



MORTALITE CUMULEE
DES SAUMONS ET DES ANGUILES
DANS LES TURBINES DU BASSIN LOIRE-BRETAGNE



*Cédric Briand , Marion Legrand , Pierre-Marie Chapon , Laurent Beaulaton,
Gaëlle Germis , Marie-Andrée Arago , Timothée Besse,
Laura De Canet , Pierre Steinbach*

Janvier 2015

GRISAM
Nov 2015

Mortalité cumulée des saumons et des anguilles dans les turbines du bassin Loire-Bretagne

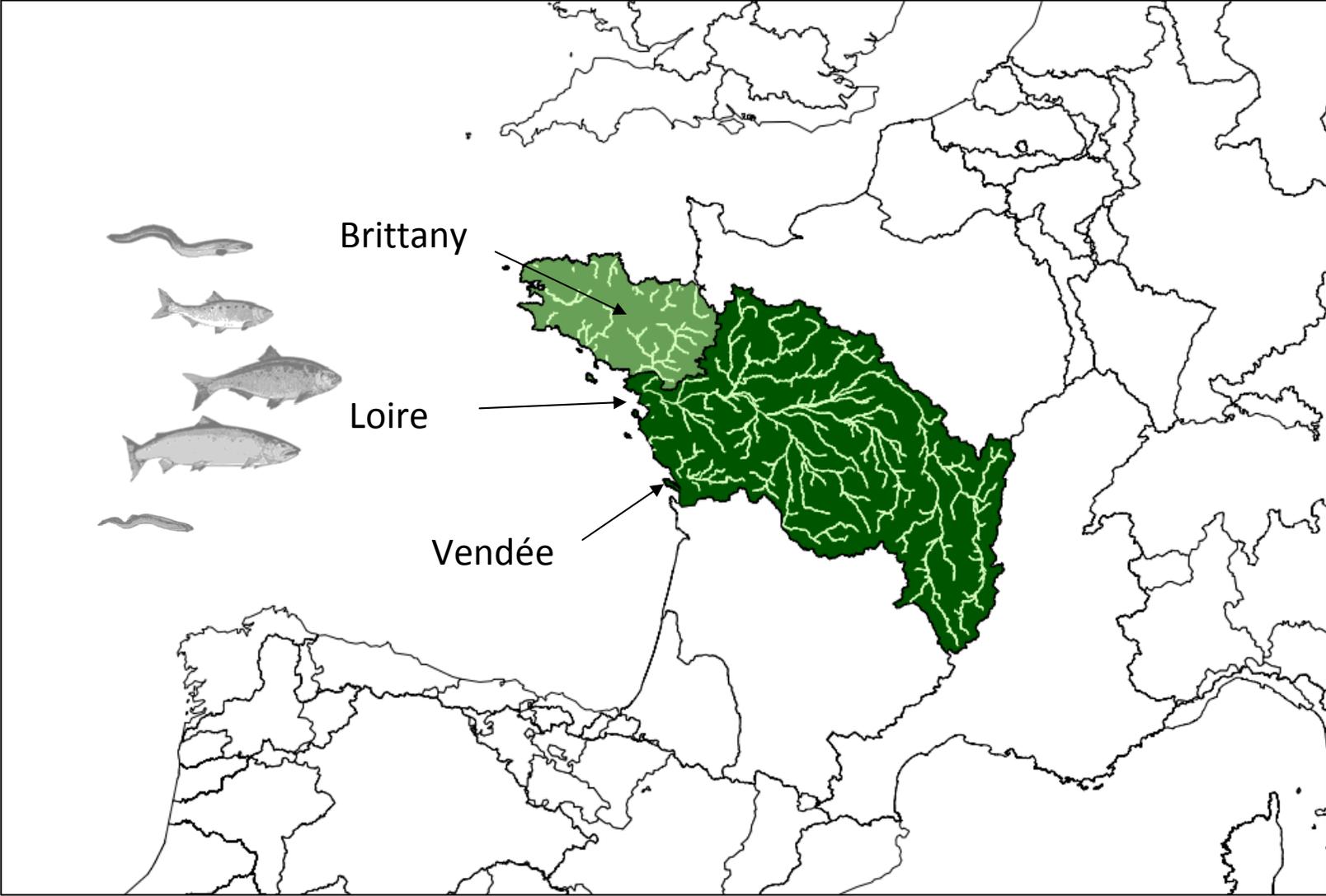


Mortalités cumulées des saumons et des anguilles dans les turbines du district Loire-Bretagne

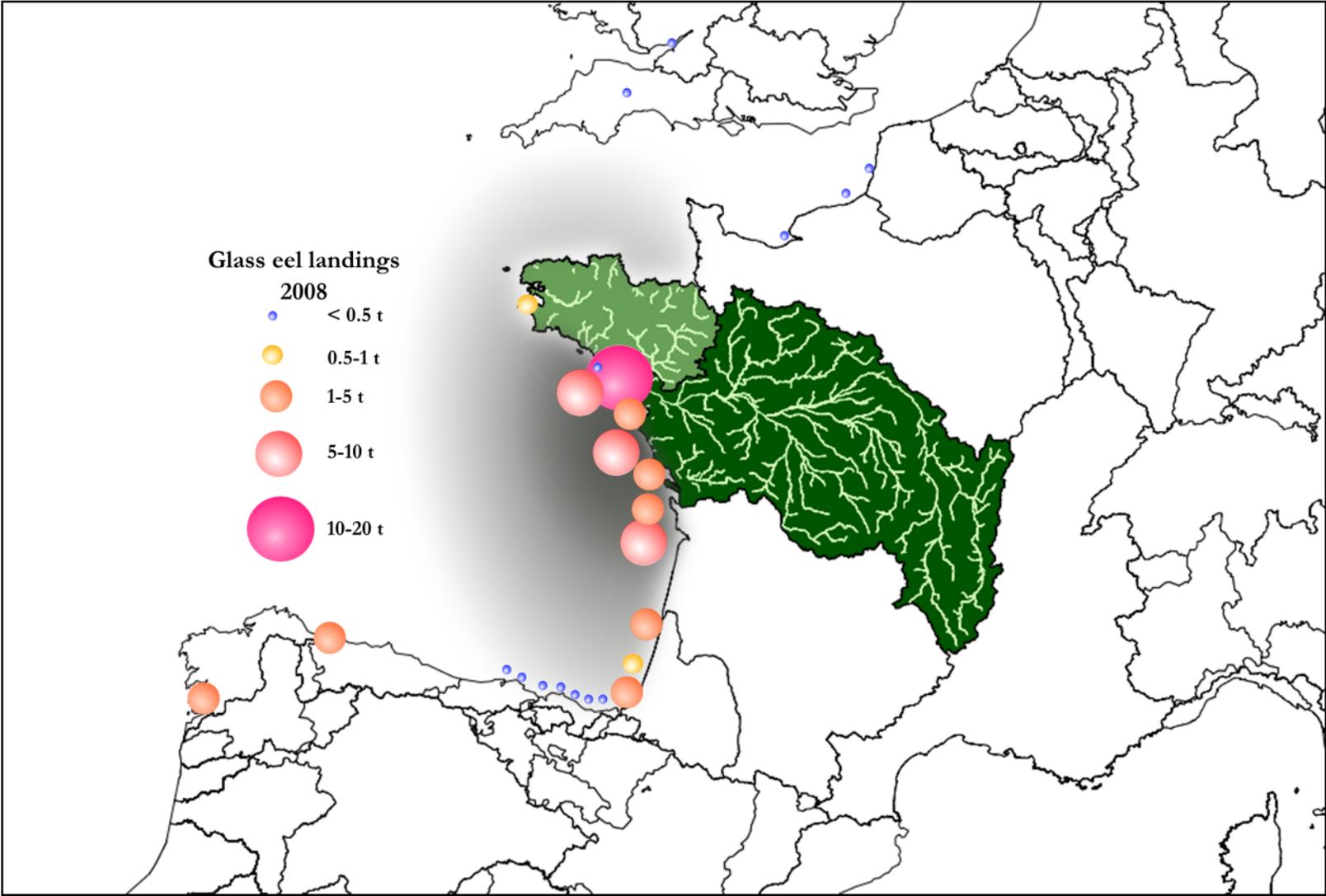
Cédric Briand	<i>(EPTB-Vilaine)</i>
Marion Legrand	<i>(Loire Grands Migrateurs)</i>
Pierre-Marie Chapon	<i>(ONEMA-INRA)</i>
Laurent Beaulaton	<i>(ONEMA-INRA)</i>
Gaëlle Germis	<i>(Bretagne Grands Migrateurs)</i>
Marie-Andrée Arago	<i>(ONEMA)</i>
Timothée Besse	<i>(Loire Grands Migrateurs)</i>
Laura De Canet	<i>(Loire Grands Migrateurs)</i>
Pierre Steinbach	<i>(ONEMA)</i>



CONTEXTE



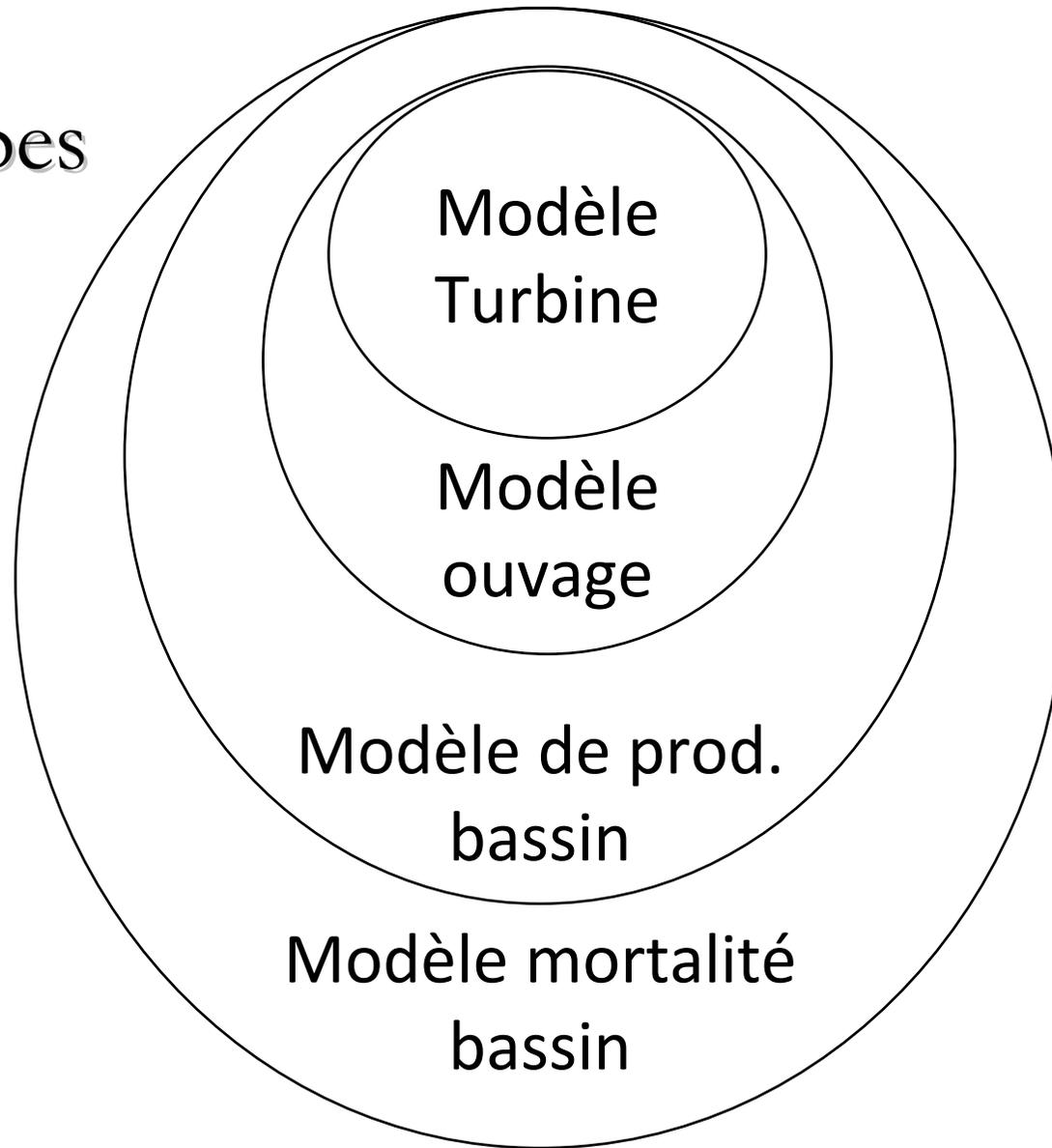
CONTEXTE



Objectifs : saumon et anguilles

- Evaluer l'effet des barrages sur la distribution actuelle
- Calculer l'impact des turbines sur la migration de dévalaison au niveau régional.
- Comparer les mortalités entre sites.

Principes

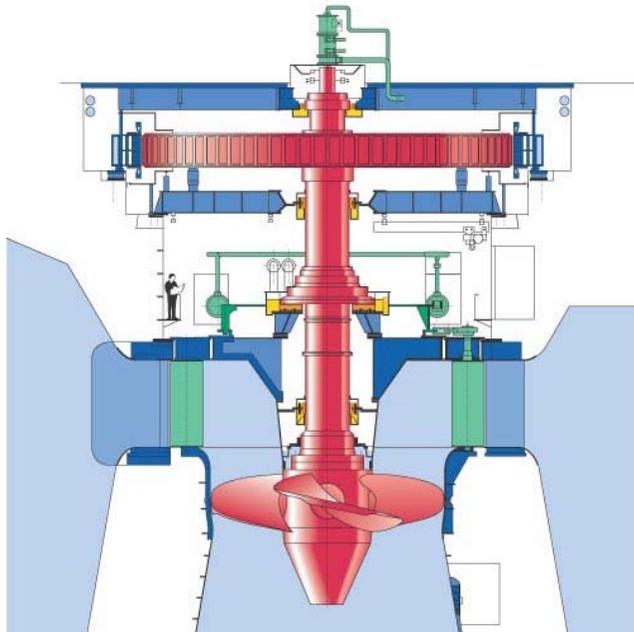


Modèle turbine

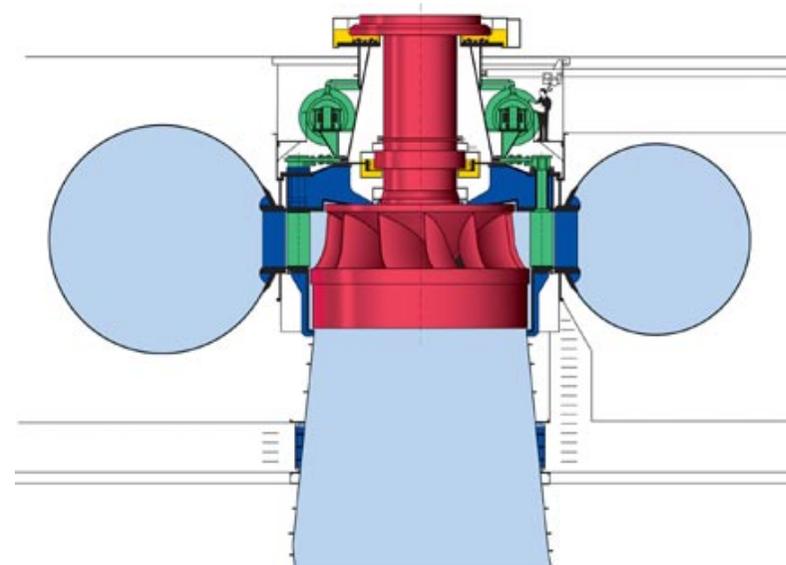
La mortalité au niveau des ouvrages varie en fonction de :

- ✓ la prise d'eau
- ✓ les types de turbines et leurs caractéristiques

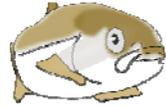
Turbine Kaplan



Turbine Francis



Smolt



Modèle de turbine

Anguille argentée

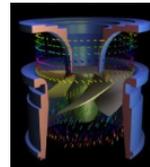


Larinier et Dartiguelongue, 1989

Gomes et Larinier, 2008

$$\left[\sin \left(13.4 + 85.6 \frac{\bar{T}_l N_p}{\pi D_r (0.055 N_p + 1.177)} \right) \right]^2$$

Kaplan



$$\begin{cases} 4.67 T_l^{1.53} D_r^{-0.48} N^{0.6} si \exists D_r, N \text{ (Formule 1)} \\ 6.59 T_l^{1.63} Q^{-0.24} N^{0.63} si \exists Q, N \text{ (Formule 2)} \\ 12.42 T_l^{1.36} Q^{-0.22} D_r^{-0.10} N^{0.49} si \exists Q, D_r, N \text{ (Formule 3)} \end{cases}$$

$$\bar{M} = \sum_{T_l \in \{0.2, \dots, 0.9\}} \frac{N_{T_l}}{N} M(T_l) \quad \text{Struct en taille}$$

Larinier et Dartiguelongue, 1989

Francis

$$\left[\sin \left(6.54 + 0.218H + 118\bar{T}_l - 3.88D_{\frac{1}{2}r} + 0.0078N \right) \right]^2$$



$$\sum_{T_l} \frac{N_{T_l}}{N} [\min(100, M_{saumon}(0.18) + (T_l - 0.18) * 167)]$$

0

VLH



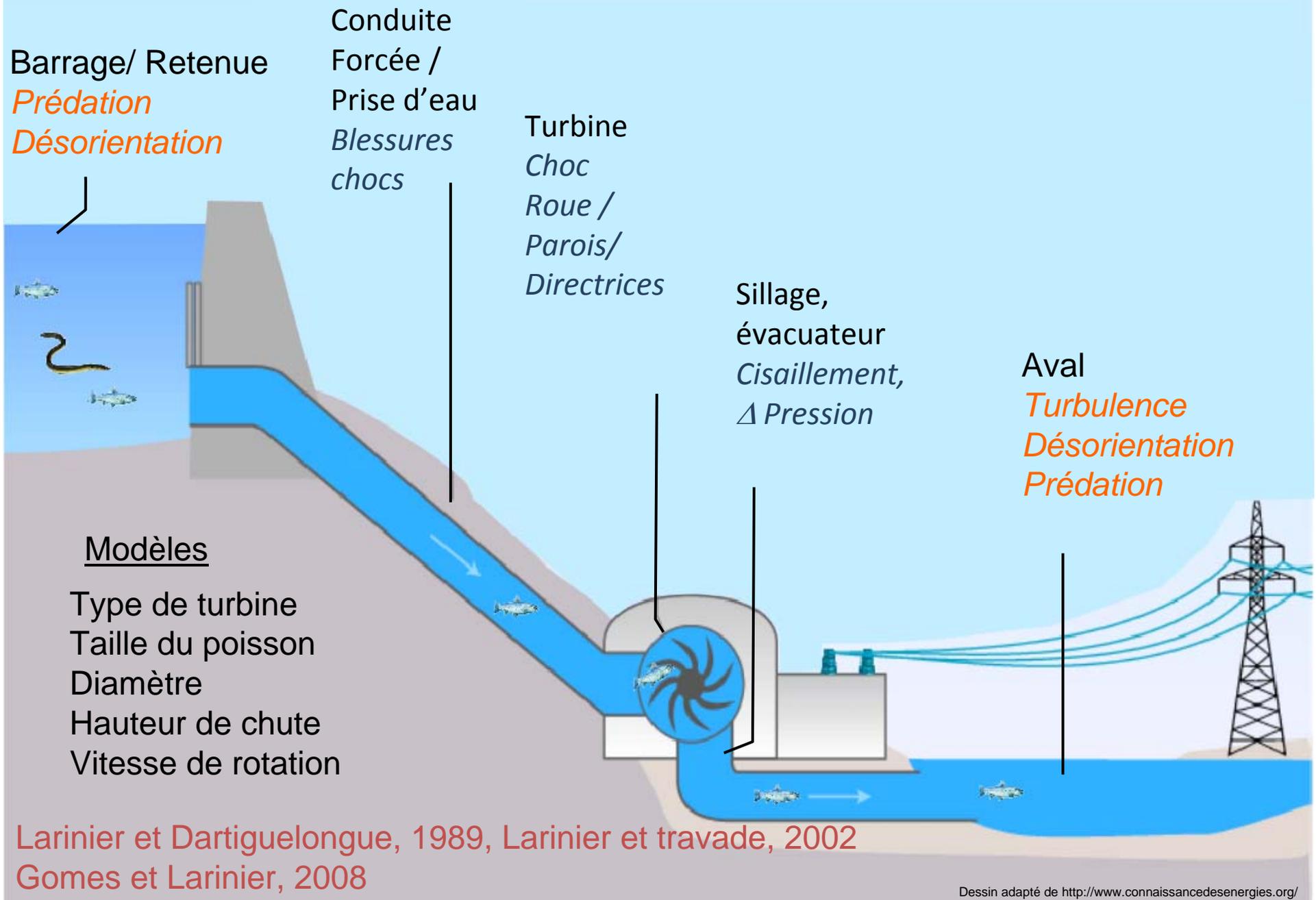
0

0

Plan de grilles
(Espacement <25mm)

0

Calcul des mortalités dans les ouvrages



Mortalité ouvrage

Smolt

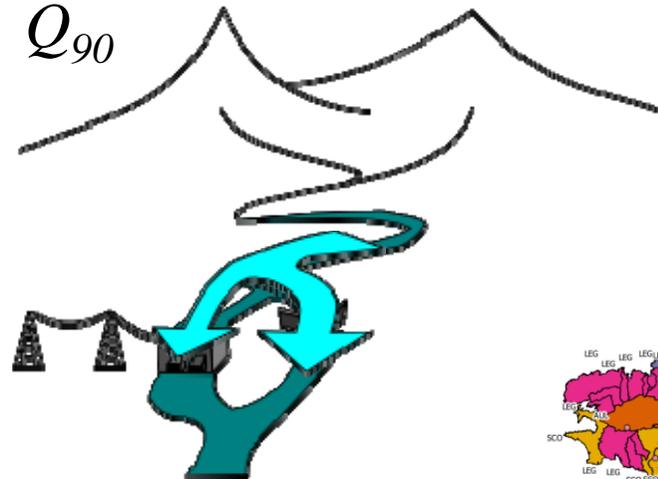


Anguille argentée



Q_{10} Q_{30} Q_{50} Q_{70} Q_{90}
Mars-Mai

Q_{75} Q_{90} Q_{95} $Q_{97.5}$ Q_{99}
Octobre-Avril
Bau et al., 2012.

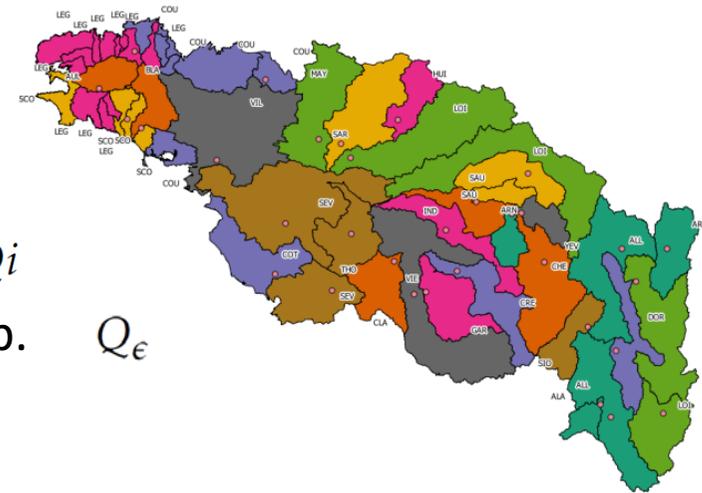


Débit turbiné

$$Q_t = \begin{cases} 0 & < 10 \% \text{ débit moyen } Q_i \\ \min(Q - \frac{Q_i}{10}, Q_\epsilon) & \text{Débit d'équip.} \end{cases} \quad Q_\epsilon$$

Taux de mortalité

$$\bar{t} = \frac{\sum_i \left(\frac{\sum_k Q_{tk} M_k}{Q_i} \right)}{i}$$



Bassins de référence

Smolt

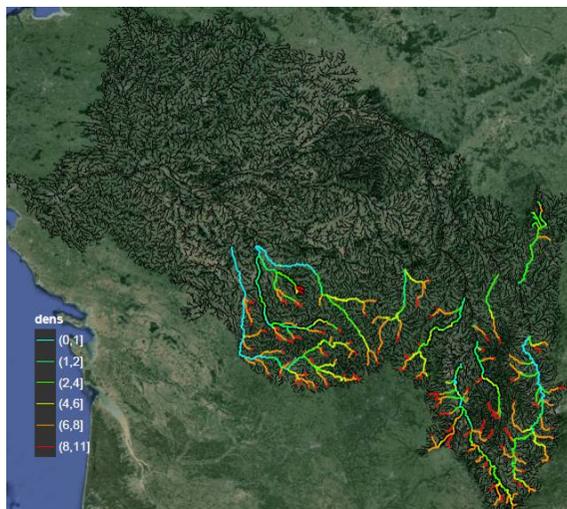


Modèle d'habitat

Production (2 modèles séparés pour Loire et Bretagne)



Situation actuelle avec accès complet



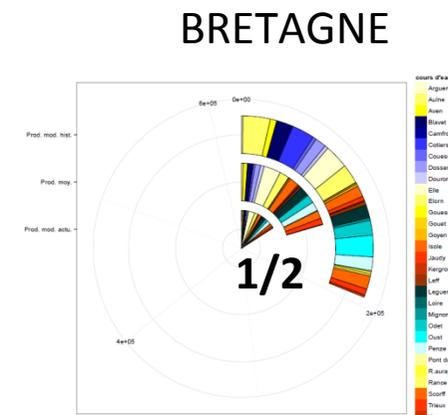
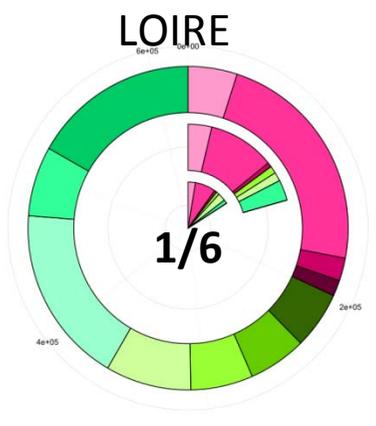
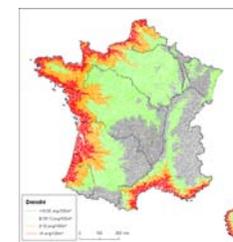
Modèle de production bassin

Anguille argentée



EDA

Jouanin et al., 2012.



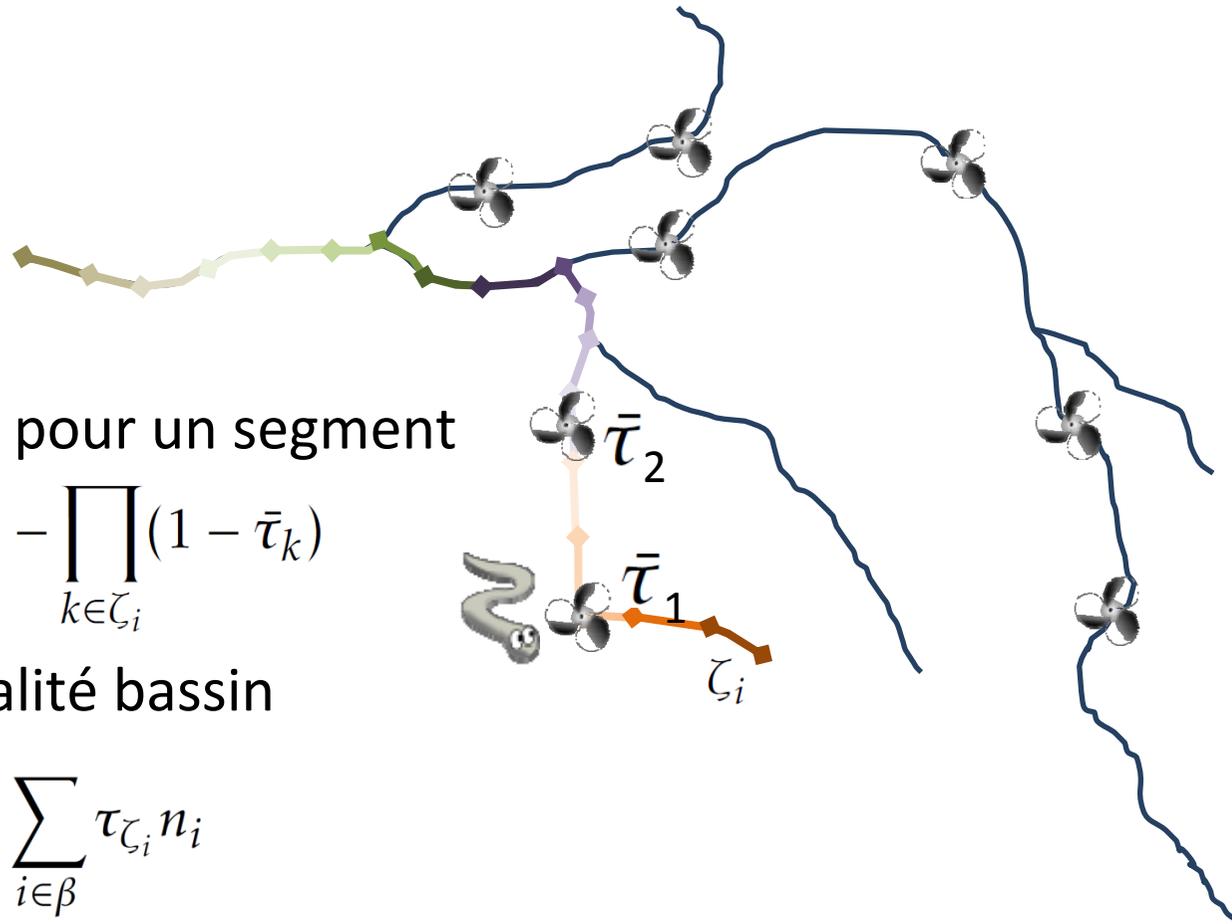
Modèle de mortalité (bassin)

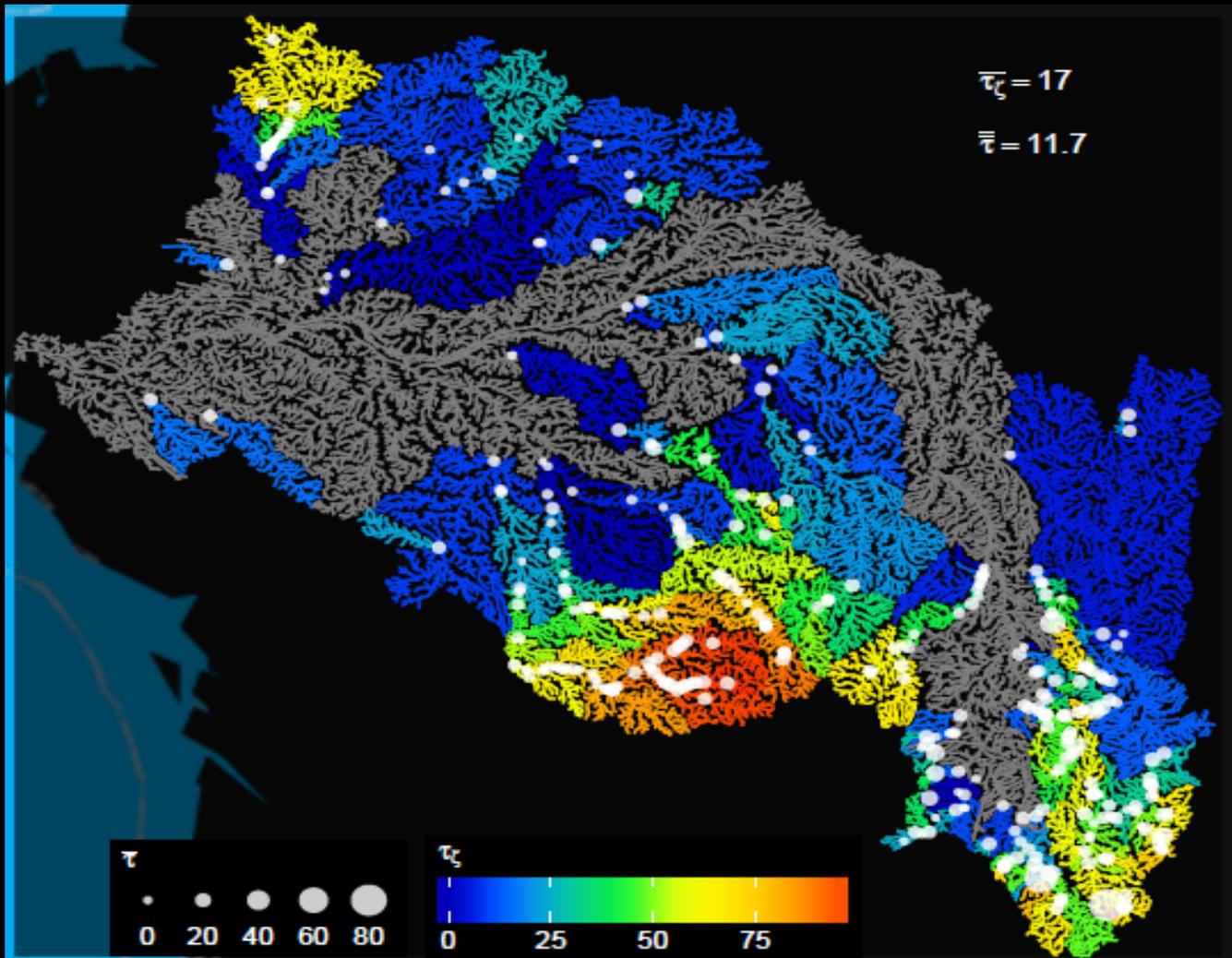
Mortalité pour un segment

$$\tau_{\zeta_i} = 1 - \prod_{k \in \zeta_i} (1 - \bar{\tau}_k)$$

Mortalité bassin

$$N_+ = \sum_{i \in \beta} \tau_{\zeta_i} n_i$$



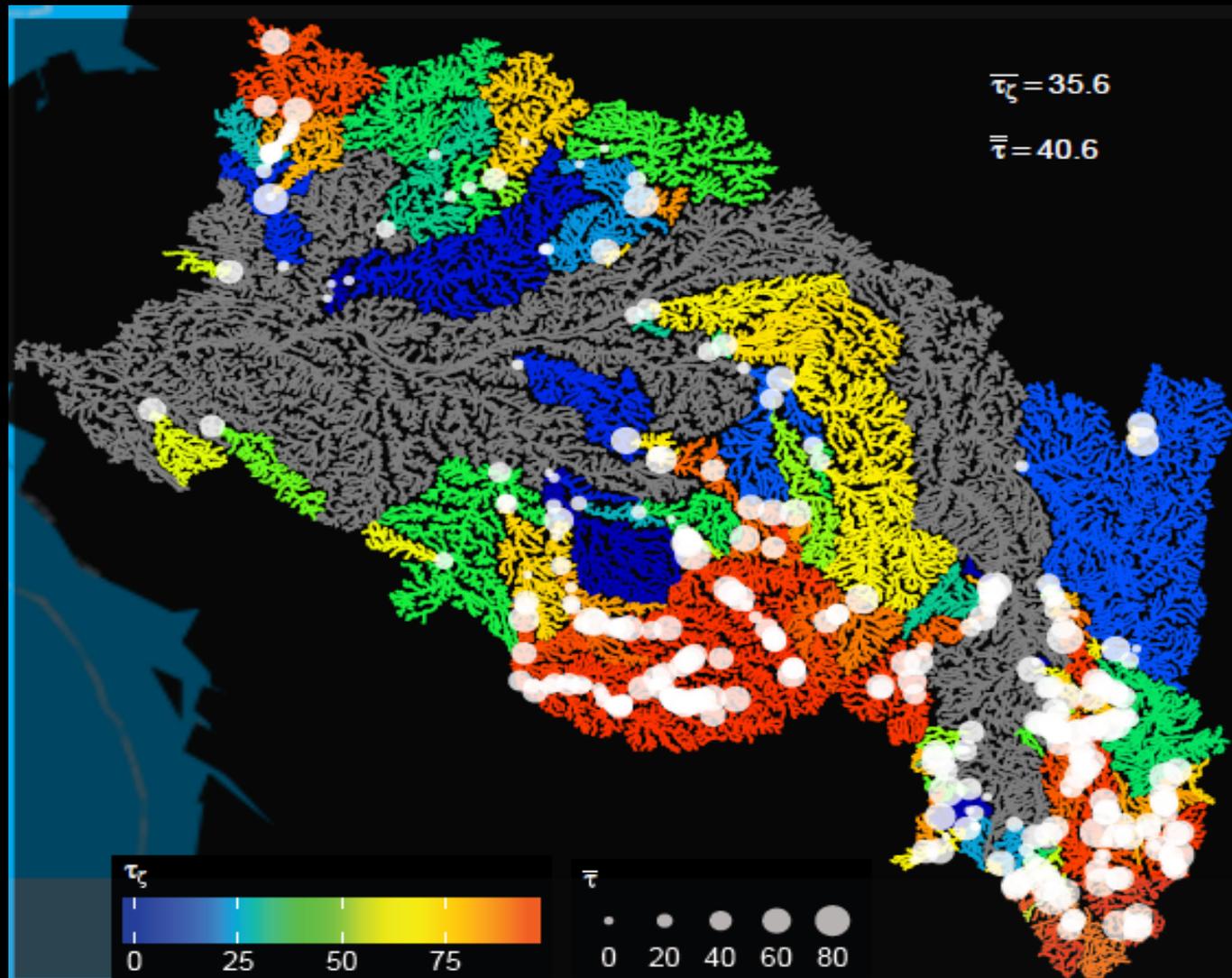


Mortalité
Ouvrage

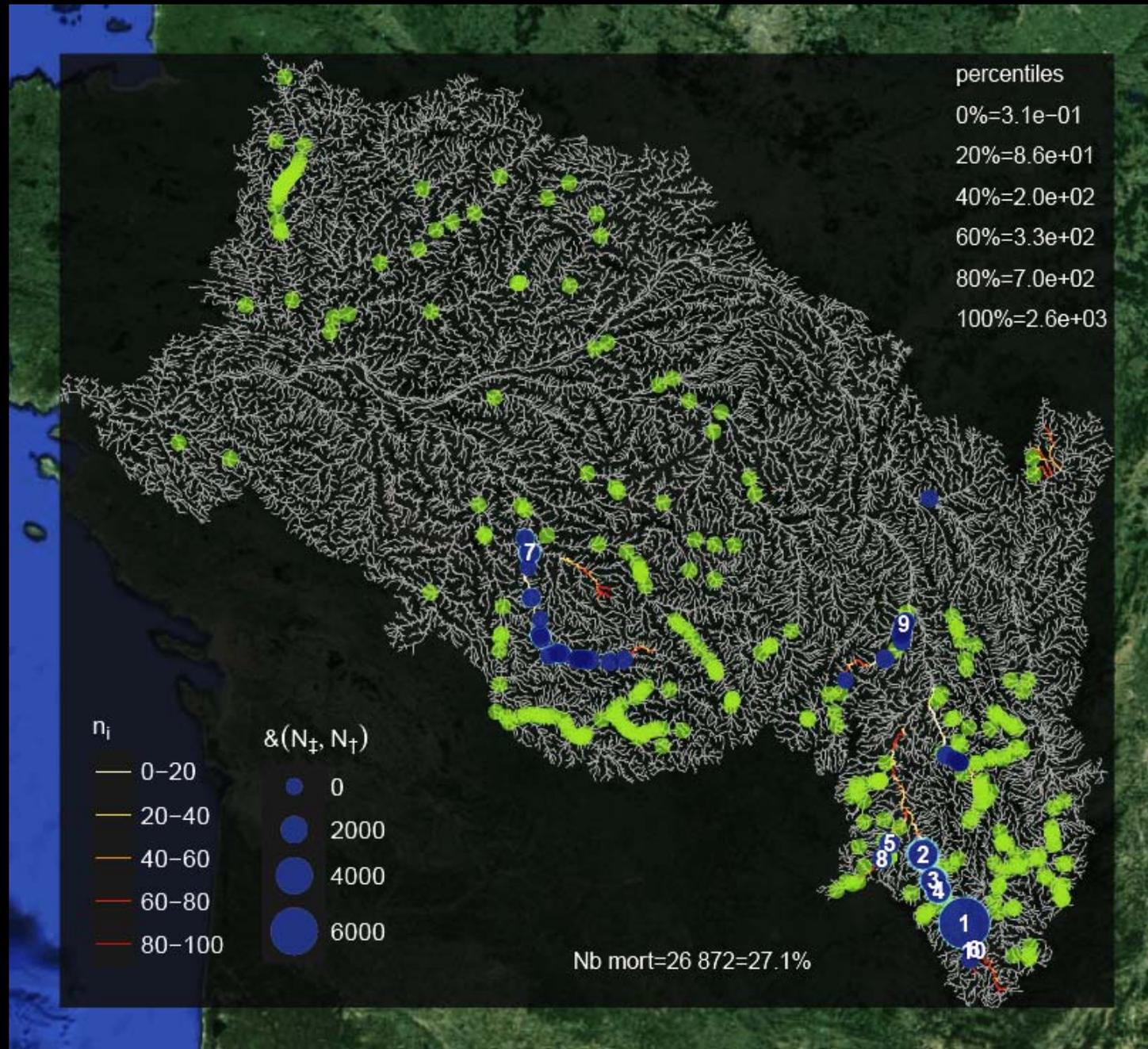
Mortalité dévalaison

Smolt





Anguille argentée



Smolt



Mortalité au niveau du bassin



Smolt



Anguille arg.

Loire	27 %	3.1 %
Bretagne	2 %	3.3 %
Vendée		2.2 %

Tableau Public - Devalpomi

Espèce: Sm... Scenario: Production modélisée actuelle Bassin PLAGEPOMI: (All) Bassin versant: (All) Rechercher un ouvrage

Cliquez sur un ouvrage pour afficher les détails

Légende

- Mortalité potentielle (N++)
- Mortalité réelle (N+)

Mortalité estimée /an

- 13
- 2 000
- 4 000
- 6 000
- 7 242

Sélectionner un bassin pour l'afficher sur la carte

Bretagne	Scorff	
	Couesnon	
	Total	
Loire, Côtière vendéens et Sèvre niortaise	Allier	
	Gartempe	
	Sioule	
	Dore	
	Alagnon	
	Total	
Grand Total		

Mortalité potentielle (N++)

barrage de poutès (Allier)
Smolts - Production modélisée actuelle

Taux de mortalité au module : 32,20% (Q90 : 27,90% - Q10 : 28,80%) sur un effectif dévalant de 22 489 Smolts / an

Mortalité potentielle (N++, sans prise en compte l'effet des centrales hydroélectriques en amont) : 7 242 Smolts / an

Mortalité réelle (N+, en prenant en compte les mortalités cumulées en amont) : 6 619 Smolts / an (soit 23% du total des ouvrages affichés)
Classement : 1^{ème} par ordre de mortalité décroissante

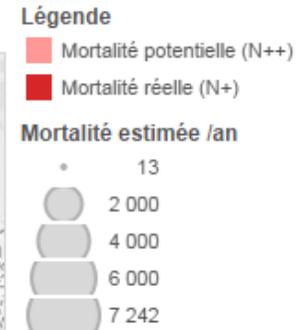
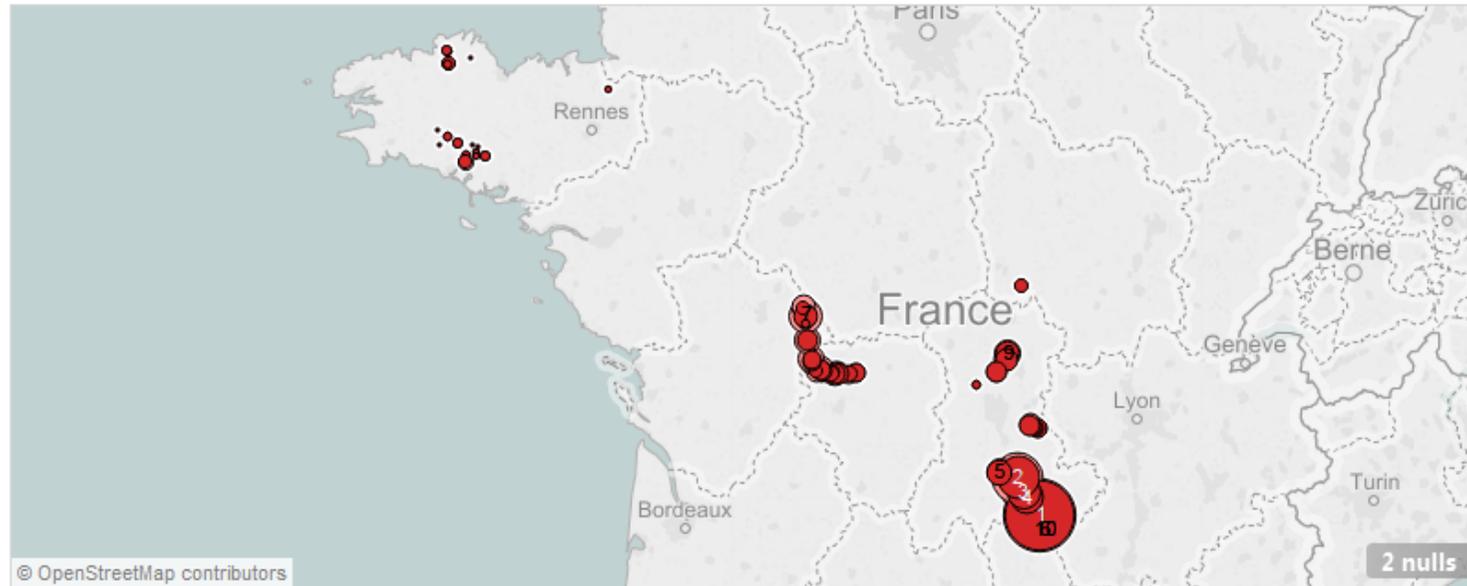
Taux de mortalité calculé à partir de... et des données d'équipement hydroélectriques connues : ...
Briand et al, 2015

Mortalité potentielle (N++, sans prise en compte l'effet des centrales hydroélectriques en amont) et Mortalité réelle (N+, en prenant en compte les mortalités cumulées en amont) des Smolts pour chaque bassin versant pour le scénario "Production modélisée actuelle".

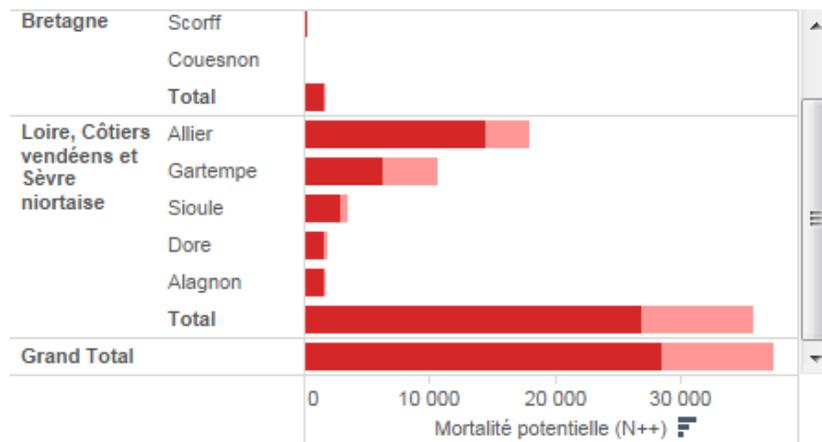
Smolts produit(e)s en amont de l'ouvrage et **mortalité réelle (N+)** sur les centrales hydroélectriques les plus impactantes. La courbe décrit la mortalité cumulée des ouvrages dans l'ordre décroissant de leur impact.

Espèce: Sm...
 Scenario: Production modélisée actuelle
 Bassin PLAGEPOMI: (All)
 Bassin versant: (All)
 Rechercher un ouvrage:

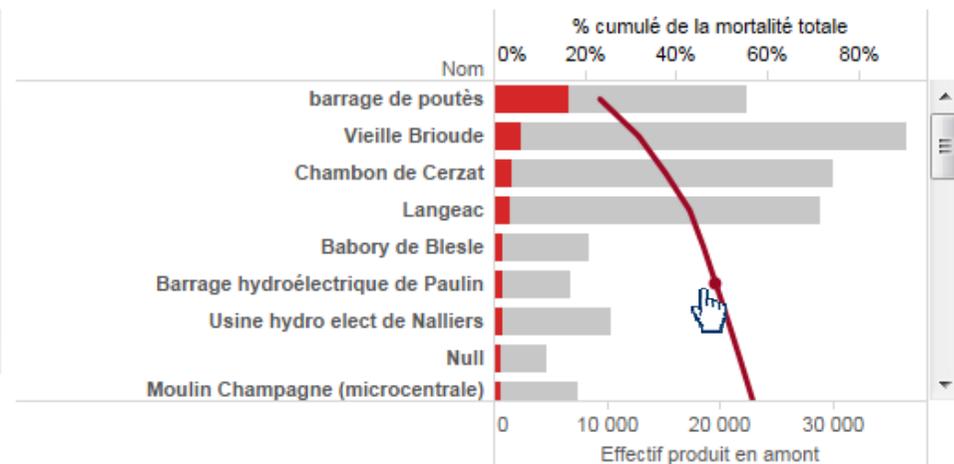
Cliquez sur un ouvrage pour afficher les détails



Sélectionner un bassin pour l'afficher sur la carte



Centrales les plus impactantes

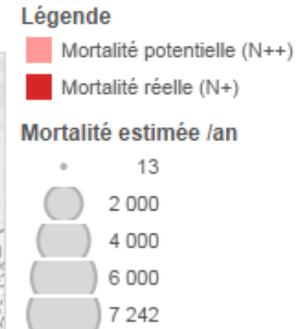
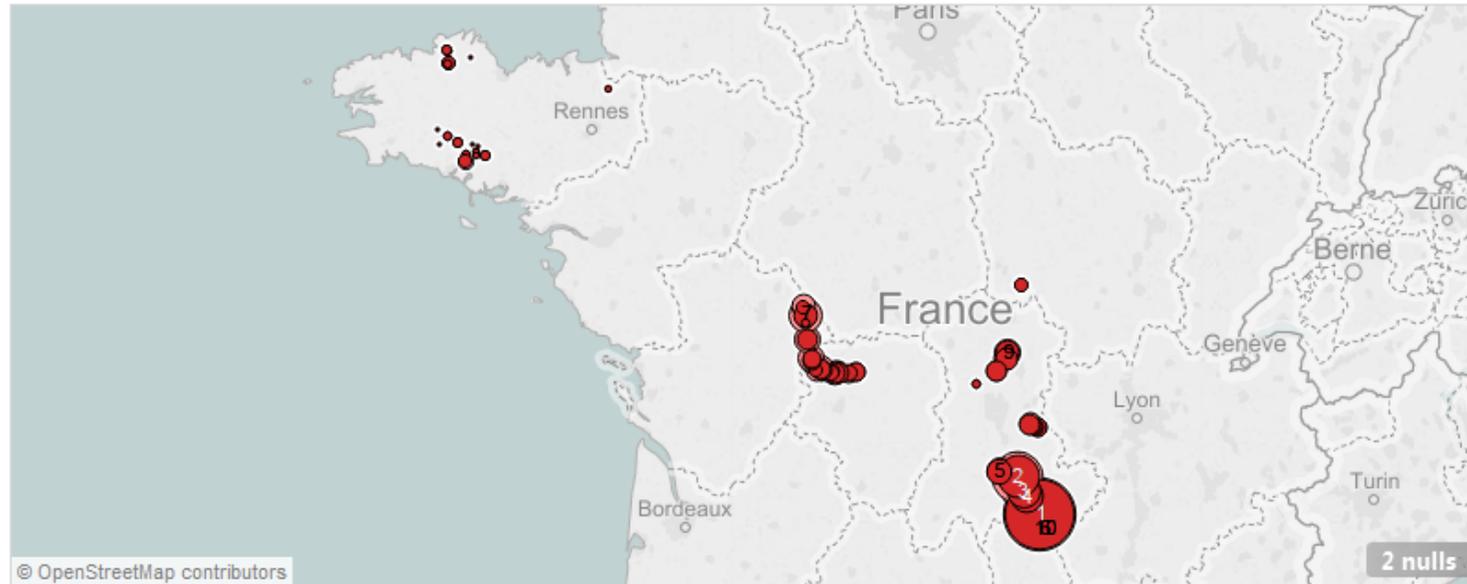


Mortalité potentielle (N++, sans prise en compte l'effet des centrales hydroélectriques en amont) et Mortalité réelle (N+, en prenant en compte les mortalités cumulées en amont) des Smolts pour chaque bassin versant pour le

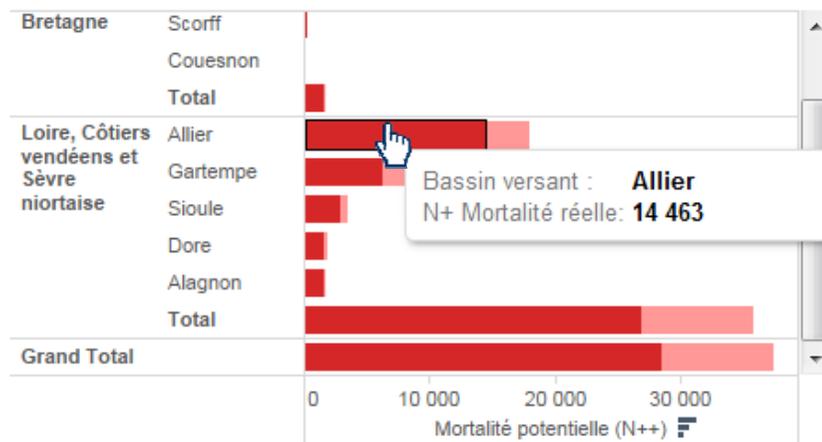
Smolts produit(e)s en amont de l'ouvrage et mortalité réelle (N+) sur les centrales hydroélectriques les plus impactantes. La courbe décrit la mortalité cumulée des ouvrages dans

Espèce: Sm... Scenario: Production modélisée actuelle Bassin PLAGEPOMI: (All) Bassin versant: (All) Rechercher un ouvrage

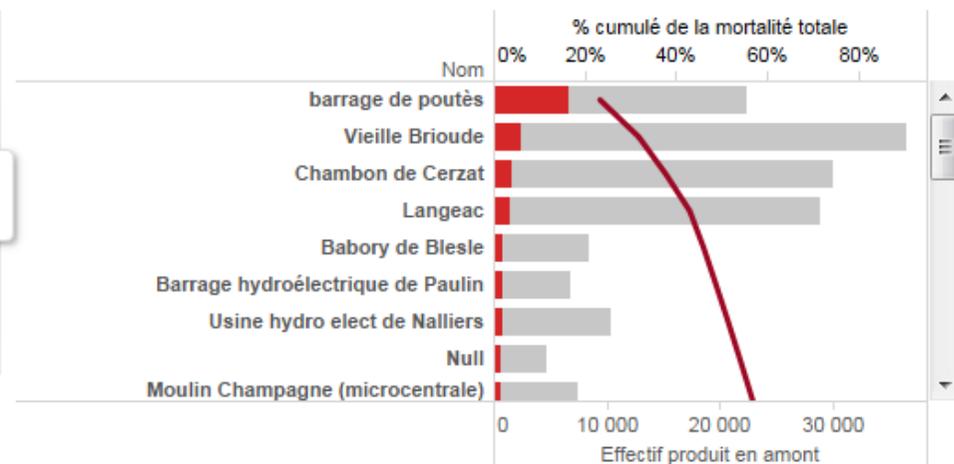
Cliquez sur un ouvrage pour afficher les détails



Sélectionner un bassin pour l'afficher sur la carte



Centrales les plus impactantes

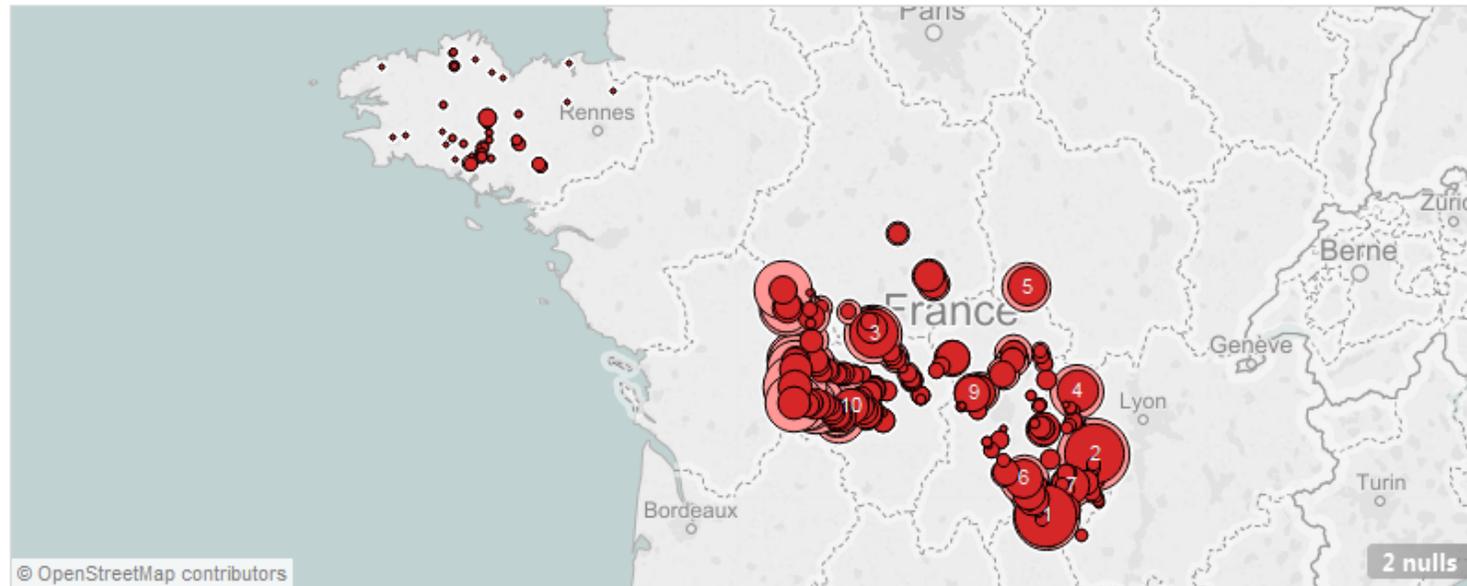


Mortalité potentielle (N++, sans prise en compte l'effet des centrales hydroélectriques en amont) et Mortalité réelle (N+, en prenant en compte les mortalités cumulées en amont) des Smolts pour chaque bassin versant pour le

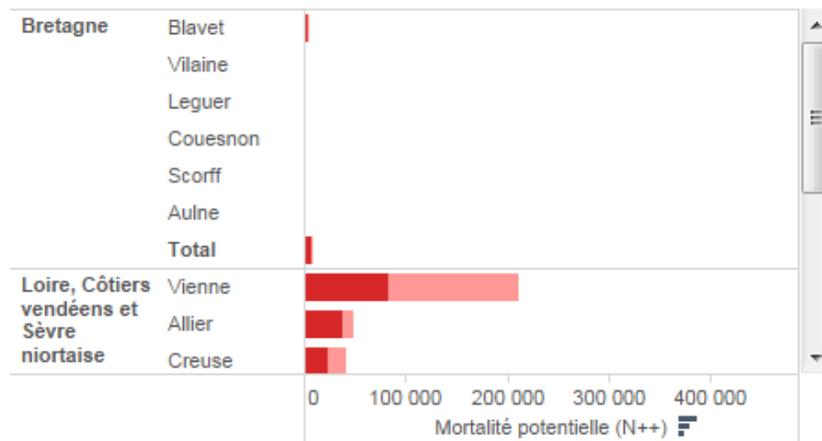
Smolts produit(e)s en amont de l'ouvrage et mortalité réelle (N+) sur les centrales hydroélectriques les plus impactantes. La courbe décrit la mortalité cumulée des ouvrages dans

Espèce: Sm... | Scenario: Libre circulation à la montaison | Bassin PLAGEPOMI: (All) | Bassin versant: (All) | Rechercher un ouvrage: []

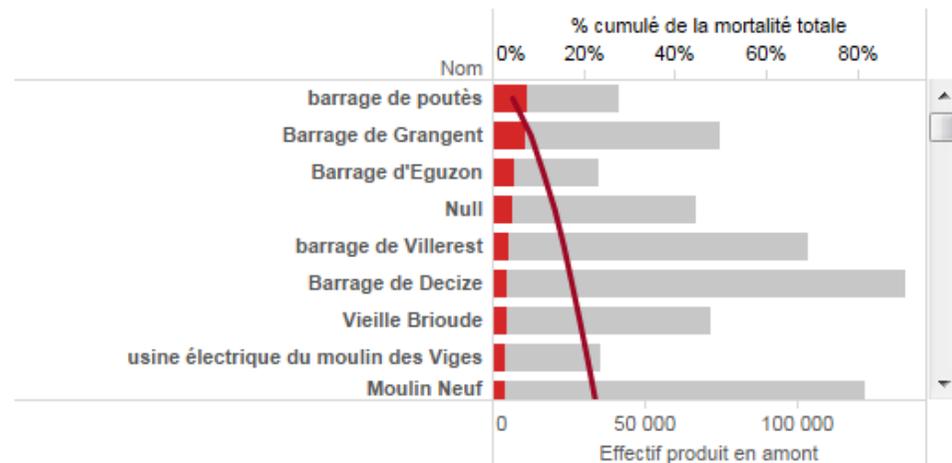
Cliquez sur un ouvrage pour afficher les détails



Sélectionner un bassin pour l'afficher sur la carte



Centrales les plus impactantes

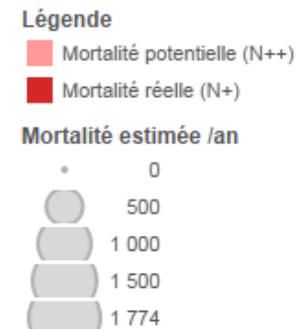
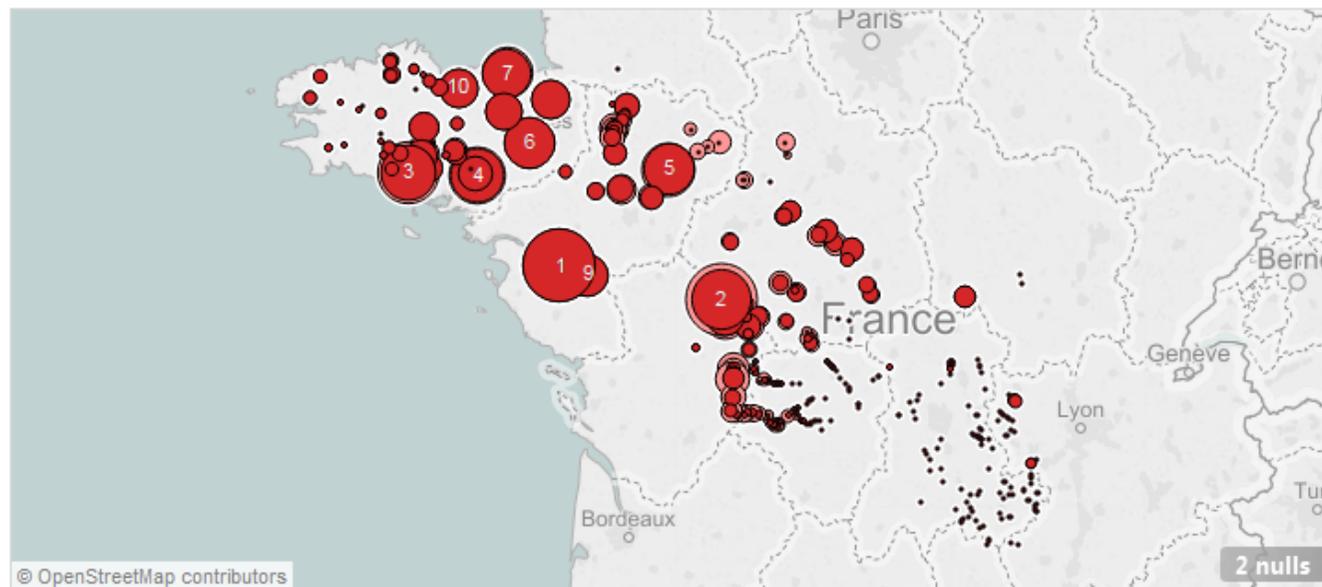


Mortalité potentielle (N++, sans prise en compte l'effet des centrales hydroélectriques en amont) et Mortalité réelle (N+, en prenant en compte les mortalités cumulées en amont) des Smolts pour chaque bassin versant pour le

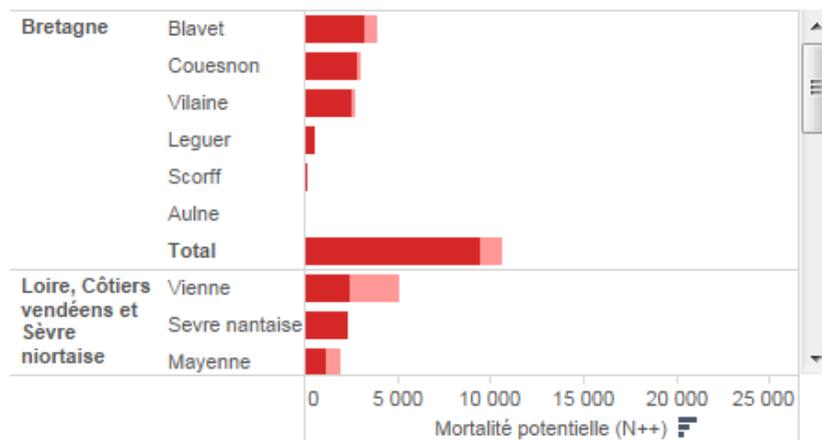
Smolts produit(e)s en amont de l'ouvrage et mortalité réelle (N+) sur les centrales hydroélectriques les plus impactantes. La courbe décrit la mortalité cumulée des ouvrages dans

Espèce: Ang... Sm... | Scenario: Production moyenne | Bassin PLAGEPOMI: (All) | Bassin versant: (All) | Rechercher un ouvrage:

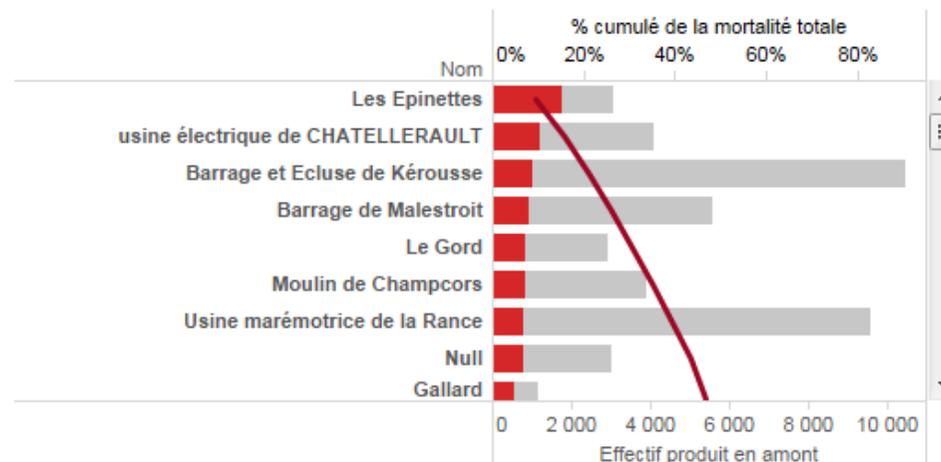
Cliquez sur un ouvrage pour afficher les détails



Sélectionner un bassin pour l'afficher sur la carte



Centrales les plus impactantes



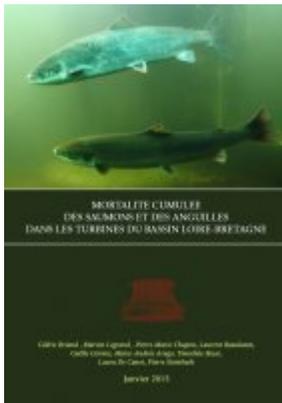
Mortalité potentielle (N++, sans prise en compte l'effet des centrales hydroélectriques en amont) et Mortalité réelle (N+, en prenant en compte les mortalités cumulées en amont) des Anguilles argentées pour chaque bassin

Anguilles argentées produit(e)s en amont de l'ouvrage et mortalité réelle (N+) sur les centrales hydroélectriques les plus impactantes. La courbe décrit la mortalité cumulée des

Conclusion

- C'est un modèle: ne peut pas remplacer une étude de terrain.
- La localisation des poissons est plus importante que l'évaluation précise de la mortalité
- La plupart des anguilles sont en aval des turbines (en France)
- Impact important pour le saumon en Loire

Questions



Rapport en ligne

Average mortality per turbine

	Average mortality		
	Kaplan	Francis	Unknown
Salmon	17%	20%	20%
Eel	46%	89%	71%

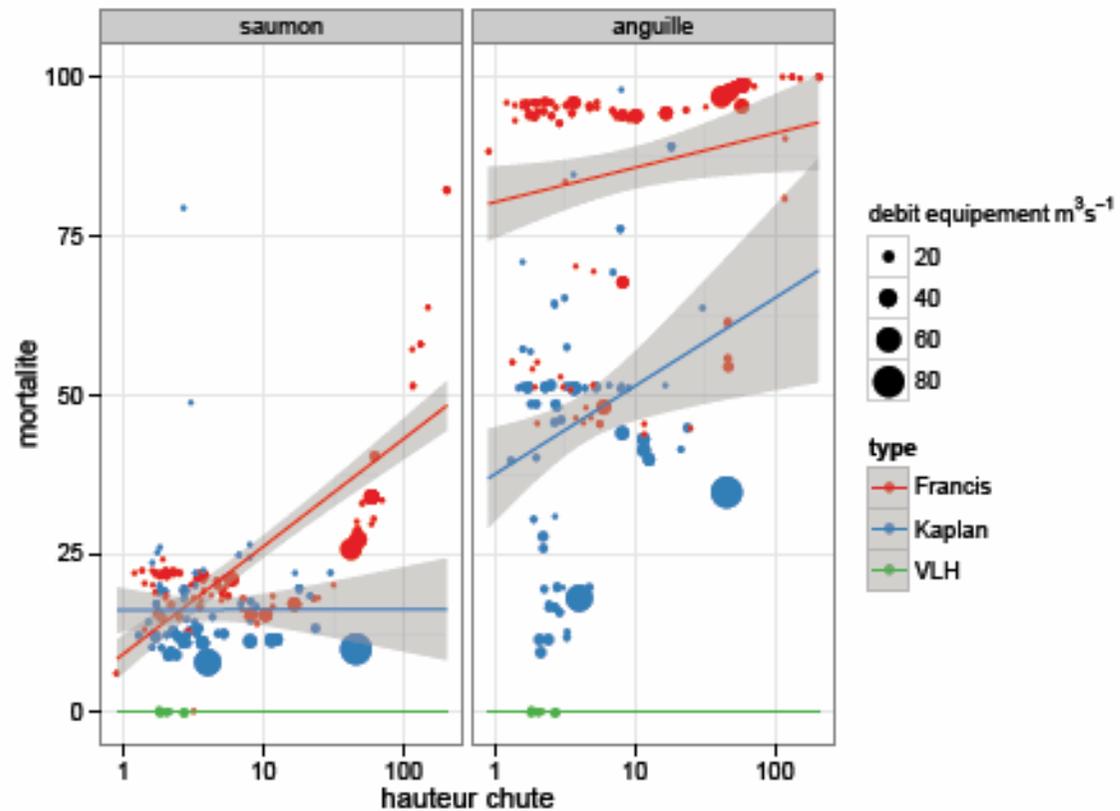


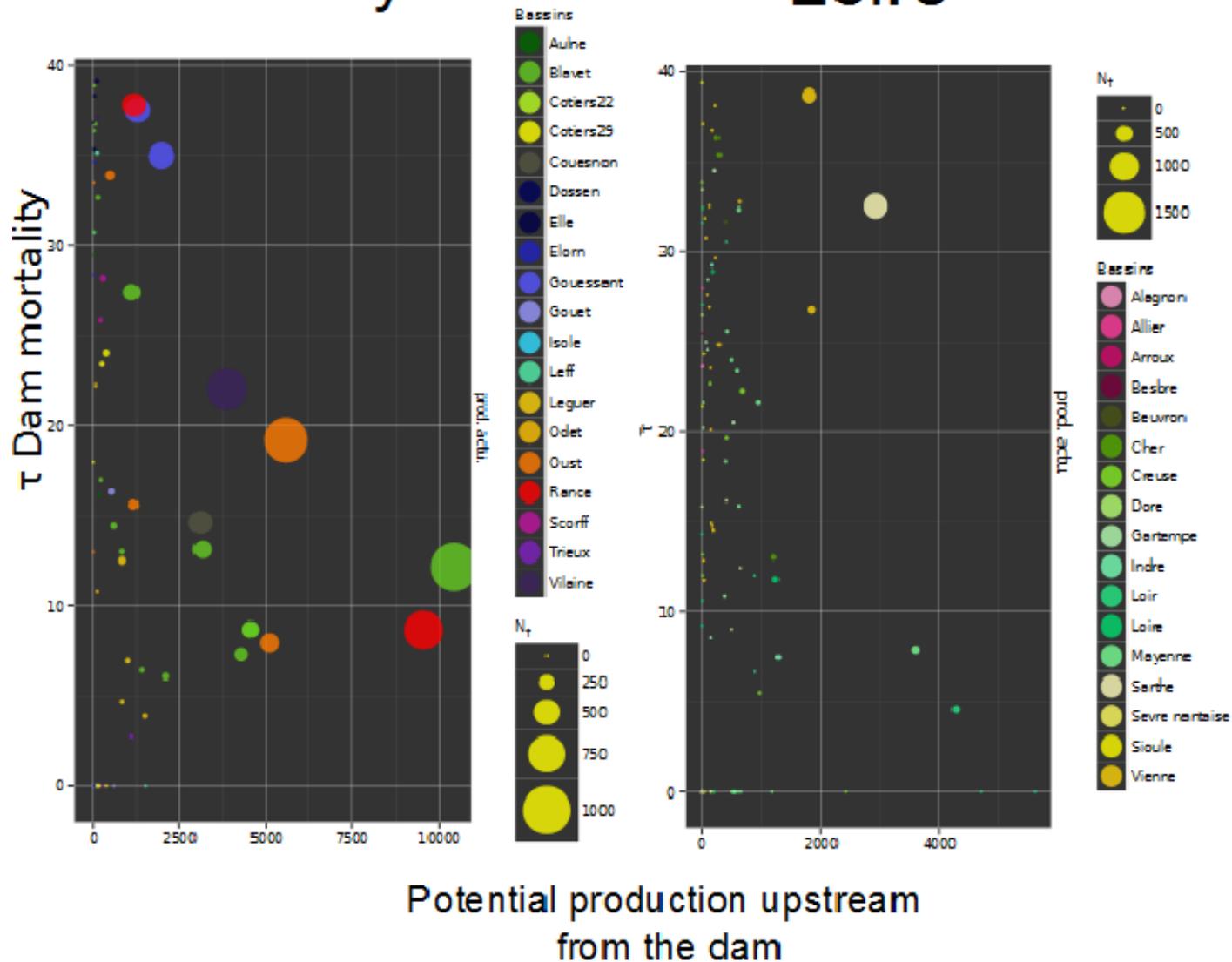
FIGURE 3.5 – Mortalité et type de turbine, les turbines sélectionnées sont celles permettant le calcul pour les anguilles ou les saumons, régressions linéaires sur l'effet de la hauteur de chute sur les mortalités.

Average mortality per dam

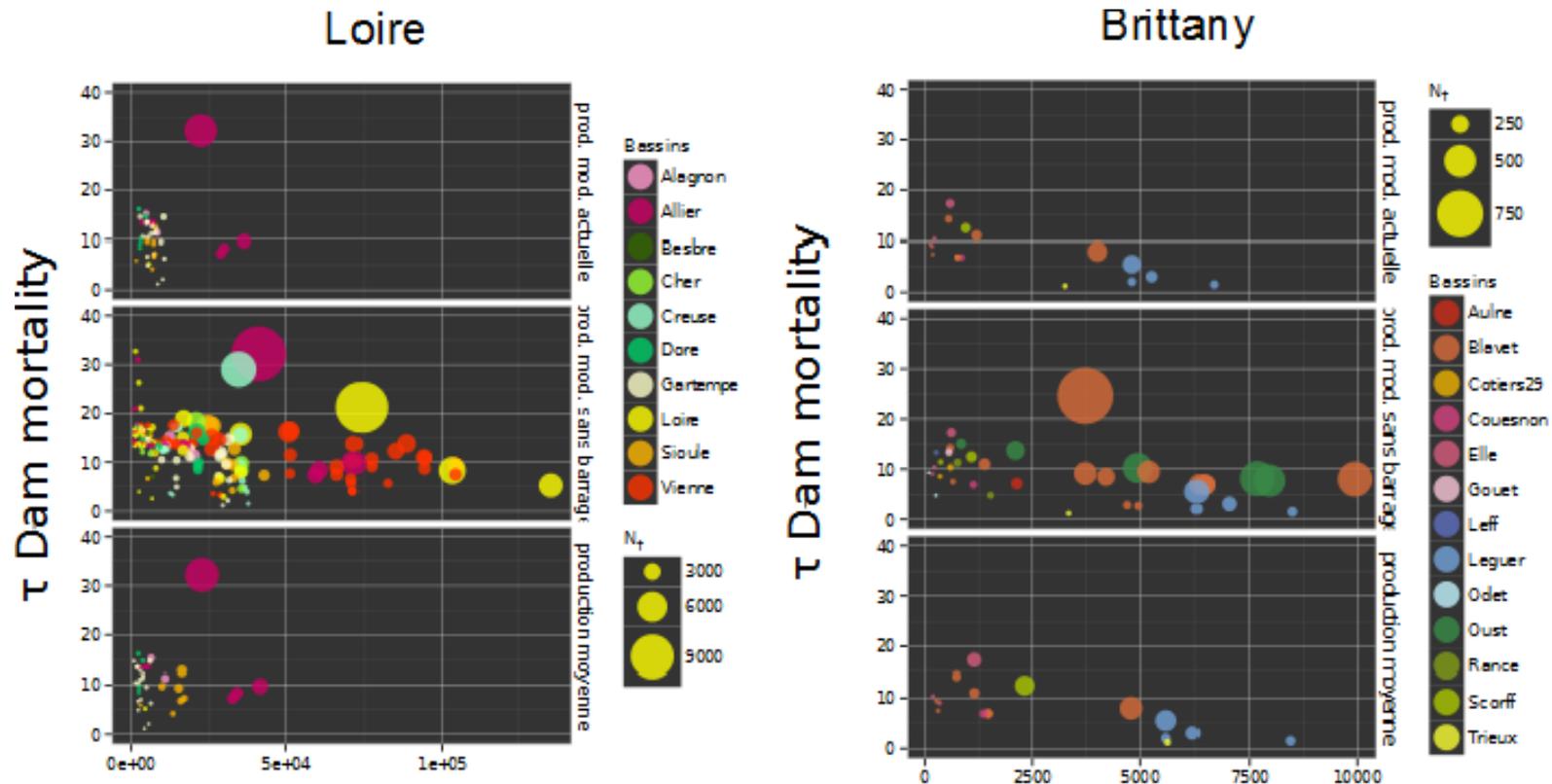
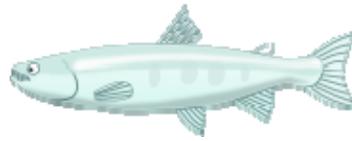


Brittany

Loire

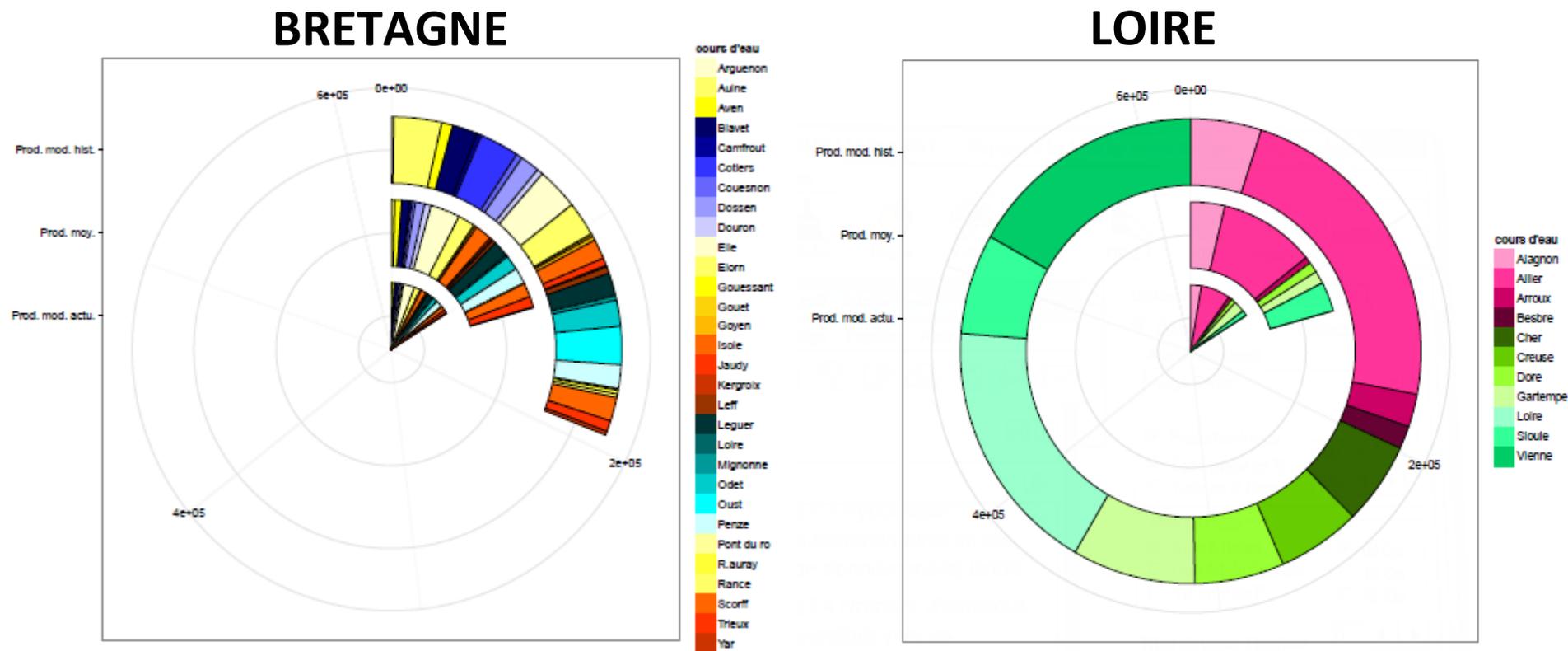


Average mortality per dam



Potential production upstream
from the dam

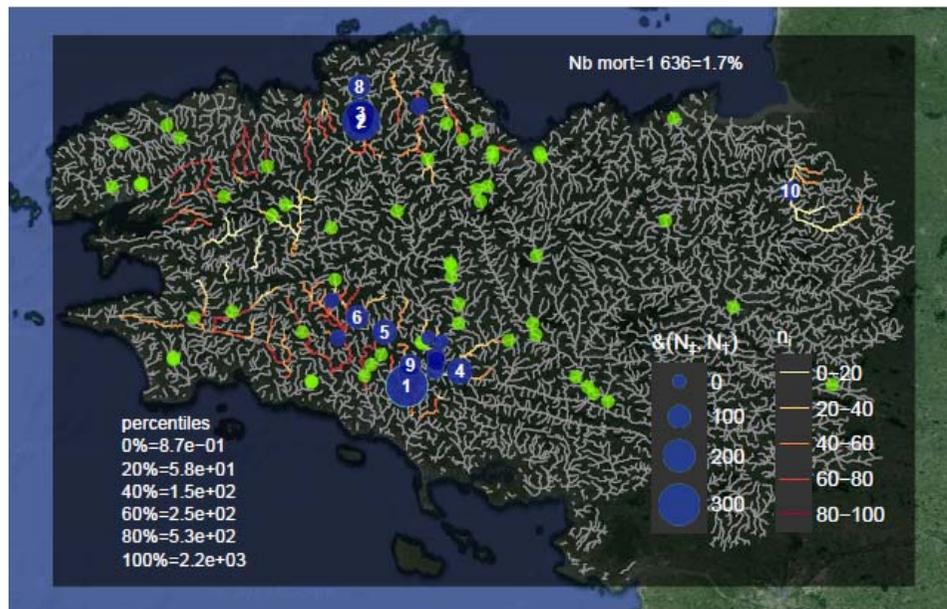
2.3 Estimation des densités de smolts



	Prod. Moyenne			Prod. Actu. Mod.	Prod. Mod.ss.bar
	IC _{0.05}	Moy	IC _{0.95}		
Bretagne	105 155	127 624	151 500	99 050	193 053
Loire	101 757	128 438	157 353	99 093	622 548

Localisation des zones à enjeux

Saumon



Anguille

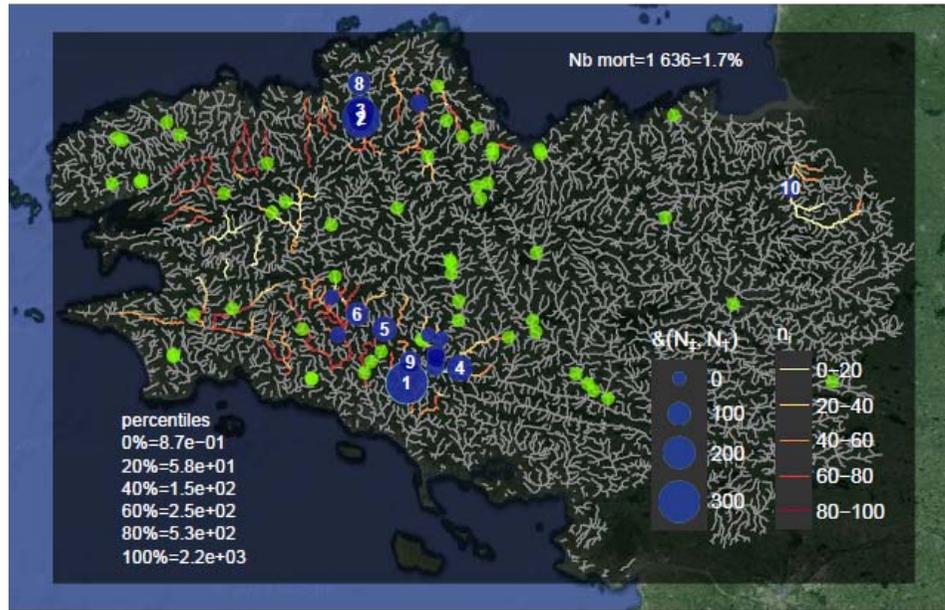


Num	ROE	Nb	$\bar{\tau}$	τ_{Q90}	τ_{Q10}	N+	bassin
1	ROE11400	4012	8.0	5.0	8.3	291	BLAVET
2	ROE22530	4810	5.5	2.2	10.3	267	LEGUER
3	ROE22332	5272	3.1	1.2	5.7	151	LEGUER
4	ROE10033	1203	11.0	5.0	17.0	132	BLAVET
5	ROE33001	950	12.5	6.7	15.5	119	SCORFF
6	ROE30394	588	17.3	18.6	15.5	102	SCORFF
7	ROE22533	4810	2.1	0.8	3.9	100	LEGUER
8	ROE22333	6676	1.5	0.6	2.9	95	LEGUER
9	ROE35710	553	14.3	7.9	16.2	79	BLAVET
10	ROE11878	855	6.9	2.0	14.5	59	COUESNON
.	ROE14178	760	7.0	4.7	7.0	51	BLAVET
.	ROE14165	760	6.9	4.6	7.0	47	BLAVET
.	ROE14155	760	6.9	4.6	7.0	47	BLAVET
.	ROE23245	3258	1.2	0.5	2.3	40	LEGUER
.	ROE31387	221	10.4	5.1	15.1	23	SCORFF
.	ROE31215	168	9.1	4.4	14.1	15	SCORFF
.	ROE15076	186	7.5	3.1	13.7	14	BLAVET
.	ROE14804	133	9.5	6.5	9.3	13	BLAVET

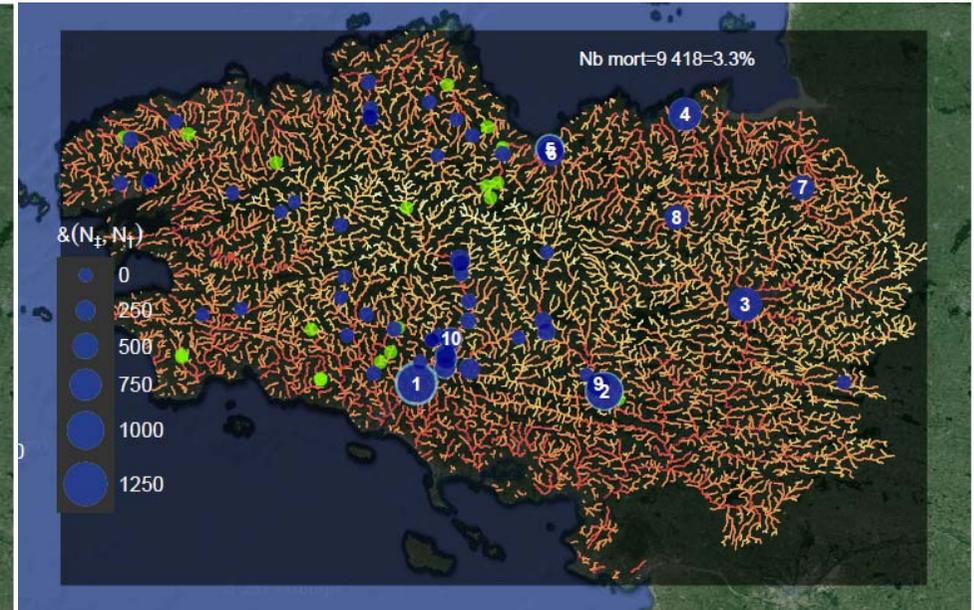
Num	ROE	$\bar{\tau}$	τ_{Q90}	τ_{Q10}	N+	bassin
1	ROE11400	12.2	7.7	12.6	1009	BLAVET
2	ROE11542	19.2	6.0	33.9	932	VILAINE
3	ROE3652	22.0	8.6	27.3	855	VILAINE
4	ROE58449	8.7	4.3	8.9	789	COUESNON
5	ROE59736	35.0	39.6	28.0	523	COUESNON
6	ROE38459	37.5	42.4	30.1	485	COUESNON
7	ROE11878	14.7	4.2	30.7	457	COUESNON
8	ROE16879	37.8	42.8	30.3	449	COUESNON
9	ROE11525	8.0	4.5	7.5	378	VILAINE
10	ROE14804	13.1	9.1	13.0	340	BLAVET
.	ROE22841	50.3	54.5	44.4	308	BLAVET
.	ROE10033	27.4	12.5	42.5	302	BLAVET
.	ROE14165	8.7	5.8	8.8	291	BLAVET
.	ROE14155	8.7	5.8	8.8	291	BLAVET
.	ROE14178	7.3	4.9	7.3	243	BLAVET
.	ROE57923	33.9	27.0	27.9	155	VILAINE
.	ROE11846	15.6	16.3	12.1	153	VILAINE

Localisation des zones à enjeux

Saumon



Anguille

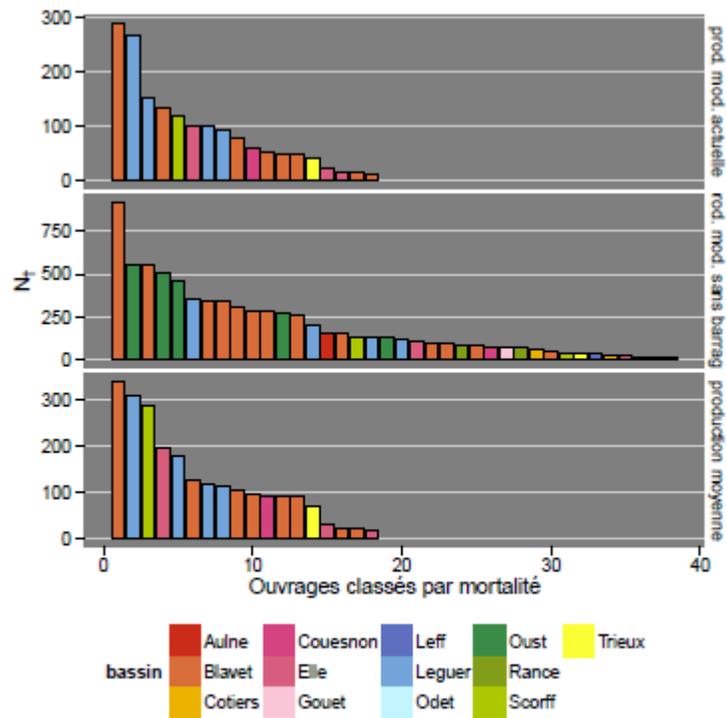


Num	ROE	Nb	$\bar{\tau}$	τ_{Q90}	τ_{Q10}	N+	bassin
1	ROE11400	4012	8.0	5.0	8.3	291	BLAVET
2	ROE22530	4810	5.5	2.2	10.3	267	LEGUER
3	ROE22332	5272	3.1	1.2	5.7	151	LEGUER
4	ROE10033	1203	11.0	5.0	17.0	132	BLAVET
5	ROE33001	950	12.5	6.7	15.5	119	SCORFF
6	ROE30394	588	17.3	18.6	15.5	102	SCORFF
7	ROE22533	4810	2.1	0.8	3.9	100	LEGUER
8	ROE22333	6676	1.5	0.6	2.9	95	LEGUER
9	ROE35710	553	14.3	7.9	16.2	79	BLAVET
10	ROE11878	855	6.9	2.0	14.5	59	COUESNON
.	ROE14178	760	7.0	4.7	7.0	51	BLAVET
.	ROE14165	760	6.9	4.6	7.0	47	BLAVET
.	ROE14155	760	6.9	4.6	7.0	47	BLAVET
.	ROE23245	3258	1.2	0.5	2.3	40	LEGUER
.	ROE31387	221	10.4	5.1	15.1	23	SCORFF
.	ROE31215	168	9.1	4.4	14.1	15	SCORFF
.	ROE15076	186	7.5	3.1	13.7	14	BLAVET
.	ROE14804	133	9.5	6.5	9.3	13	BLAVET

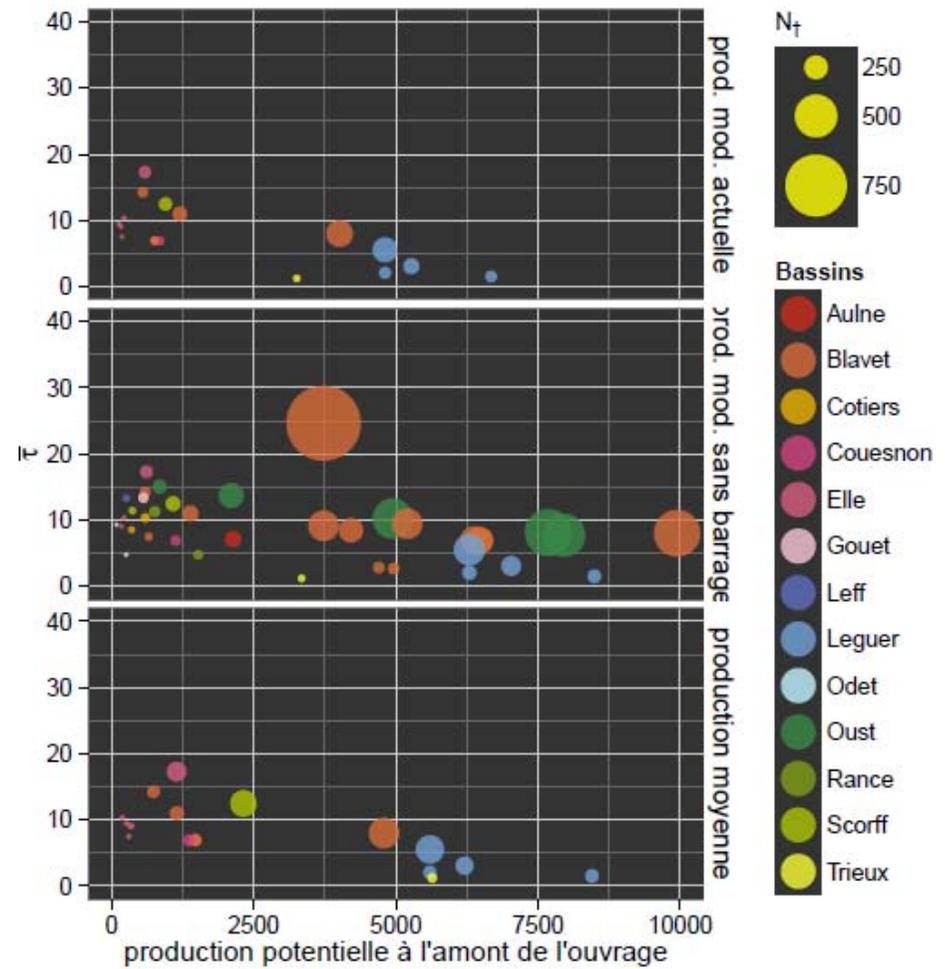
Num	ROE	$\bar{\tau}$	τ_{Q90}	τ_{Q10}	N+	bassin
1	ROE11400	12.2	7.7	12.6	1009	BLAVET
2	ROE11542	19.2	6.0	33.9	932	VILAINE
3	ROE3652	22.0	8.6	27.3	855	VILAINE
4	ROE58449	8.7	4.3	8.9	789	COUESNON
5	ROE59736	35.0	39.6	28.0	523	COUESNON
6	ROE38459	37.5	42.4	30.1	485	COUESNON
7	ROE11878	14.7	4.2	20.7	457	COUESNON
8	ROE16879	37.8	42.8	30.3	449	COUESNON
9	ROE11525	8.0	4.5	7.5	378	VILAINE
.	ROE14178	13.1	9.1	13.0	340	BLAVET
.	ROE14165	50.3	54.5	44.4	308	BLAVET
.	ROE14155	27.4	12.5	42.5	302	BLAVET
.	ROE23245	8.7	5.8	8.8	291	BLAVET
.	ROE31387	8.7	5.8	8.8	291	BLAVET
.	ROE31215	7.3	4.9	7.3	243	BLAVET
.	ROE15076	33.9	27.0	27.9	155	VILAINE
.	ROE14804	15.6	16.3	12.1	153	VILAINE

85% et 65%
de la mortalité totale

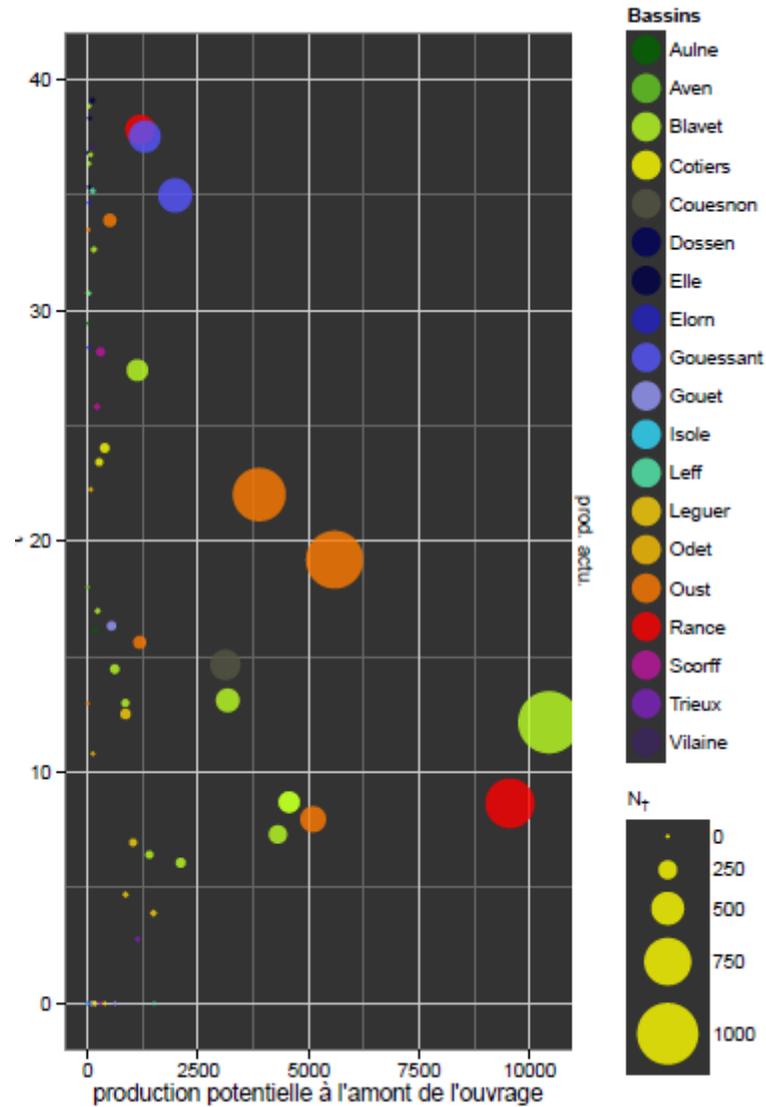
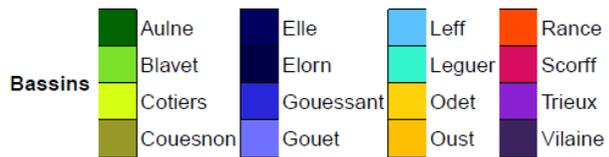
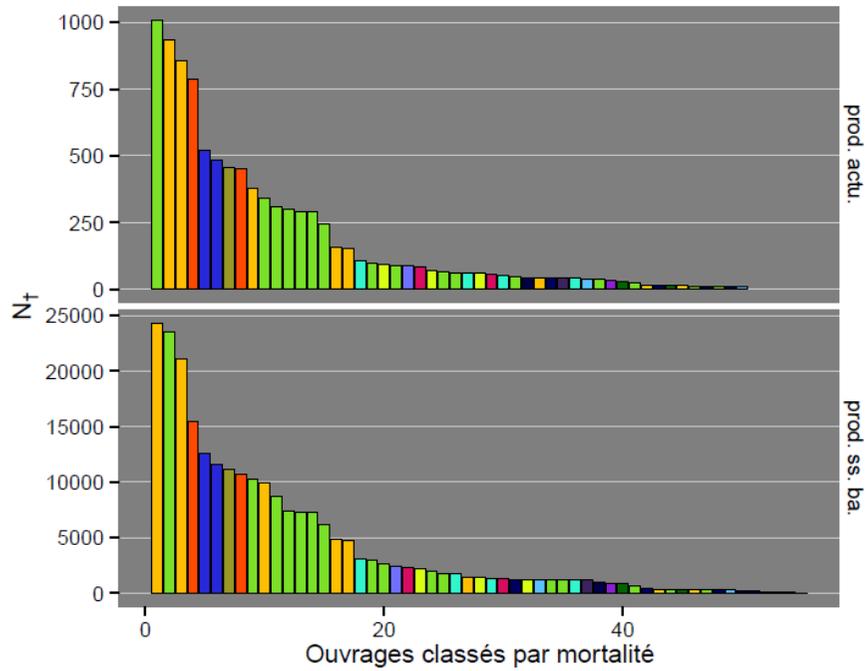
Saumon



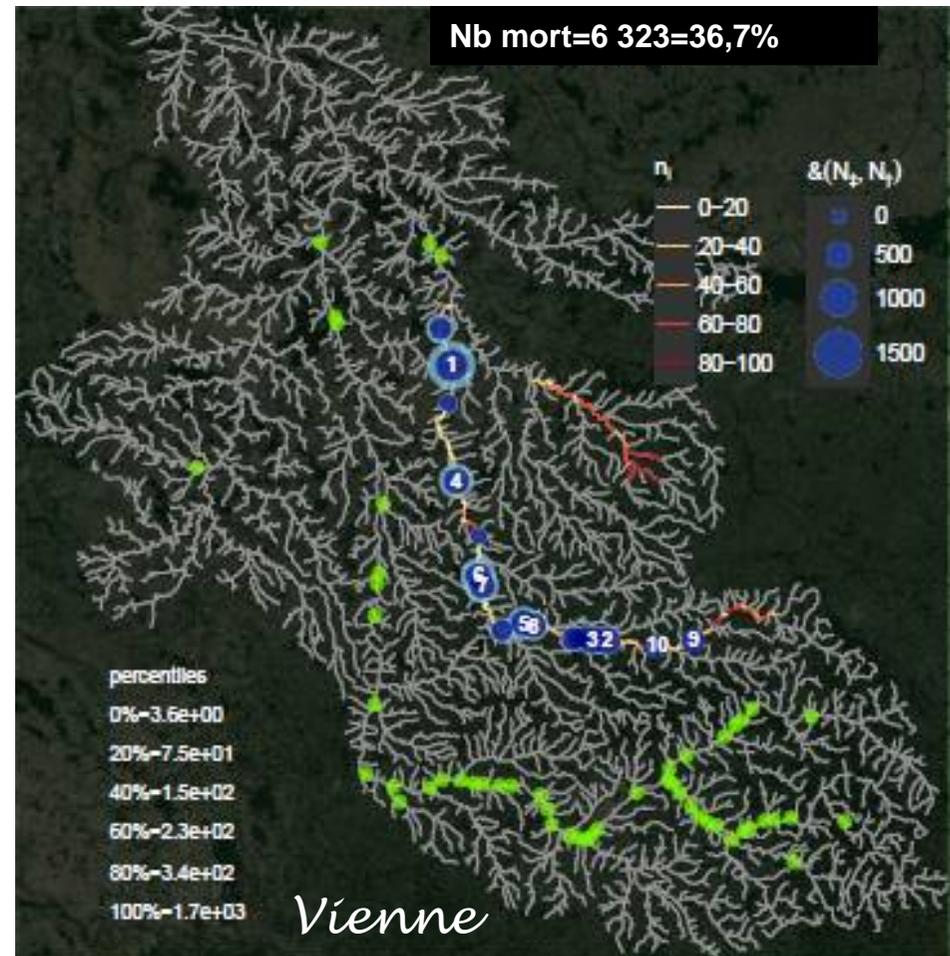
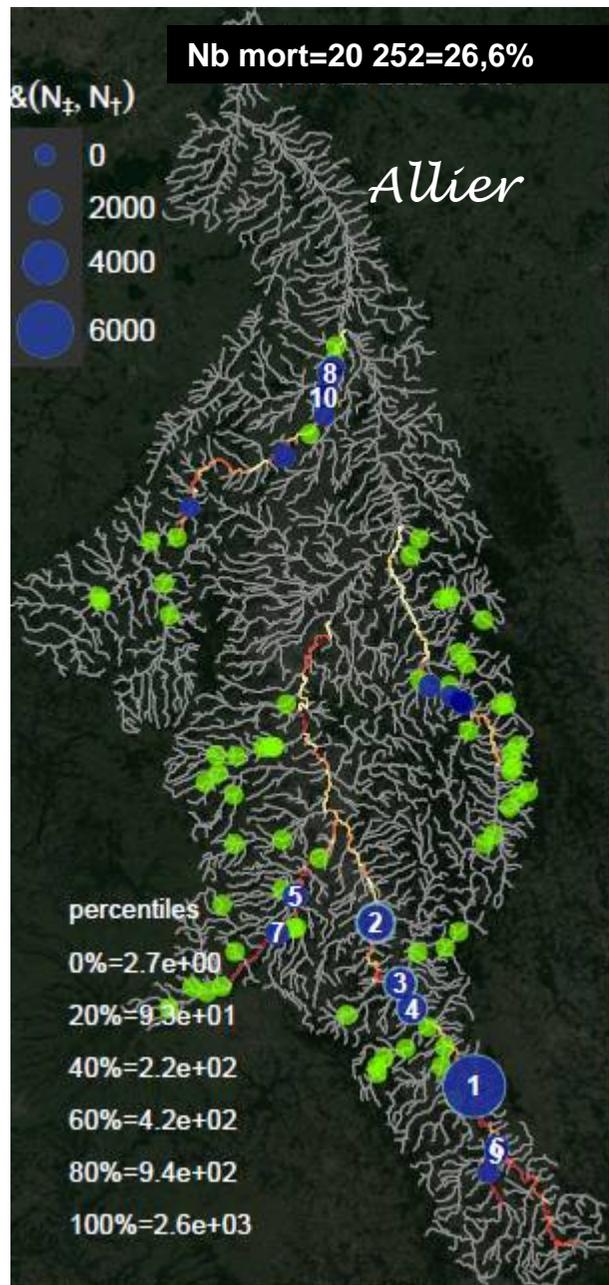
(b) N^+ .



Anguille



2. Localisation des zones à enjeux



Perspectives

- Calcul du gain obtenu grâce aux équipements (grilles fines), aux mesures de gestion des débits et aux implantation de turbines ichtyocompatibles
- Intégration des mortalités :
 - au niveau des déversoirs de décharge
 - dans les prises d'eau et dans les retenues AEP
 - et les autres pertes par effet retenue
- Consolidation des données :

Perspectives - complétude données

20% données complètes =
application des formules

17% avec hypothèses
supplémentaires (nbr
pales, diamètre roue, etc.)

53% trop peu de données
= moyenne du type de
turbine

	Complet	Hyp. suppl.	Moy.	Grille	Hors Serv.	Total
Saumon						
Kaplan	32	60	0	16	4	112
Francis	41	49	18	10	0	118
Pelton	2	0	0	0	0	2
VLH	10	0	0	0	0	10
Roue	0	2	0	0	0	2
Inconnu	0	0	216	11	7	234
Total	85	111	234	37	11	478
Anguille						
Kaplan	56	0	36	16	4	112
Francis	40	49	19	10	0	118
Pelton	2	0	0	0	0	2
VLH	10	0	0	0	0	10
Roue	0	2	0	0	0	2
Inconnu	0	0	216	11	7	234
Total	108	51	271	37	11	478