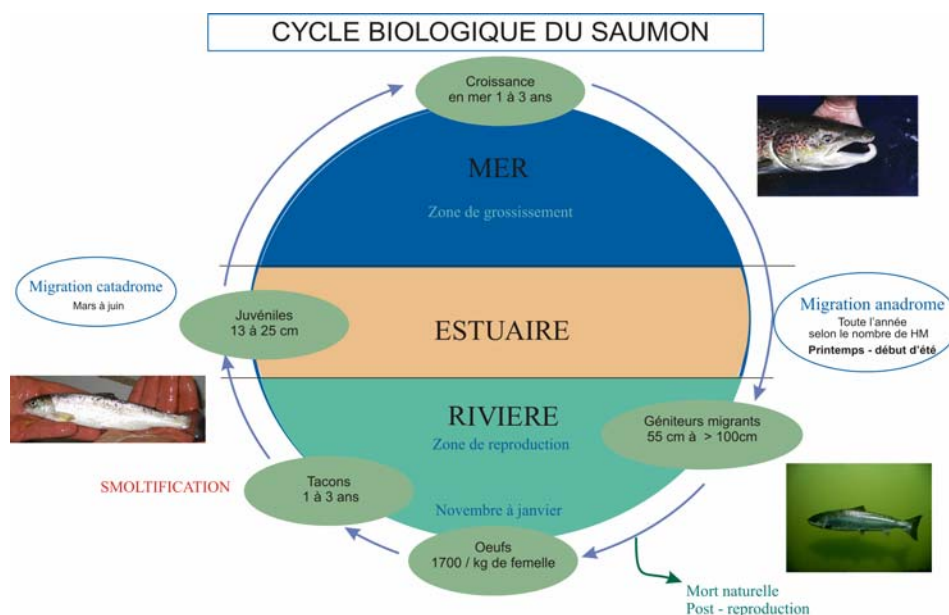
Elle figure aux annexes II et IV de la Directive Habitats et à l'annexe III de la Convention de Berne. Elle bénéficie d'un statut de protection national et des mesures de protection des frayères ont été mises en place (arrêté ministériel du 8/12/88 et circulaire du 27/07/1990).

1.5.2 Cycle biologique

Le saumon atlantique est un poisson amphihalín potamotoque. Sa croissance a donc lieu dans le milieu marin où il se nourrit essentiellement de poissons comme le capelan, le sprat, le lançon ou le hareng mais aussi de grands éléments du zooplancton (amphipodes, euphausiacés).

Les individus atteignent leur maturité sexuelle et rejoignent les eaux continentales pour se reproduire après avoir passé 1 à 4 ans en mer sous nos latitudes.

La migration de reproduction a lieu toute l'année selon les différentes « catégories » de poissons : ceux qui ont passé le plus de temps en mer *i.e* les plus gros individus, remontent le plus tôt dans les fleuves et ceux qui n'ont séjourné qu'une seule année en mer le plus tard.



Sur certains fleuves toutefois, des remontées peuvent avoir lieu dès le mois de novembre (cas de la Loire) ou à l'automne.

La reproduction se déroule généralement de mi-novembre à mi-janvier, sur les têtes de bassin. La plupart des géniteurs meurent après la reproduction, le taux d'itéroparité étant très faible, généralement inférieur à 1%.

Les alevins émergent des graviers au printemps et entament leur vie en pleine eau. Au bout de 1 à 2 ans sous nos latitudes, ils subissent de profondes modifications morphologiques et physiologiques (smoltification) et entament, au printemps, leur migration de dévalaison pour

rejoindre les zones de croissance océaniques, situées dans l'Atlantique Nord (Groenland et Iles Féroé).

Après 1 à 4 ans passés en mer, ils retourneront sur leur cours d'eau d'origine (homing) pour venir se reproduire et mourir. Si des remontées peuvent avoir lieu toute l'année, le printemps et le début de l'été sont généralement, tout au moins sur le bassin de la Garonne, les périodes les plus propices aux remontées.

1.5.3 Homing

Dans l'océan, le saumon semble utiliser de nombreux signaux pour naviguer et s'orienter parmi lesquels il est possible de retenir : i) la position de la lune ou du soleil ii) le champ magnétique terrestre iii) les courants océaniques iv) la salinité et la température.

A l'approche des fleuves, différentes théories laissent à penser que les poissons seraient capables de percevoir et de reconnaître le « bouquet sensoriel » de leur rivière d'origine. La présence de congénères de mêmes origines dans la rivière, au stade juvénile, exercerait également un rôle dans les remontées des poissons.

1.5.4 Migration anadrome

Assez schématiquement, trois différentes périodes de remontée peuvent être distinguées :

- le début d'année calendaire, de janvier à mars, qui concerne les poissons ayant séjourné 3 à 4 années en mer
- le printemps (avril-mai-juin), qui concerne les poissons ayant séjourné 2 ans en mer
- la fin du printemps et le début de l'été (juin-juillet) qui concerne essentiellement les castillons (ou grisles), poissons n'ayant séjourné qu'une seule année en mer.

Généralement, la phase de migration en eau douce se déroule en 3 phases :

- un mouvement plus ou moins rapide vers l'amont sur des distances plus ou moins grandes
- une longue période de stabilisation, correspondant généralement à l'étiage estival (août à mi-septembre)
- une courte migration peu de temps avant le frai

De nombreux paramètres sont susceptibles d'intervenir sur ces différentes phases mais les plus importants demeurent la température de l'eau, les débits, la photopériode, et la turbidité. Les variations de débit, en particulier les crues, semblent des facteurs prépondérants de la remontée du saumon en stimulant les migrations. Toutefois, tout mouvement cesse en période de forte crue et de turbidité élevée de l'eau, les poissons redémarrant leur migration lors de la baisse des eaux.

Les vitesses de migration sont variables selon les conditions hydroclimatiques, l'état physiologique des individus, le type ou la portion de cours d'eau. Elles peuvent atteindre des valeurs de l'ordre de 40 à 50 km/jour.

L'arrêt de migration est la plupart du temps associé à une baisse des débits et à une augmentation concomitante de la température de l'eau. Des valeurs de l'ordre de 24°C semblent induire cet arrêt. Les poissons sont alors capables de rester plusieurs mois dans un profond en attendant des conditions environnementales plus favorables.

C'est généralement en début d'automne, lorsque la température de l'eau diminue très sensiblement, que les poissons reprennent leur migration vers l'amont pour rejoindre leur site de fraie.

1.5.5 Reproduction

La reproduction se déroule essentiellement sous nos latitudes en novembre et décembre, généralement lorsque la température de l'eau descend en dessous de 10°C.

C'est la femelle qui construit le nid dans lequel vont être déposés les œufs. La granulométrie est en grande partie composée de graviers et de galets, de dimension comprise entre 2 et 10 cm.

Les dimensions des frayères varient entre 1 et 5 m de long pour 0.6 à 1.5 m de large, avec des surfaces comprises entre 0.8 et 5 m² selon la taille du poisson et la vitesse du courant. Une femelle creuse une à trois frayères, déplaçant ainsi 1 à 2 m³ de granulats.

Les zones de frayères correspondent à des plats courants, caractérisés par un écoulement laminaire et des vitesses conséquentes, de l'ordre de 0.5 à 0.8 m/s.

La fécondité des femelles est assez constante et varie entre 1500 et 2000 ovocytes/kg.

Selon l'âge de mer des individus et donc leurs taille et poids, la production par individu est cependant variable :

- des femelles de 3 hivers de mer, dont les taille et poids moyens sur le bassin sont respectivement de 92 cm et 7 kg, sont capables de produire entre 10 000 et 14 000 ovocytes
- des femelles de 2 hivers de mer, dont les taille et poids moyens sont respectivement de 80 cm et 4.6 kg, sont capables de produire entre 6 000 et 9 000 ovocytes
- des castillons, dont les taille et poids moyens sont respectivement de 65 cm et 2.6 kg, sont capables de produire entre 4 000 et 5 000 ovocytes.

La fécondation est externe et les œufs sont déposés dans les nids.

La durée d'incubation des œufs est très fortement dépendante de la température de l'eau. Elle se produit pour des valeurs comprises entre 405 et 480 degrés jours. L'émergence *i.e* le début de vie en pleine eau, se produit entre 800 et 850 degrés jours. Sur les cours d'eau du bassin Garonne-Dordogne, l'émergence a généralement lieu entre la mi-mars et la mi-mai selon les années.

1.5.6 Vie continentale

Si dans les premiers stades de leur vie, les alevins se positionnent dans des habitats protégés à faibles vitesses de courant, ils prennent possession très rapidement, dès le début de l'été, des radiers, zones peu profondes et à vitesse d'écoulement conséquente, dans lesquelles ils vont effectuer l'essentiel de leur développement jusqu'au prochain hiver.

Au bout de 1 à 2 ans, et pour des tailles comprises entre 15 et 25 cm, les jeunes saumon vont subir de profondes modifications morphologiques et physiologiques (smoltification) qui vont leur permettre de s'adapter au milieu marin. Ils entament alors leur migration de dévalaison, généralement des mois de mars à mai, pour rejoindre l'océan.

Différents paramètres semblent contrôler cette migration parmi lesquels il faut retenir les débits et la température de l'eau. Des augmentations des débits peuvent entraîner le déclenchement des déplacements vers l'aval. De même, l'élévation des températures de l'eau est également susceptible de provoquer les dévalaisons. Il est généralement admis un seuil de thermique de 9-10°C au dessus duquel les poissons entameraient leur migration.

1.6 L'anguille européenne *Anguilla anguilla*

1.6.1 Aire de répartition et statut

L'anguille européenne se rencontre sur les côtes est de l'océan atlantique, du Maroc jusqu'à la Scandinavie et dans les systèmes fluviaux se jetant dans l'Atlantique Nord, la Baltique et la Méditerranée.



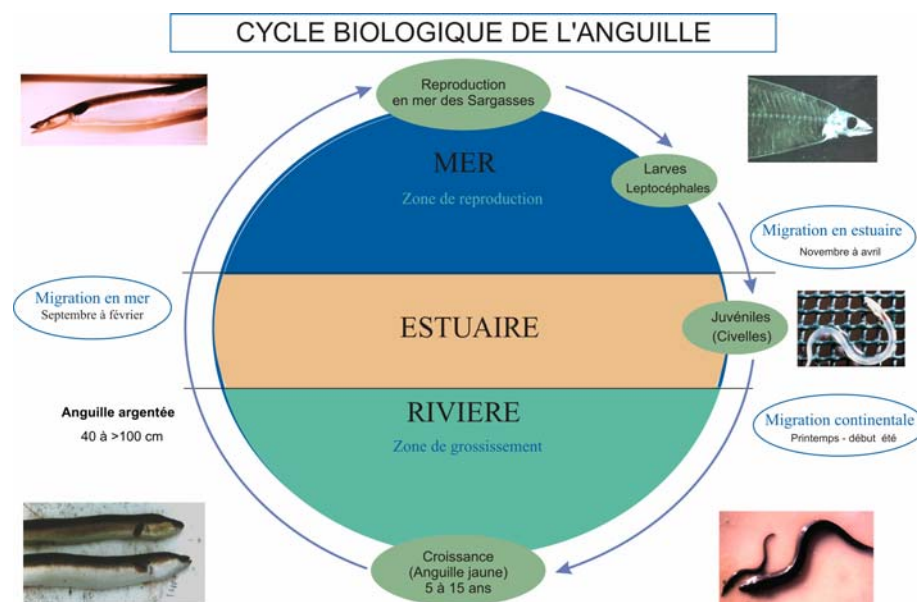
L'espèce a fortement décliné depuis le début des années 1980. Considérée par le CIEM comme étant en dehors de ses limites de sécurité biologique, elle ne bénéficie pour l'heure d'aucune mesure de protection.

1.6.2 Cycle biologique

L'anguille est un poisson migrateur amphihalal thalassotoque *i.e* elle vit et grandit en milieu continental (ou en zone estuarienne) et se reproduit dans l'océan atlantique, plus précisément dans la mer des Sargasses.

La reproduction dans la mer des Sargasses se déroule à des profondeurs importantes de plusieurs centaines de mètres. Les larves, appelées leptocephales, portées par le Gulf Stream, vont alors entamer la traversée de l'océan atlantique, qui durera de 7 à plus de 12 mois.

Dès la fin de l'été, elles sont présentes sur les côtes européennes et deviennent, après avoir subies des transformations physiologiques et morphologiques, des civelles prêtes à coloniser les milieux continentaux.



Cette phase de colonisation continentale se déroule pour l'essentiel de novembre à avril. Au fur et à mesure de cette colonisation continentale, les civelles vont se transformer en anguillettes puis en anguilles jaunes. A ce stade, et dans les premières années (5-6 ans soit une taille de l'ordre de 30 cm), elles vont poursuivre leur migration de colonisation avant de se sédentariser.

Après 5 à plus de 15 années passées en milieu continental, elles vont subir d'importantes transformations physiologiques et morphologiques les préparant à la vie marine. Devenues anguilles argentées, elles vont alors dévaler les cours d'eau, en automne et en hiver, afin de rejoindre leur zone de reproduction.

1.6.3 Vie continentale

L'anguille est une espèce fortement ubiquiste, susceptible de coloniser tous les milieux aquatiques continentaux : rivières, lacs, marais...

Cette phase de vie continentale est très fortement orientée sur la croissance. Son régime alimentaire se compose essentiellement de vers et de crustacés mais aussi de poissons (larves et poissonnets) et d'amphibiens.

Généralement, les petits individus se positionnent dans des milieux peu profonds, constitués d'une granulométrie assez grossière alors que les individus plus gros et plus âgés choisissent généralement des zones profondes et calmes.

Le printemps et le début de l'été constituent les périodes où l'intensité migratoire est la plus importante. Les déplacements s'effectuent alors en très grande majorité de nuit. Des températures trop faibles (< 12°C) ou trop importantes (> 28°C) peuvent stopper les déplacements.

Les individus, de sexe d'abord indifférencié, évoluent par la suite en mâles et femelles. Les individus de plus de 45 cm sont en très grande majorité des femelles.

La densité des individus, le type d'habitat utilisé, la « volonté migratoire » ...pourraient avoir une influence sur la différenciation sexuelle. Ainsi, les mâles se retrouvent plutôt sur la partie aval des axes et les femelles plus en amont sur les bassins.

1.6.4 Migration de dévalaison et reproduction

Au bout d'un certain nombre d'années passées en eau douce, l'anguille va subir des changements physiologiques, anatomiques et morphologiques qui vont anticiper le retour en milieu marin et la vie en eau profonde. Elle cesse alors de se nourrir et son système reproducteur se met peu à peu en place. Il ne sera toutefois fonctionnel qu'une fois sur son aire de reproduction, très probablement sous l'influence de la pression hydrostatique liée à la vie en eau profonde.

Cette migration de dévalaison se produit généralement à l'automne et en début d'hiver. Elle a lieu la nuit, plus particulièrement durant les nuits les plus obscures.

Elle est très souvent associée à des épisodes d'augmentation des débits. La température de l'eau semble exercer une forte influence sur le phénomène. Des valeurs assez larges sont généralement avancées, de 4°C à près de 18°C. L'essentiel de l'activité semblerait toutefois se dérouler entre 9°C et 13°C.

Ayant regagné l'océan, l'anguille doit alors effectuée une migration de l'ordre de 6 000 km pour rejoindre son aire de reproduction, dans la Mer des Sargasses. La reproduction aurait lieu au printemps.

2. Calendrier biologique des migrateurs amphihalins sur la Garonne

Un calendrier biologique des migrateurs amphihalins a été réalisé en prenant en considération :

- les données recueillies depuis près de 15 ans maintenant au niveau des différentes stations de contrôle réparties sur le bassin et gérées par MIGADO ;

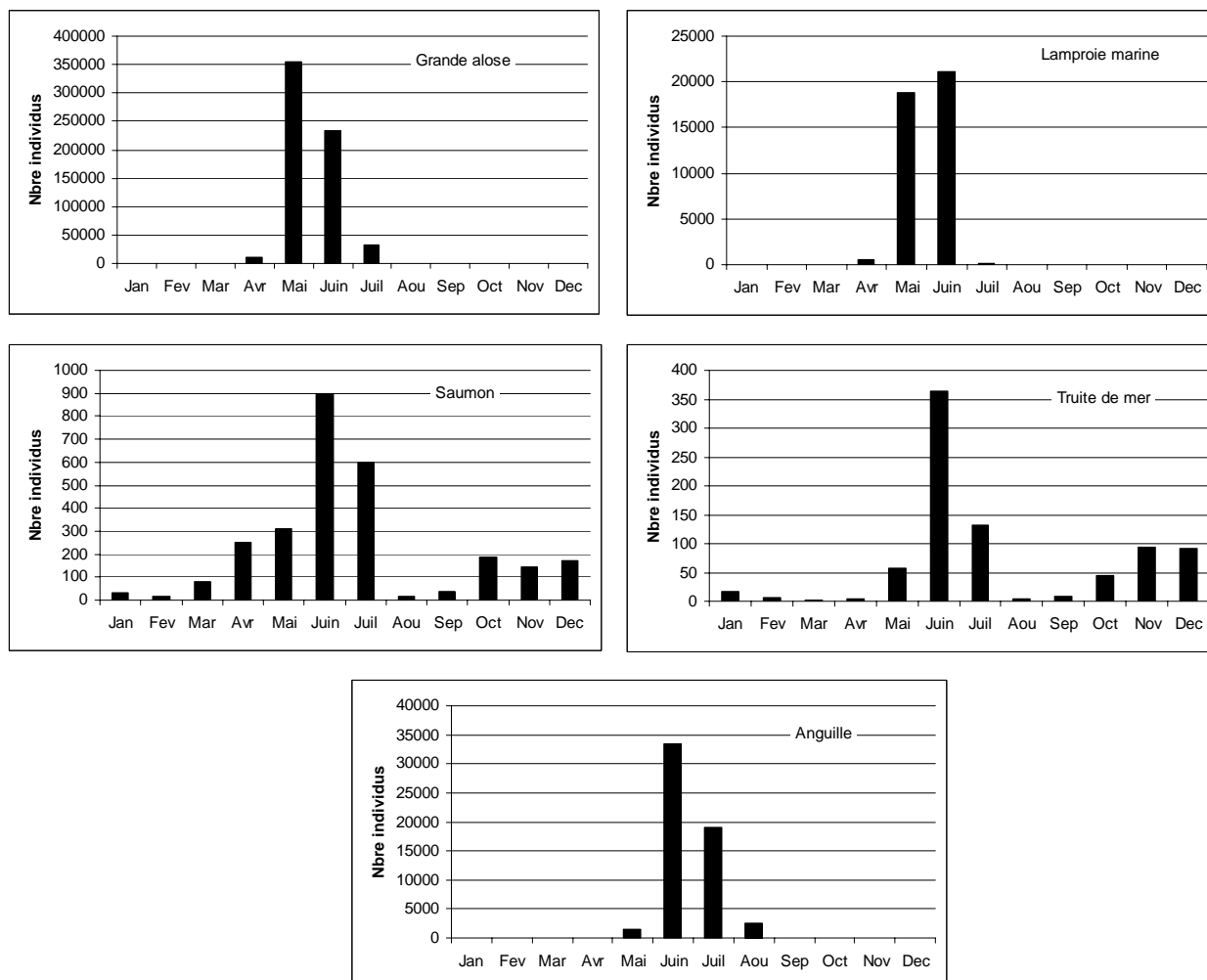


Figure 22 : Passages mensuels des migrateurs amphihalins observés à l'ascenseur de Golfech de 1993 à 2007

- d'autres suivis réalisés sur le bassin, en particulier par le Cemagref, sur la partie aval de l'axe et dans l'estuaire de la Gironde ;
- différents travaux réalisés dans le monde concernant les espèces pour lesquelles les données sur le bassin étaient parcellaires ou inexistantes.

Espèces	Phases de vie	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec			
Alose vraie	Migration			—		—		—								
	Reproduction				—		—									
	Juveniles Dévalaison					—		—								
Lamproie marine	Migration	—		—		—		—					—			
	Reproduction					—		—								
	Larves Dévalaison	?	?	?	?	?	?	?	?		?	?	?	?	?	?
Saumon atlantique	Migration	—														
	Reproduction	—											—			
	Juveniles Dévalaison			—		—										
Anguille	Migration civelles	—														
	Anguille jaune	—														
	Dévalaison	—														
Alose feinte	Migration			—		—		—								
	Reproduction					—		—								
	Juveniles Dévalaison					—		—								
Lamproie fluviatile	Migration	—														
	Reproduction			—		—										
	Larves Dévalaison	?	?	?	?	?	?	?	?	?		?	?	?	?	?

— principale période
— période secondaire

Tableau V : Principales périodes à enjeux pour les différentes espèces de migrateurs amphihalins sur le bassin de la Garonne

En première analyse, et en prenant en considération toutes les espèces, il apparaît qu'il existe des enjeux forts tout au long de l'année.

Cependant, selon les espèces, ces enjeux ne se répartissent pas tous de la même façon, dans l'espace et dans le temps.

En ce qui concerne les périodes à enjeux, il apparaît notamment que :

- le printemps et le début de l'été (mars à juillet) correspondent à des périodes de forte activité migratoire (montaison) pour la quasi-totalité des migrateurs, aussi bien pour les aloses, la lamproie marine, le saumon atlantique ou l'anguille en phase de colonisation continentale. Seule l'anguille au stade civelle et la lamproie fluviatile (et une fraction de la population de lamproie marine) pénètrent sur les parties aval des bassins en hiver et au début du printemps.
- cette période du printemps et du début de l'été correspond également à la reproduction des deux aloses et des deux lamproies. Quant au saumon, il se reproduit durant l'hiver, de la mi-novembre à la mi-janvier.
- s'agissant de la phase de croissance en milieu continental, il existe d'importantes différences entre les espèces. Les juvéniles de saumon et les larves de lamproie séjournent souvent plusieurs années en milieu continental avant de rejoindre l'océan. La vie continentale de l'anguille est encore plus longue. Les juvéniles des deux aloses ne demeurent par contre eux que quelques mois seulement en rivière (mai à septembre généralement).
- les périodes sont plus étendues pour les migrations de dévalaison. Pour le saumon atlantique, la migration catadrome se déroule essentiellement au printemps (avril-mai) ; pour l'alose, elle s'effectue de la fin de l'été au début de l'automne et pour l'anguille, elle a lieu en automne et en hiver. Concernant les lamproies, les périodes sont actuellement assez mal connues. Pour la lamproie marine, la dévalaison

s'étendrait de l'automne au printemps suivant et pour la lamproie fluviatile, de la fin de l'hiver jusqu'au printemps.

Assez schématiquement, on peut délimiter les territoires à enjeux pour les différentes espèces :

- pour le saumon, le cours d'eau Garonne dans sa totalité jusqu'au Plan d'Arem ainsi que ses principaux affluents comme l'Ariège (Labarre), la Neste et la Pique. Les zones les plus aval sont les zones de passage obligées des poissons. La Garonne amont (amont Bazacle) et ses principaux affluents (Pique et Neste) et l'Ariège en amont de Saverdun constituent les zones fonctionnelles de reproduction de l'espèce et de croissance des juvéniles.
- pour l'aloise feinte et la lamproie fluviatile, le bassin de la Garonne en aval d'Agen. Il est toutefois probable que Marmande constitue la limite amont de la zone fortement colonisée.
- pour l'aloise vraie et la lamproie marine, la Garonne en aval de Carbonne, l'Ariège en aval de Saverdun, le Lot en aval du Temple, le Tarn en aval de Lagarde et l'Aveyron en aval de Négrepelisse. A noter que pour la lamproie, les affluents des cours principaux peuvent également être colonisés.
- pour l'anguille, la Garonne en aval de Carbonne, l'Ariège en aval de Labarre, le Lot jusqu'à Capdenac, l'Aveyron jusqu'à Laguèpie et le Tarn jusqu'à Rabastens. Plus encore que pour les autres espèces, les affluents des axes principaux sont susceptibles d'être fortement colonisés et ne doivent pas être oubliés.

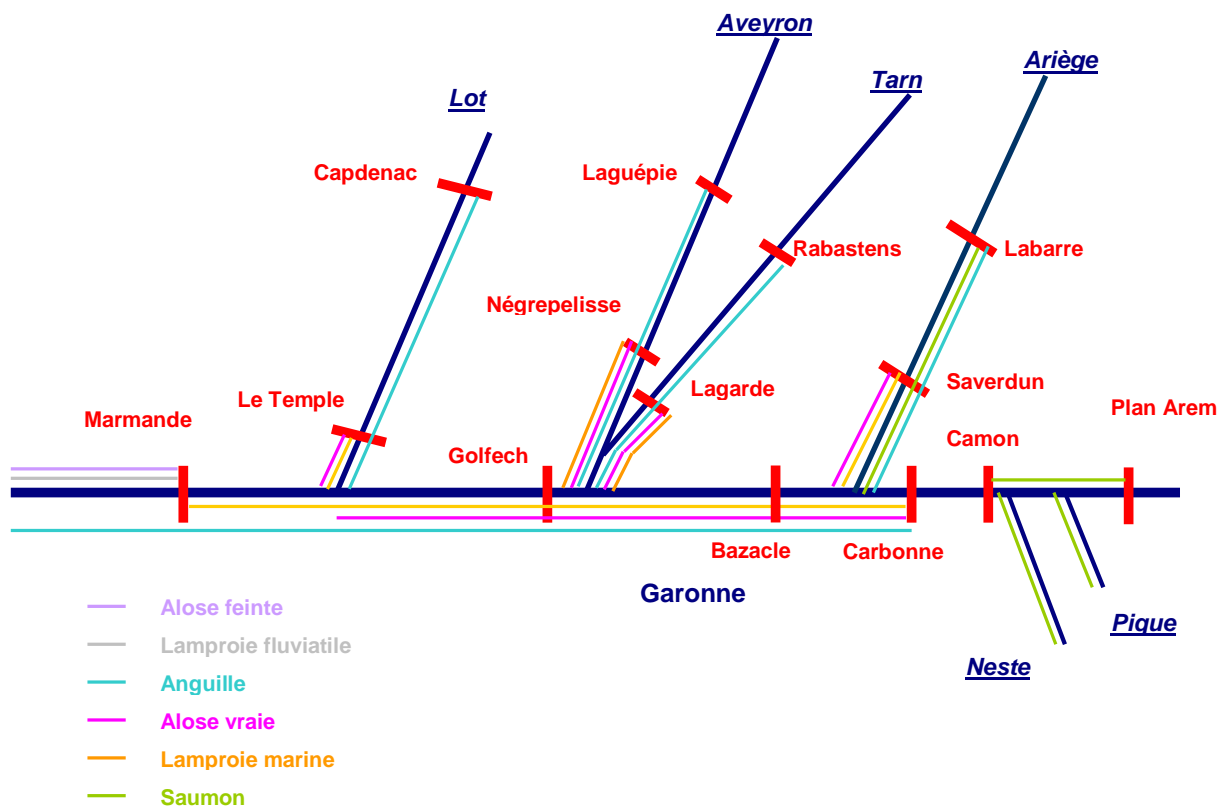


Figure 23 : Localisation des secteurs à enjeux pour les différentes espèces de poissons migrateurs amphihalins

3. Les exigences biologiques des migrateurs amphihalins

De nombreux paramètres, en lien avec les aspects physico-chimiques ou hydrologiques, sont susceptibles d'agir sur le fonctionnement des milieux aquatiques et la vie piscicole.

Il a toutefois été décidé, dans le cadre du présent rapport, de ne prendre en considération que la température de l'eau et la teneur en oxygène dissous. Concernant les nombreux autres paramètres, les connaissances sont pour le moins parcellaires à l'heure actuelle. Même s'il existe de fortes suspicions pour certains d'entre eux, de très rares relations de cause à effet ont pu être clairement établies à ce jour.

En ce qui concerne la température de l'eau, il s'agit d'un des facteurs les plus structurants des milieux aquatiques. De plus, c'est le seul paramètre pour lequel nous disposons sur le bassin de données sur des chroniques suffisamment longues et à différents niveaux de l'axe. Enfin, les conséquences de ce paramètre sur les poissons, sur les migrateurs amphihalins en particulier, même si elles sont encore relativement mal connues pour certaines espèces, sont suffisantes pour en tirer de grandes conclusions.

En ce qui concerne le paramètre « teneur en oxygène dissous », bien qu'il soit fortement corrélé avec le régime thermique du cours d'eau, il a également été pris en compte et analysé en raison notamment de la problématique « bouchon vaseux » sur la partie aval de l'axe soumise à la marée.

Les résultats sont issus de simulations réalisées par le bureau d'études Eaucéa dans le cadre du Sage Estuaire à partir de données du réseau MAGEST.

A titre d'exemple, le tableau ci-dessous présente l'évolution de la solubilité de l'oxygène dans l'eau pour différentes valeurs de température et pour une pression atmosphérique constante de 760 mm.

Température (°C)	Oxygène (mg/L)	
	Eau douce	Eau salée (35 ppt)
0	14.6	11.3
5	12.7	10.0
10	11.3	9.0
15	10.1	8.1
20	9.1	7.4
25	8.2	6.7
30	7.5	6.1
35	6.9	5.7

Tableau VI : Exemple d'évolution de la teneur en oxygène dissous en fonction de la température de l'eau (Turpenny et Liney, 2006)

Une synthèse des différentes informations récupérées concernant la sensibilité des migrateurs amphihalins à la température de l'eau a été réalisée et est présentée dans le tableau VII. Il est à noter que lorsque nous ne disposons pas de réelles valeurs pour une espèce donnée, des extrapolations ont été réalisées à partir de résultats obtenus sur des espèces « proches ». Ne seront présentées que les valeurs correspondant aux preferendum thermiques et, lorsqu'elles sont connues, les températures létales ou qui sont susceptibles de provoquer de graves dysfonctionnements pouvant remettre en cause la vie des poissons.

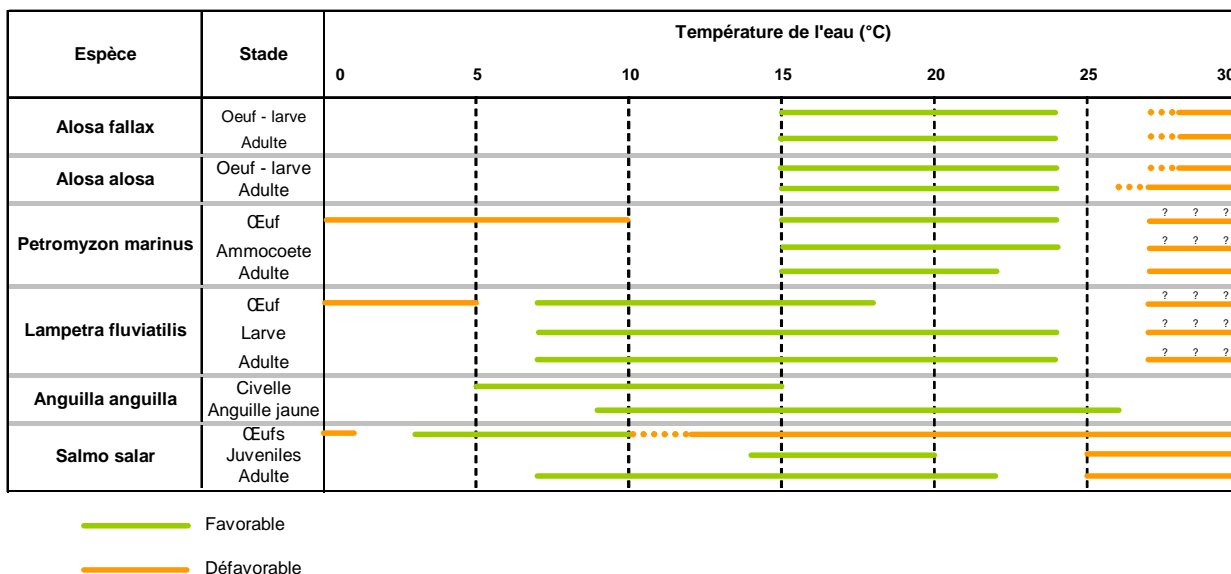


Tableau VII : Sensibilité des différents stades de vie des poissons migrateurs amphihalins en fonction de la température de l'eau

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différentes données recueillies en ce qui concerne les teneurs minimales en oxygène en deçà desquelles la vie est menacée.

Espèce	Teneur minimale oxygène (mg/L)
Alosa fallax	4.5 - 5
Alosa alosa	4.5 - 5
Petromyzon marinus	?
Lampetra fluviatilis	?
Anguilla anguilla	1.5
Salmo salar	6

Tableau VIII : Teneurs minimales en oxygène dissous dans l'eau pour les poissons migrateurs amphihalins

Il apparaît assez classiquement que c'est l'anguille qui présente les capacités d'adaptation les plus importantes et qui s'avère globalement la moins sensible aux évolutions des régimes thermiques et des teneurs en oxygène. Le saumon, par contre, présente les exigences les plus importantes.

Assez grossièrement, différents seuils thermiques peuvent être distingués à l'analyse du tableau VII :

- pour les aloses et les lamproies, des valeurs supérieures à 27°C sont a priori susceptibles de remettre en cause à la fois le développement des œufs mais aussi la vie des juvéniles, larves et adultes

- pour le saumon, 2 seuils peuvent être distingués : une valeur de 10-11°C au dessus de laquelle le développement des œufs est problématique et une valeur de 25°C au dessus de laquelle la vie des juvéniles et des adultes devient problématique.
- Quant à l'anguille, elle semble capable de survivre pour une très large gamme de valeurs. Dans la littérature, il est avancé des valeurs létales très largement supérieures à 30°C.

Concernant les teneurs en oxygène, il apparaît des valeurs minimales :

- de l'ordre de 4.5-5 mg/L pour les aloses
- de l'ordre de 6 mg/L pour le saumon
- de l'ordre de 1.5 mg/L pour l'anguille

Aucune information n'a pu être trouvée sur les lamproies. Il est toutefois possible d'avancer, pour les adultes, des valeurs proches de celles mises en évidence pour les aloses. Concernant les œufs et les larves, il est probable que des valeurs inférieures sur des périodes de durée limitée ne posent pas de problème particulier.

En ce qui concerne plus particulièrement le comportement migratoire des différentes espèces :

- pour les deux aloses, les températures optimales pour la migration de montaison semblent se situer entre 15°C et 22°C. Des températures inférieures à 10-11°C ou supérieures à 24°C inhibent les déplacements vers l'amont. Il est toutefois probable qu'un certain nombre de migrateurs stoppent tout déplacement pour se reproduire dès que l'eau atteint des valeurs de l'ordre de 18°C. La migration de dévalaison des alosons, si elle est probablement contrôlée par de nombreux facteurs, semble en partie induite, chez l'aloise feinte notamment, par une chute des températures. Les quelques données disponibles en Grande-Bretagne semblent indiquer qu'elle se déroule pour des températures de l'eau inférieures à 19°C.

- pour les deux lamproies, les connaissances sont assez parcellaires. Sur la partie moyenne de l'axe Garonne, les migrations de lamproie marine se produisent majoritairement lorsque la température de l'eau est comprise entre 16 et 22°C. De récentes analyses menées sur la partie aval du bassin indiquent des migrations pour des températures inférieures à 5°C, le preferendum semblant se situer entre 10 et 17-18°C. Quant à la lamproie fluviatile, il est généralement admis que la reproduction commence lorsque les températures dépassent 10-11°C. Ce qui laisse à penser que l'espèce effectue une partie au moins de sa migration de montaison pour des valeurs de température inférieures.

- pour le saumon atlantique, il est généralement admis que la migration de montaison se déroule pour des températures comprises entre 5-6°C et 24-25°C, l'optimum se situant entre 12°C et 22°C. La migration de dévalaison des smolts est sous le contrôle de plusieurs paramètres. Dans de nombreux cas, il faut toutefois attendre une augmentation de la température au-delà de 9-10°C pour assister à une dévalaison massive.

- quant à l'anguille, la migration des civelles semble fortement contrôlée par le régime thermique, des températures inférieures à 5°C inhibant les déplacements. En ce qui concerne l'anguille jaune, sa colonisation du bassin se déroule essentiellement pour des valeurs de température élevées, comprises entre 20 et 26°C. Quant à l'anguille argentée, sa migration de dévalaison semblerait assez fortement dépendante de la température. Des valeurs assez larges sont toutefois généralement avancées, de 4°C à près de 18°C. L'essentiel de l'activité semblerait toutefois se dérouler entre 9°C et 13°C.

IV. Analyses croisées des exigences biologiques des migrateurs amphihalins, de leur calendrier biologique et des conditions du milieu en Garonne

1. Analyses par tronçons de cours d'eau

Globalement, en croisant toutes les informations disponibles, qu'il s'agisse des exigences biologiques des différents migrateurs, des conditions environnementales sur les différents cours d'eau ou tronçons de rivière et des périodes de présence des différents stades (œuf, juvénile, adulte), **seuls quelques mois dans l'année au final, de mai à août, sont susceptibles d'être problématiques.**

De plus, certaines parties du bassin ne présentent a priori aucune caractéristique susceptible de remettre en cause la vie ou la survie des poissons, quelle que soit l'espèce. Elles seront écartées des analyses et des réflexions. Il s'agit notamment des parties amont de l'axe et en particulier la Garonne située en amont de St Gaudens et ses principaux affluents comme la Neste ou la Pique et l'Ariège en amont de Saverdun.

Enfin, en ce qui concerne les parties aval du Lot, du Tarn et de l'Aveyron, pour lesquels nous ne disposons pas encore de données concernant notamment le régime thermique de l'eau, la situation sera déterminée à titre d'expert. Des sondes de température devraient être installées dès 2008 sur ces secteurs.

Le tableau IX présente, de façon simplifiée, le niveau de sensibilité des différents cours d'eau ou tronçons de cours d'eau pour les principales écophases des différents migrateurs amphihalins.

Espèces	Phases de vie	Aval Golfech	Golfech - Toulouse	Toulouse - Carbone	Garonne amont	Neste - Pique	Ariège aval Saverdun	Ariège amont Saverdun	Tarn	Aveyron	Lot
Alose vraie	Migration				-	-		-	?	?	?
	Reproduction				-	-		-	?	?	?
	Croissance				-	-		-	?	?	?
Lamproie marine	Migration				-	-		-	?	?	?
	Reproduction				-	-		-	?	?	?
	Croissance				-	-		-	?	?	?
Saumon	Migration								?	?	?
	Reproduction								?	?	?
	Croissance								?	?	?
Anguille	Anguille jaune				-	-			?	?	?
Alose feinte	Migration		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Reproduction		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Croissance		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lamproie fluviatile	Migration		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Reproduction		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Croissance		-	-	-	-	-	-	-	-	-

█ Toujours problématique
█ Souvent problématique
█ Parfois problématique
█ Jamais (très rarement) problématique

Tableau IX : Sensibilité des différents tronçons de cours d'eau du bassin de la Dordogne pour différents stades de vie des poissons migrateurs amphihalins

Il apparaît notamment que :

- Golfech constitue sur la Garonne un secteur stratégique en amont duquel les conditions environnementales sont, *a priori*, quelle que soit l'année, compatibles avec les exigences biologiques de l'alose vraie, la lamproie marine ou l'anguille.

- En ce qui concerne le saumon atlantique, seule la partie du bassin située en amont de Toulouse présente des conditions favorables à l'espèce, même si certaines années exceptionnelles, la température de l'eau peut atteindre des valeurs proches des seuils de tolérance en aval de Carbonne ou sur l'Ariège en aval de Saverdun.
- Les axes Tarn, Aveyron et Lot présentent, tout au moins dans leurs parties aval, des conditions parfois limitantes pour la totalité des migrateurs. En l'état actuel, ces cours d'eau ne permettent pas au saumon d'accomplir avec succès son cycle biologique.

2. Débits, bouchon vaseux et remontées de saumons

La mise en relation des débits de la Garonne et de la Dordogne avec les remontées de poissons, de saumons en particulier, sur les deux axes migratoires fait apparaître en première analyse que :

- des pics de remontées sont observés généralement dans les jours ou premières semaines suivants les augmentations des débits
- des augmentations des débits tôt en saison, durant le mois de mai par exemple, ne se traduisent pas par des remontées massives de poissons. Il faut semble t'il attendre le mois de juin pour voir les effets de l'hydrologie.
- des augmentations des débits sur le seul axe Garonne peuvent se traduire par des remontées de poissons sur la Dordogne.

Au regard des périodes concernées, des rythmes de remontées des différents types de poissons (castillons – 1HM - ou rédibermarins – PHM -) et de leurs effectifs annuels (ceux des rédibermarins étant peu variables tous les ans), il semblerait que les débits agissent essentiellement sur les remontées de castillons, qui entament leur migration continentale en juin-juillet, à une période où les conditions environnementales peuvent être problématiques.

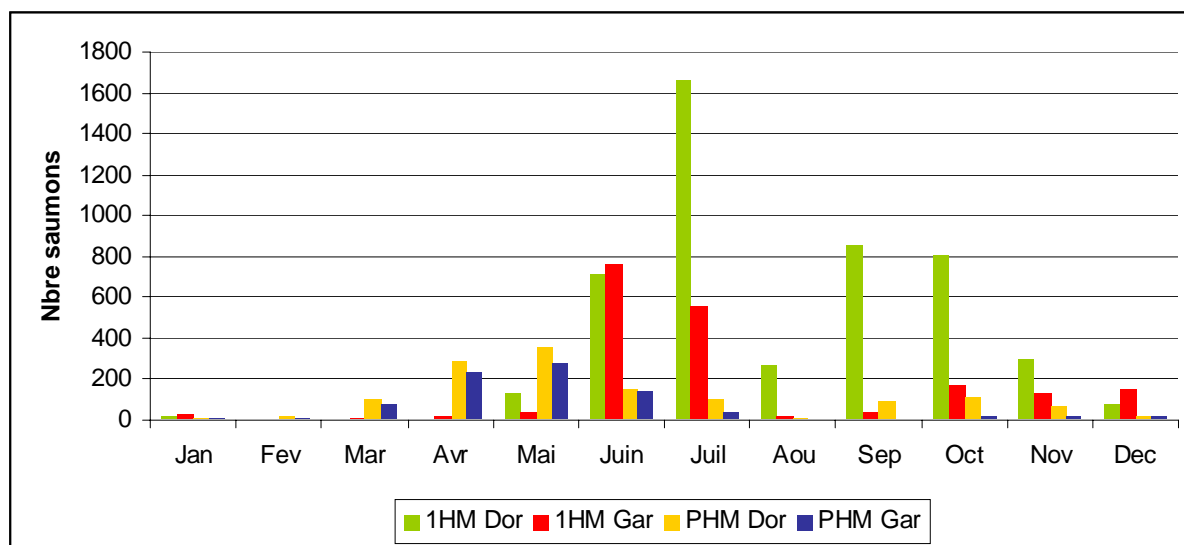
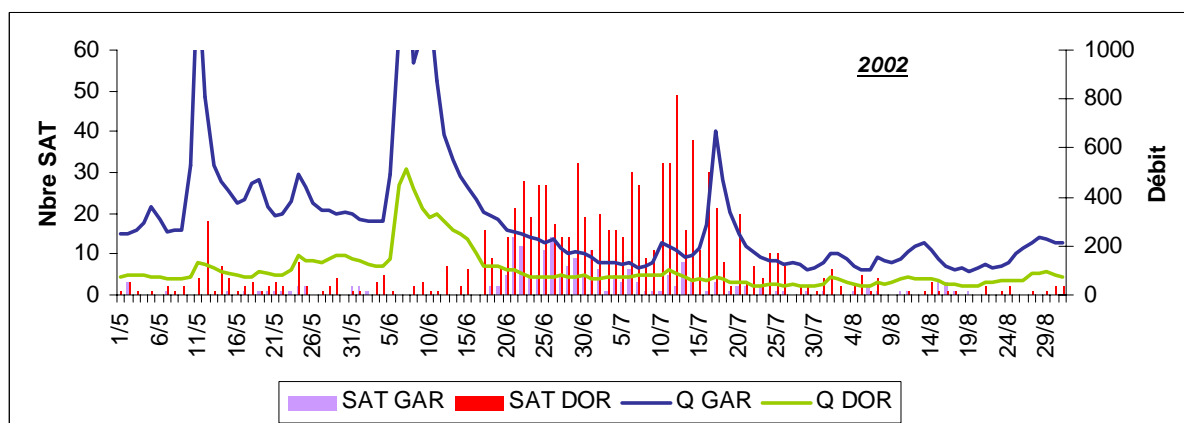
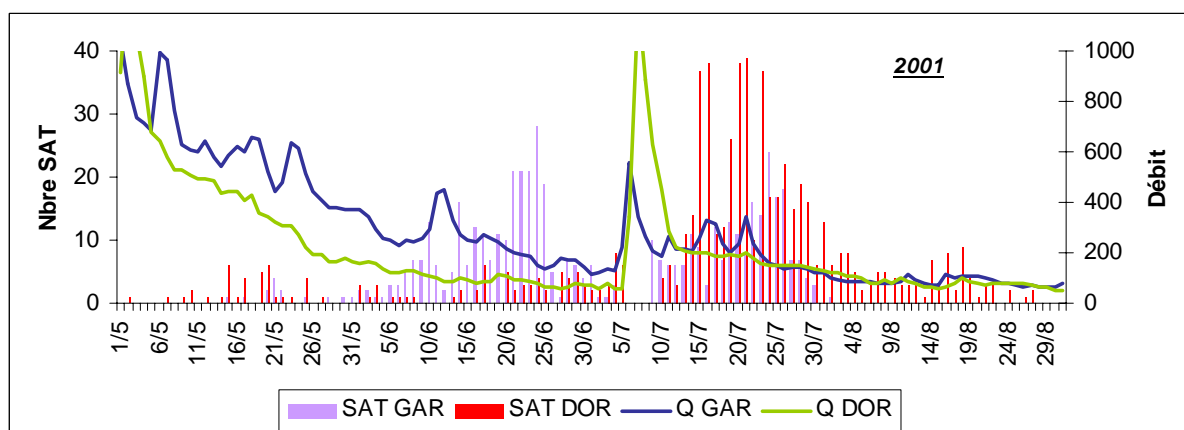
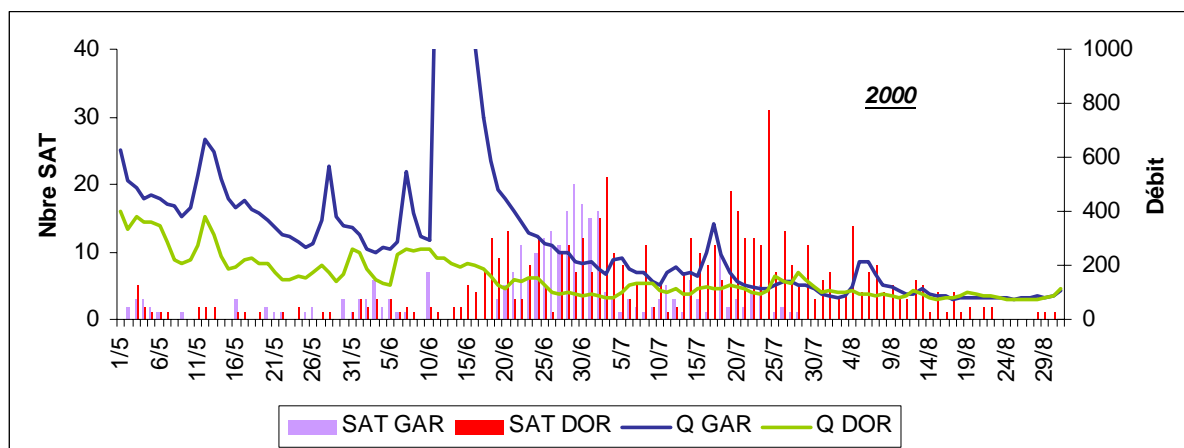


Figure 24 : Migrations mensuelles des castillons et des rédibermarins au niveau des stations de contrôle de Golfech (1993-2007) et Tuilières (1993-2005)

Si l'on analyse plus en détails la situation, il apparaît une relation statistiquement significative entre les débits moyens de juin à mi-juillet et les remontées de castillons de juin à août : plus les débits sont importants et plus les remontées de poissons sont nombreuses (Fig. 29).



Figures 25 à 27 : Comptages de saumons au niveau des stations de contrôle de Golfech (SAT GAR) et Tuilières (SAT DOR) en 2000, 2001 et 2002 et débits de la Garonne et de la Dordogne

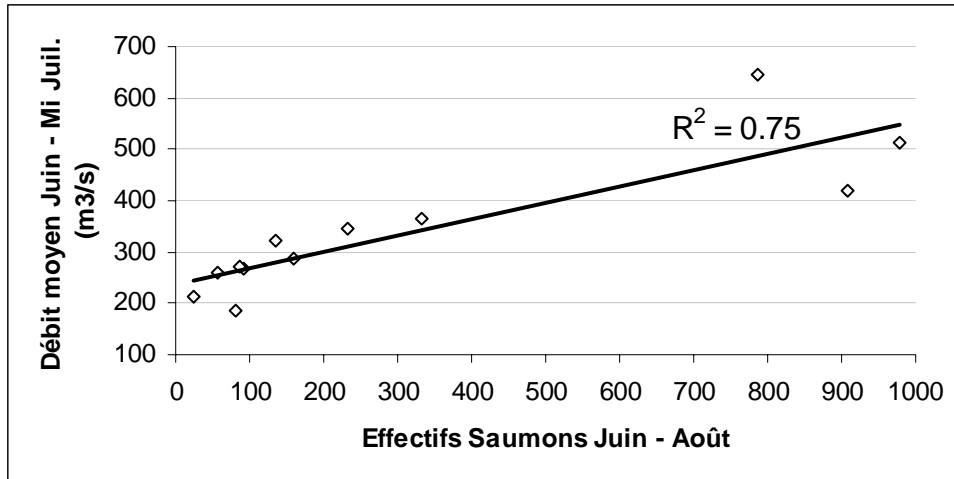


Figure 28 : Relation entre les débits de Garonne (Tonneins) et de Dordogne (Gardonne) de juin à mi-juillet et les remontées de saumons à Tuilières et Golfech de juin à août sur la période 1995-2005

Le phénomène est toutefois très certainement beaucoup plus complexe. Au-delà du seul débit moyen, il est à peu près sûr que les forts débits ou les crues jouent un rôle majeur dans les remontées de poissons. Lors des 3 années de fortes remontées en 2000, 2001 et 2002, la somme des débits des deux cours d'eau a ainsi largement dépassé durant quelques jours les 1 000 m³/s.

Comment les débits peuvent-ils agir sur les remontées de saumons ?

Les débits agissent tout d'abord sur le développement et l'expulsion du bouchon vaseux estuarien. Des épisodes de fortes eaux, notamment à la fin du printemps et durant l'été, réduisent le bouchon et facilitent la migration des poissons sur la partie aval.

Il est également probable que des épisodes de fortes eaux réduisent sensiblement les captures accidentelles en rendant la pratique de la pêche, en particulier aux filets dérivants, plus difficile et moins performante.

Grâce aux données recueillies par le réseau MAGEST depuis 2005 et dans le cadre du SAGE Estuaire, le bureau d'études EAUCEA a réalisé pour le SMIDDEST des simulations de l'oxygène dans le bouchon vaseux sur la période 1993-2006. Une mise en relation de ces simulations avec les remontées de saumons a été réalisée à l'échelle du bassin Gironde-Garonne-Dordogne.

Pour ce faire, des teneurs moyennes en O₂ ont été calculées grossièrement au niveau de la confluence de la Garonne et de la Dordogne, sur la période s'étendant de juin à mi-juillet, à partir des simulations effectuées à Bordeaux et Libourne selon la formule suivante :

$$O_2 \text{ confluence} = [(O_2 \text{ Bordeaux} \times 2) + (O_2 \text{ Libourne})] / 3.$$

Ces calculs grossiers, prenant en compte de façon simplifiée voire simpliste les phénomènes de dilution (les débits moyens de la Garonne étant globalement considérés comme deux fois supérieurs à ceux de la Dordogne), ne reflètent que très partiellement les réalités du terrain. Ils doivent toutefois permettre de mettre en évidence des différences interannuelles susceptibles d'expliquer les variations observées dans les remontées.

Au regard des exigences biologiques des salmonidés, il a été choisi de déterminer par année le nombre de jours où les teneurs en O₂ sont supérieures ou égales à 7 mg/L (valeur pour laquelle les résultats sont les plus nets) de juin à mi-juillet et de le mettre en relation avec les passages annuels de castillons.

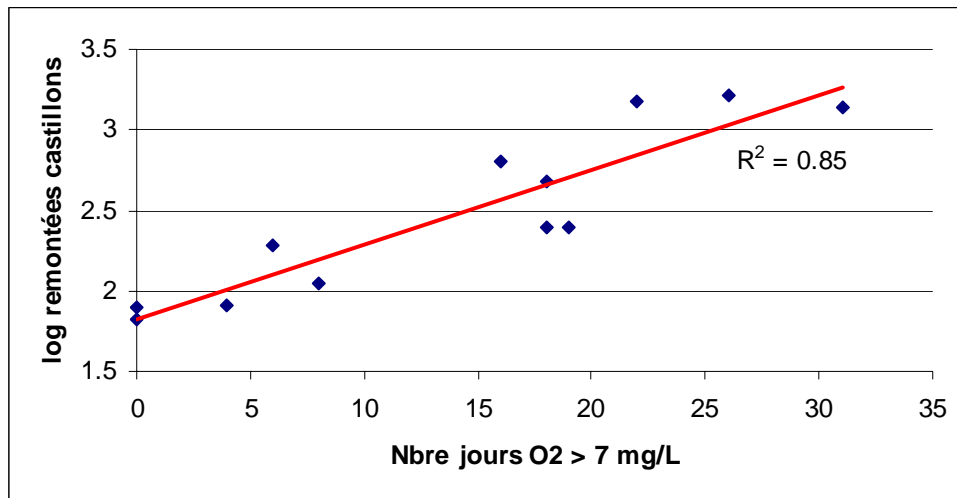


Figure 29 : Relation entre les remontées de castillons en Garonne et Dordogne et le nombre de jours où les teneurs en O₂ sont supérieures à 7 mg/L au niveau de la confluence des axes migratoires de juin à mi-juillet

Il apparaît une relation statistiquement significative entre les deux paramètres : plus le nombre de jours durant lesquels la teneur moyenne en O₂ de l'eau est supérieure à 7 mg/L est élevé et plus les remontées de castillons sont importantes.

Discussion - Conclusion

Le présent rapport avait pour objet de :

- présenter les conditions environnementales (hydrologie et régimes thermiques) qui prévalent sur la Garonne et ses principaux affluents. Les données concernant l'hydrologie des différents cours d'eau ont été extraites de la Banque Hydro. Les régimes thermiques sont issus des stations de mesure mises en place par MIGADO depuis plusieurs années maintenant. Il conviendrait toutefois de renforcer les suivis, en mettant notamment en place des stations de mesure sur les principaux affluents de la Garonne comme le Lot, le Tarn et l'Aveyron ;
- décrire les cycles biologiques des différentes espèces de migrateurs amphihalins fréquentant le bassin de la Garonne (alose feinte et alose vraie, lamproie fluviatile et lamproie marine, anguille, truite de mer et saumon atlantique) et de déterminer la sensibilité des différents stades de vie de ces espèces aux conditions environnementales, en particulier au régime thermique de l'eau, paramètre fortement structurant de la vie et des peuplements piscicoles ;
- déterminer les territoires à enjeux pour les différentes espèces ;
- croiser ces différentes informations afin de déterminer, par espèce, les cours d'eau ou tronçons de rivière présentant des conditions environnementales limitantes pour les poissons.

Concernant l'hydrologie des différents cours d'eau, **il apparaît notamment une forte sensibilité à l'étiage des principaux affluents aval de la Garonne** comme le Lot, le Tarn ou l'Aveyron, très probablement en lien avec l'irrigation agricole. **Cela se traduit au final par une sensibilité marquée de la Garonne aval.** Ainsi, par exemple, depuis 5 ans maintenant, le nombre de jours durant lesquels les débits sont inférieurs au DOE à Lamagistère sont importants (de 30 à près de 70 jours par an), essentiellement durant les mois de juillet à septembre, signant par là une augmentation de la sévérité des étiages estivaux.

Ceci se traduit notamment, sur le secteur aval de Garonne, par un régime thermique élevé de l'eau, susceptible de perturber le cycle biologique des espèces ou même d'entraîner d'importantes mortalités de juvéniles ou d'adultes. Ainsi, par exemple, lors de l'épisode caniculaire de 2003, des géniteurs de grande alose ont été retrouvés morts sans avoir réussi à se reproduire. De même, d'importantes mortalités de saumons ont été observées lors des opérations de radiotélémétrie menées par le Cemagref de 2002 à 2006, essentiellement en été, dont une partie d'entre elles au moins pourraient être attribuées à une température de l'eau trop élevée.

Ainsi, **l'hydrologie de la Garonne sur sa partie aval et le régime thermique qui en découle posent parfois, pour certaines espèces comme l'alose ou la lamproie, ou souvent, pour le saumon, des problèmes importants.** Les exigences de débit (DOE de 85 m³/s à Lamagistère) semblent faibles et laissent en tout cas peu de place aux aléas hydroclimatiques. De plus, ces exigences quantitatives ne prennent absolument pas en compte les aspects qualitatifs comme la température de l'eau, paramètre fondamental pour la vie piscicole. **En parallèle du DOE, il apparaîtrait particulièrement intéressant de fixer également des objectifs thermiques.** Un seuil de l'ordre de 26°C (température moyenne journalière) pourrait être défini au niveau de Golfech. Cette valeur, déterminée au niveau de l'ouvrage hydroélectrique de Golfech, ne prend toutefois pas en compte les effets des rejets

des eaux de refroidissement de la centrale nucléaire. Des études ont été lancées récemment par EDF pour appréhender plus en détails leurs effets.

Il apparaît assez clairement que l'avenir des poissons migrateurs de Garonne est fortement lié :

- **à l'existence d'importantes fenêtres de migration sur la partie aval de l'axe grâce au maintien de conditions environnementales permettant aux poissons d'exprimer pleinement leur comportement migratoire. Une attention toute particulière doit être portée aux mois de juin et juillet**, qui correspondent à de fortes périodes de migration et qui, selon les années, peuvent être problématiques pour les migrateurs.
Ce maintien de grandes fenêtres de migration devrait en effet permettre de limiter les arrêts précoces de migration et de réduire les effectifs de poissons obligés de se reproduire (alose ou lamproie) ou de stationner (saumon, truite de mer) sur la partie basse du bassin.
- **à la garantie, sur les parties moyenne et aval, lors des périodes les plus problématiques (généralement juillet et août), de conditions environnementales permettant *a minima* la survie des adultes, des œufs et/ou des juvéniles.**

Ces deux points sont fortement contrôlés par le régime thermique de l'eau et, plus ou moins directement, par les débits. Même s'il s'avère clairement impossible de lutter, avec des mesures hydrologiques, contre des épisodes caniculaires comme ceux de 2003 ou 2006, il n'en demeure pas moins qu'en dehors de ces épisodes, la situation peut et doit être améliorée.

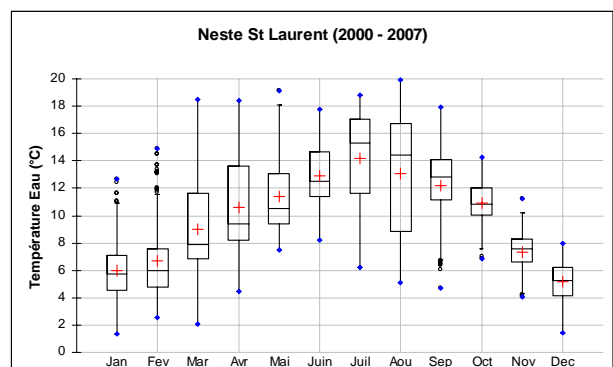
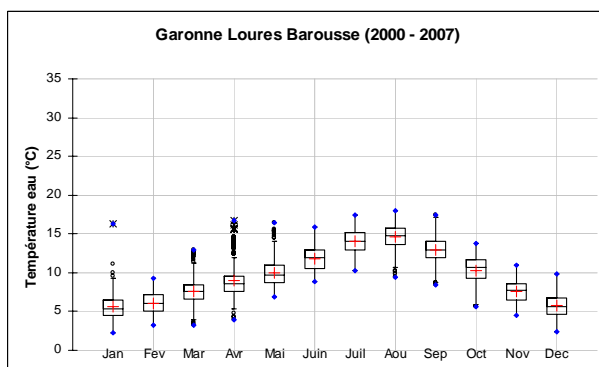
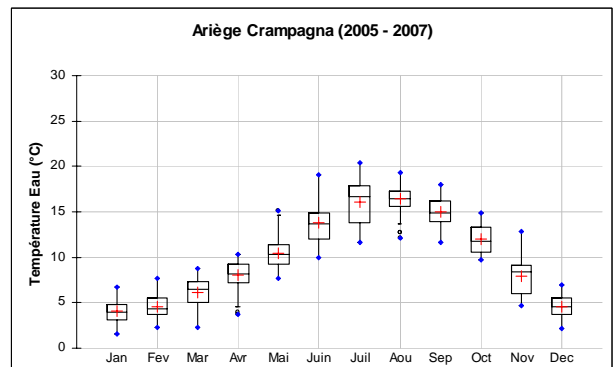
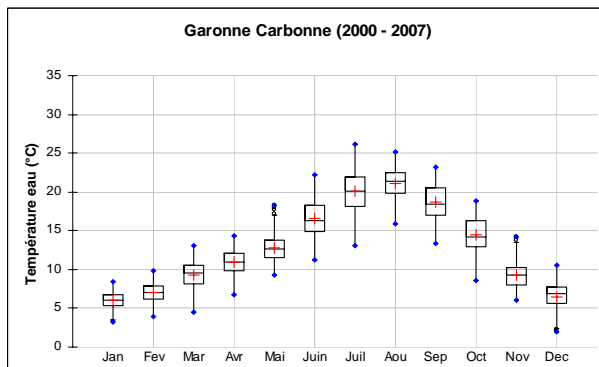
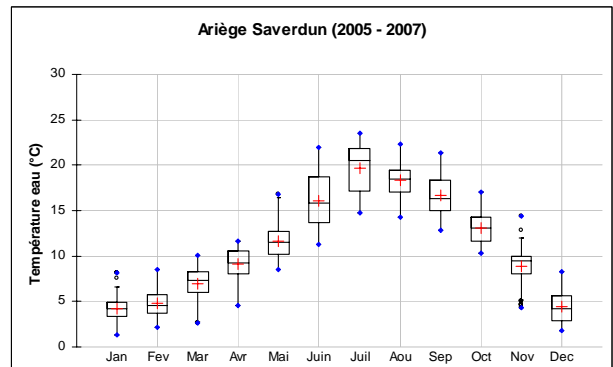
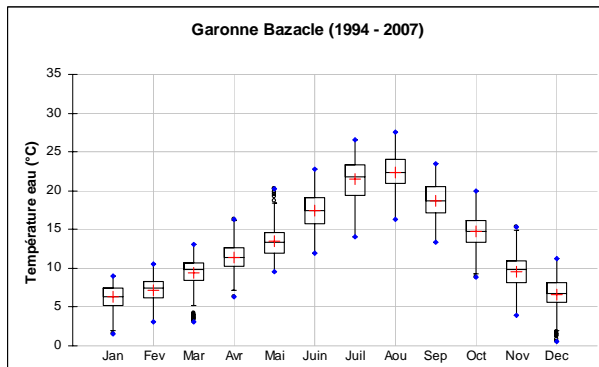
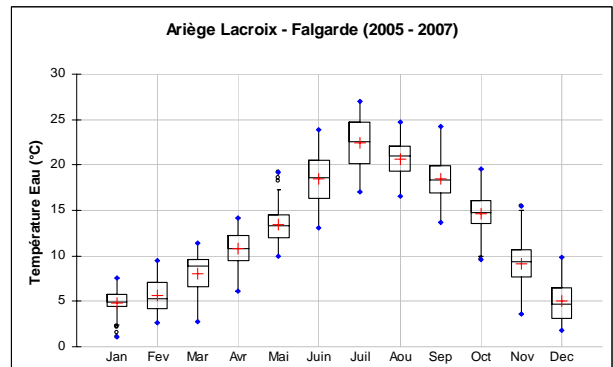
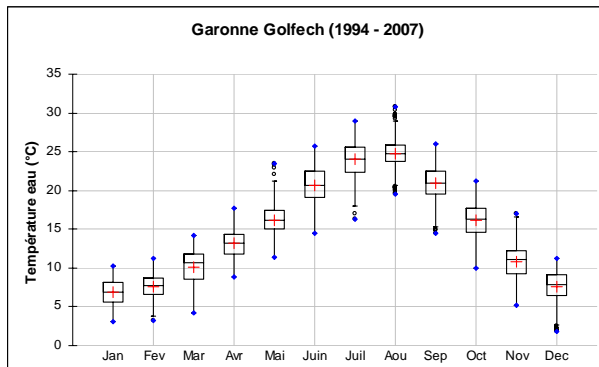
La stratégie la plus intéressante consiste assurément à diminuer la sensibilité à l'étiage des différents cours d'eau situés sur les parties moyenne et basse de l'axe : le Lot, le Tarn et l'Aveyron mais aussi tous les affluents de dimension plus réduite. Cela permettrait en effet d'améliorer à la fois la fonctionnalité de ces cours d'eau mais aussi celle de l'axe principal.

En parallèle, il convient également **d'assurer une transparence maximale à la libre circulation des obstacles situés sur la partie aval du bassin afin de permettre au plus grand nombre d'individus, et dans les plus brefs délais, de gagner la Garonne moyenne et amont.**

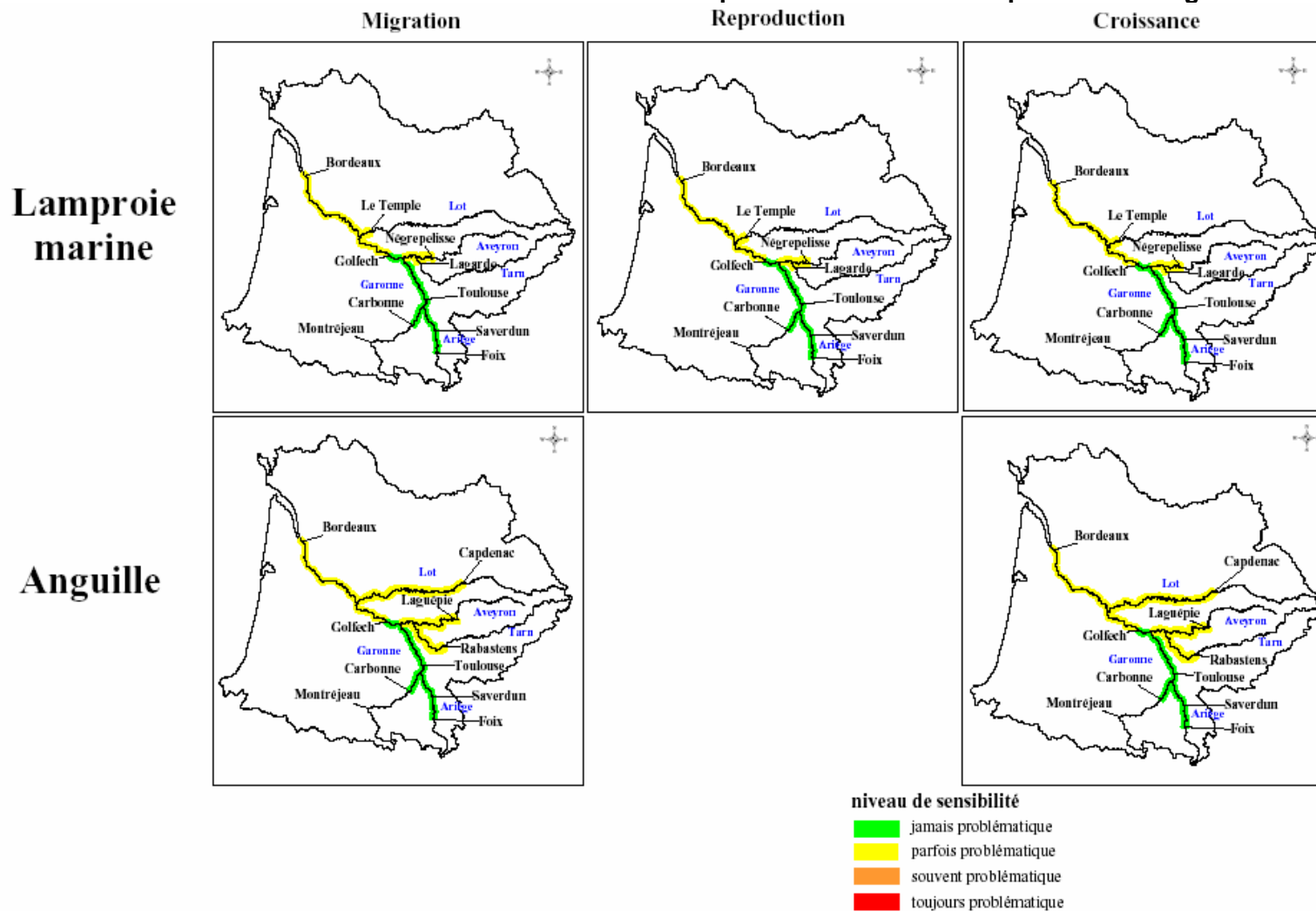
- **Priorité doit être donnée à l'aménagement hydroélectrique de Golfech-Malause** au regard de sa position sur l'axe et de son impact important sur l'alose (70% des géniteurs se sont reproduits à l'aval ces dernières années), sur la lamproie marine (cf. études de radiotélémétrie menées par MIGADO de 2005 à 2007) mais aussi sur le saumon (cf. études de radiotélémétrie menées par le Cemagref-GHAAPPE en 2005 et 2006). **Il convient tout d'abord d'améliorer le franchissement par l'usine en créant, au niveau de la partie aval de l'ascenseur, une deuxième entrée débouchant dans le canal de fuite, comme il en avait été question lors de la conception du dispositif de franchissement.** Si cela s'avérait insuffisant, il serait alors indispensable de réfléchir et de mettre en place toute autre solution permettant d'améliorer la franchissabilité de l'ouvrage.
- **Il paraît également indispensable d'améliorer la libre circulation au Bazacle**, notamment pour le saumon, l'obstacle paraissant perturber assez fortement sa migration (cf études de radiotélémétrie menées par le Cemagref-GHAAPPE de 2002 à 2006). Cela s'avère d'autant plus important que les conditions environnementales sur les cours d'eau en amont de Toulouse sont compatibles, le plus souvent, avec les exigences biologiques de tous les migrateurs amphihalins.

- Quant au **seuil de Beauregard**, premier obstacle sur la Garonne, en partie détruit, il ne pose plus actuellement de réels problèmes de libre circulation. **Il convient toutefois de veiller à la non reconstruction de l'ouvrage**, qui, même équipé de dispositif(s) de franchissement performant(s), exercera très probablement toujours un impact, en particulier sur l'alose.

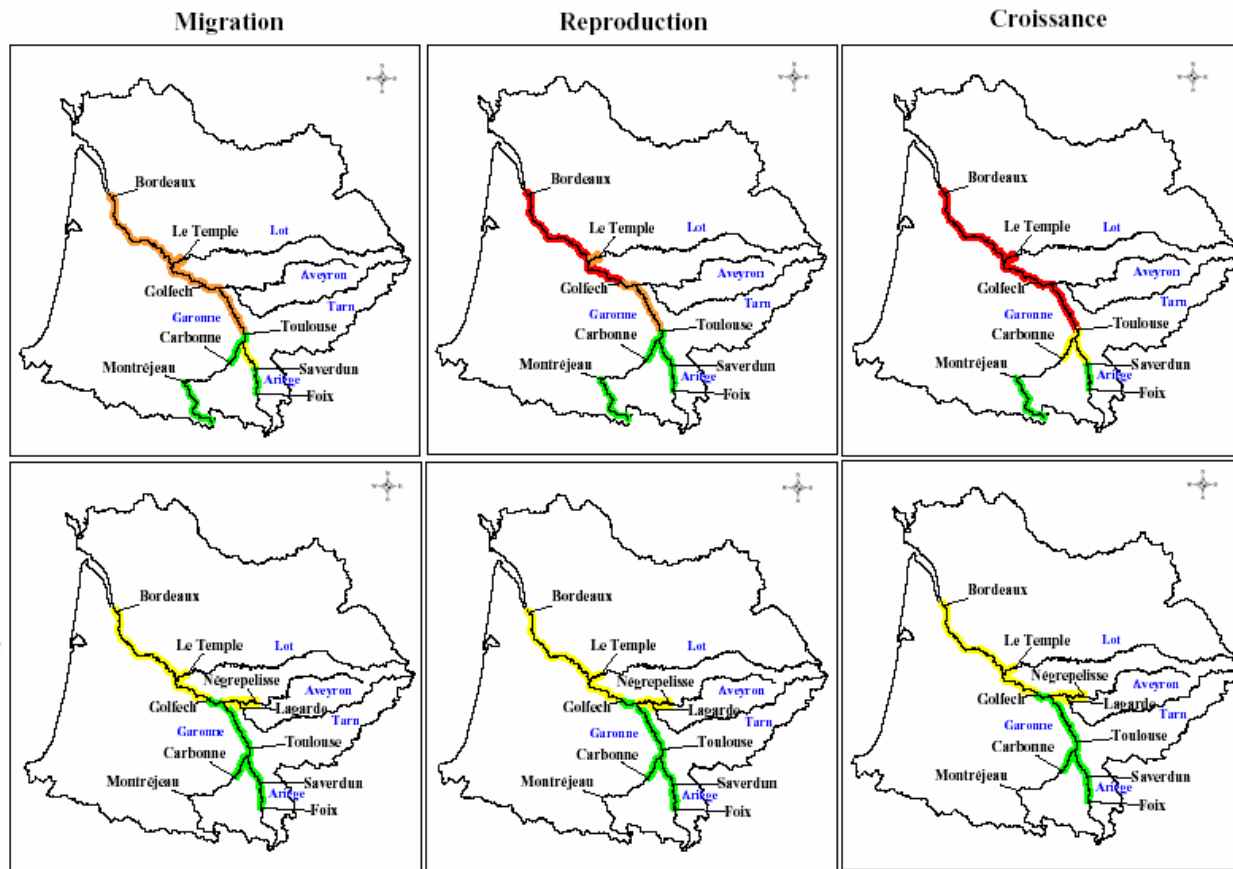
Annexe 1 : Box Plot des températures de l'eau au niveau des différentes stations de mesure du bassin de la Garonne



Annexe 2 : Sensibilité des différents secteurs du bassin de la Garonne pour les différentes écophases des migrateurs amphihalins



Saumon

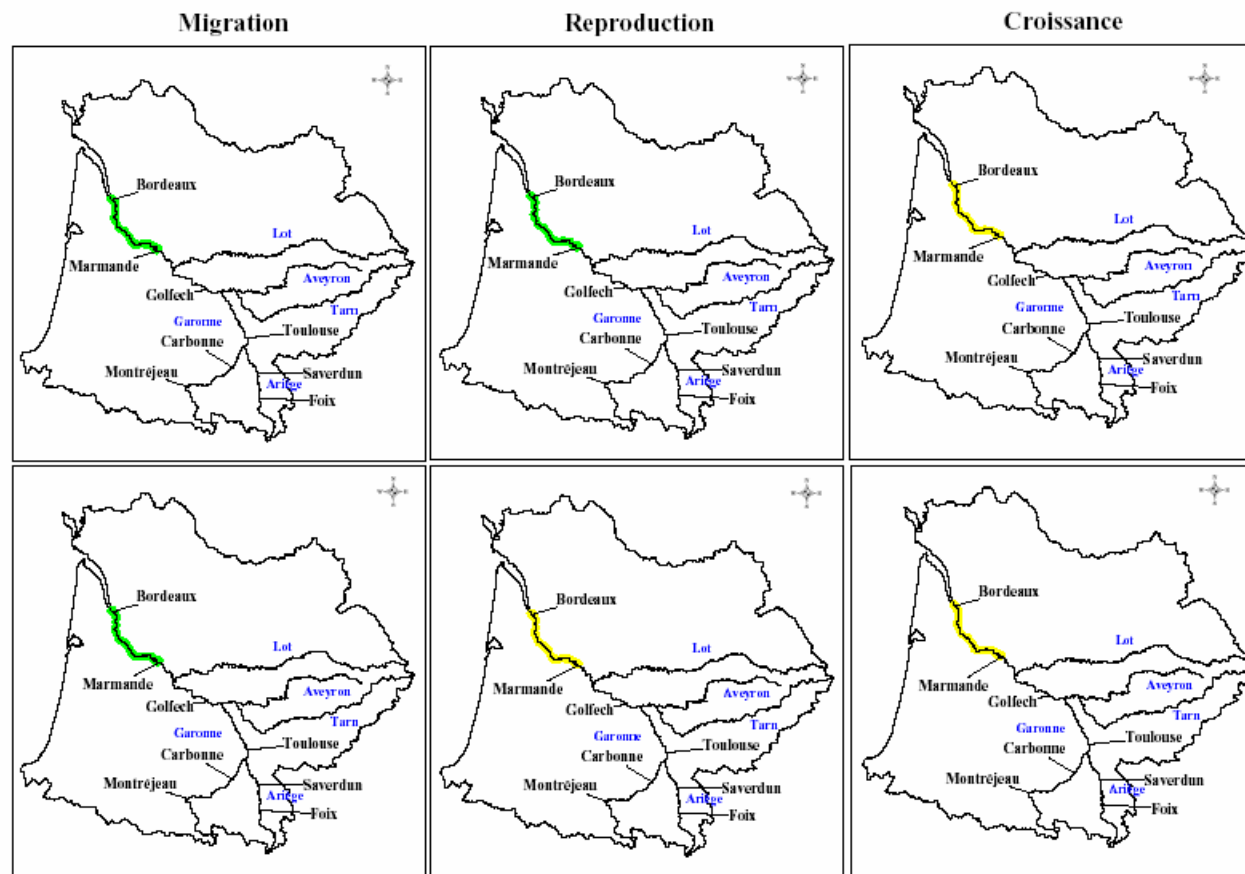


Alose vraie

niveau de sensibilité

- jamais problématique
- parfois problématique
- souvent problématique
- toujours problématique

Lamproie fluviatile



Alose feinte

niveau de sensibilité

- jamais problématique
- parfois problématique
- souvent problématique
- toujours problématique