

**L'impact des prises d'eau industrielles et des
turbinages hydroélectriques sur la dynamique
des populations de poissons et la qualité
de leur habitat dans les cours d'eau navigables**
Le cas de la Meuse et de l'Ourthe en Wallonie

Jean Claude PHILIPPART et Michael OVIDIO
Université de Liège- Unité de Biologie du Comportement
jcphilippart@ulg.ac.be&M.Ovidio@ulg.ac.be

Rencontre scientifique du GIPPA
DEMNA Gembloux le 6 mars 2009

L'impact des prises d'eau industrielles et des turbinages hydroélectriques sur la dynamique des populations de poissons et la qualité de leur habitat dans les cours d'eau navigables. Le cas de la Meuse et de l'Ourthe en Wallonie.

Jean-Claude PHILIPPART et Michaël OVIDIO

Chercheurs Qualifiés. Université de Liège. Unité de Biologie du Comportement.. Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie
10 chemin de la Justice 4500 Tihange Tél. +32.85.27.41.55-57 jcphilippart@ulg.ac.be; M.Ovidio@ulg.ac.be

La dynamique des populations de poissons, c'est-à-dire la variation dans le temps et l'espace de leur abondance, est la résultante de trois processus écologiques fondamentaux : i) l'apport de nouveaux jeunes (recrutement) grâce à la reproduction naturelle (parfois renforcée ou compensée par des repeuplements en poissons d'élevage), ii) la perte d'individus à tous les stades de développement à cause des différents facteurs de mortalité (mauvaise qualité de l'eau, actions mécaniques, maladies et parasites, prédation, pêche) et iii) les phénomènes d'émigration-immigration qui mettent en jeu des migrations, particulièrement importantes chez les poissons amphihalins anadromes comme les salmonidés (saumon et truite de mer, lamproies de rivière et de mer) et catadromes comme l'anguille européenne dans nos régions.

Au cours de leurs migrations vers l'aval, les poissons sont confrontés à une forme de pression anthropique, les prises d'eau de tous types, qui peut provoquer des pertes démographiques importantes lorsque les ouvrages dérivent de grands volumes d'eau comme c'est le cas avec les prises d'eau de refroidissement des centrales électriques thermiques classiques et nucléaires et les grandes centrales hydroélectriques au fil de l'eau qui existent sur la Meuse et le cours inférieur de ses affluents navigables (Ourthe, Sambre). Ces mortalités résultent du placage des poissons entraînés sur les dispositifs de filtration de l'eau à l'entrée des installations (tambours filtrants et/ou grilles à barreaux) ou de leur passage forcé dans des turbines hydroélectriques de divers types, grandeurs et vitesses de rotation.

L'exposé présente un aperçu des connaissances actuelles sur l'importance quantitative et le degré de gravité écologique des mortalités causées par les prises d'eau industrielles et les turbines hydroélectriques sur les populations de poissons de Wallonie, en accordant une attention particulière aux smolts du saumon atlantique et de la truite de mer et aux anguilles argentées sub-adultes. L'analyse est complétée par un bref inventaire des moyens disponibles et à développer pour tenter de réduire les mortalités mécaniques des poissons migrateurs au niveau des ouvrages anciens en place et surtout des nouveaux ouvrages, spécialement les centrales hydroélectriques, en construction ou programmés.

Résumé d'une communication PP 50 pages à : Rencontre scientifique du GIPPA le 6 mars 2009 au DEMNA-SPW Gembloux.

Étude et gestion des ressources piscicoles : actualité, applications et perspectives de la recherche scientifique wallonne.

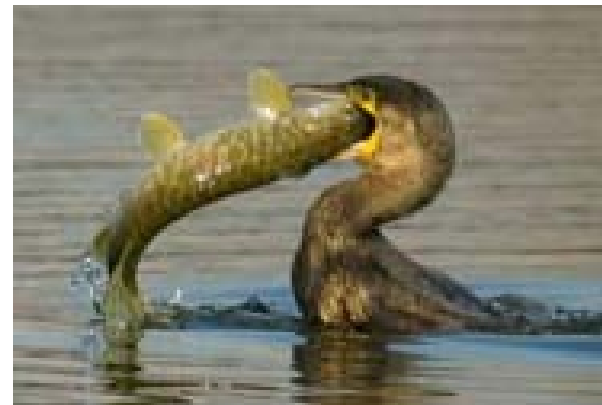
La **dynamique des populations des poissons** dans un cours d'eau (tronçon, bassin hydrographique) est régie par trois processus écologiques fondamentaux :

- la **natalité** sous la forme de production d'oeufs (nombre de femelles matures x fécondité)
- la **mortalité** à tous les stades de développement (de l'oeuf à l'adulte) et due à des facteurs naturels ou anthropiques
- l' **immigration et l'émigration** associées aux comportements de mobilité des poissons vers l'amont ou vers l'aval et à tous les stades de développement (larves, juvéniles et adultes)
- pour certaines espèces, le **repeuplement** en poissons sauvages (translocation de civelles par ex.) ou d'élevage

Mortalité



- mauvaise qualité chimique de l'eau ou du substrat de pont (colmatage)
- maladies, parasites, blessures
- prédateurs (invertébrés, poissons, oiseaux, loutre)
- facteurs physiques naturels (crues, sécheresse, débacle des glaces)
- pêche commerciale et de loisir



Un cas particulier : les mortalités causées par les grandes prises d'eau pour les besoins

- du refroidissement des installations de production d'électricité thermique classique ou nucléaire
- du turbinage hydroélectrique

Ces mortalités, de type mécanique, sont fortement associées à la mobilité des poissons

Une variante : les pertes de poissons dérivés dans les canaux de navigation

Mobilité vers l'amont ou vers l'aval

Les poissons migrent vers l'amont pour se reproduire, se disperser naturellement ou recoloniser une zone amont après un déplacement forcé vers l'aval lors d'une crue

Les poissons migrent vers l'aval comme adultes après la reproduction en amont (homing post-reproduction), comme juvéniles qui quittent les frayères ou comme poissons à d'autres stades. Ils se déplacent de manière active (changements saisonniers d'habitat) ou passive (dérive automnale des alevins de l'année)

Les migrations de remontée et de dévalaison sont démographiquement obligatoires et vitales pour les espèces amphihalines anadromes (type saumon) et catadromes (type anguille)

Migrateurs qui dévalent obligatoirement vers la mer

1



2



3



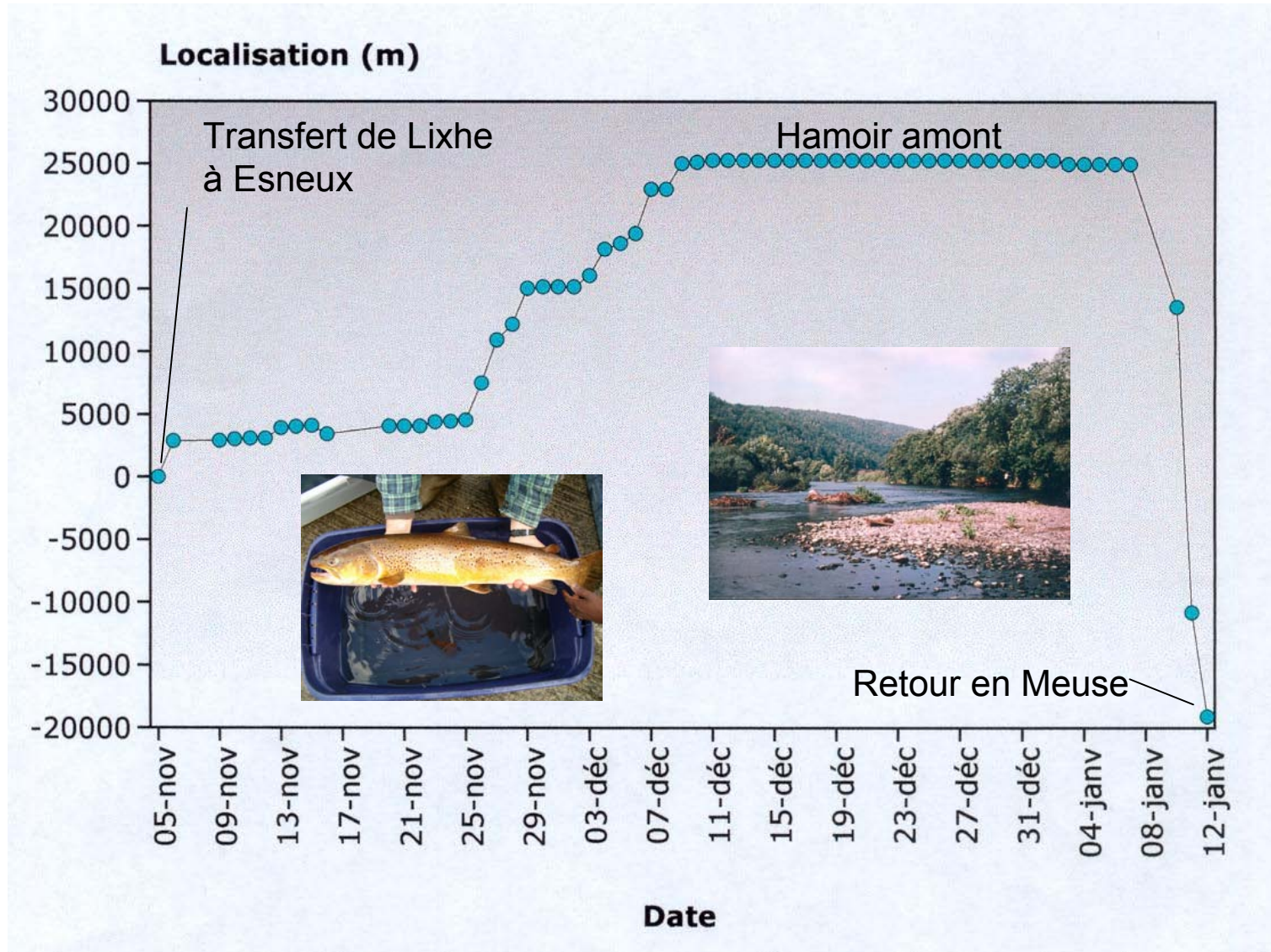
1. Anguille argentée adulte
2. Saumoneau - smolt
3. Truite de mer TM - smolt
4. Saumon ou TM adulte après la reproduction



4

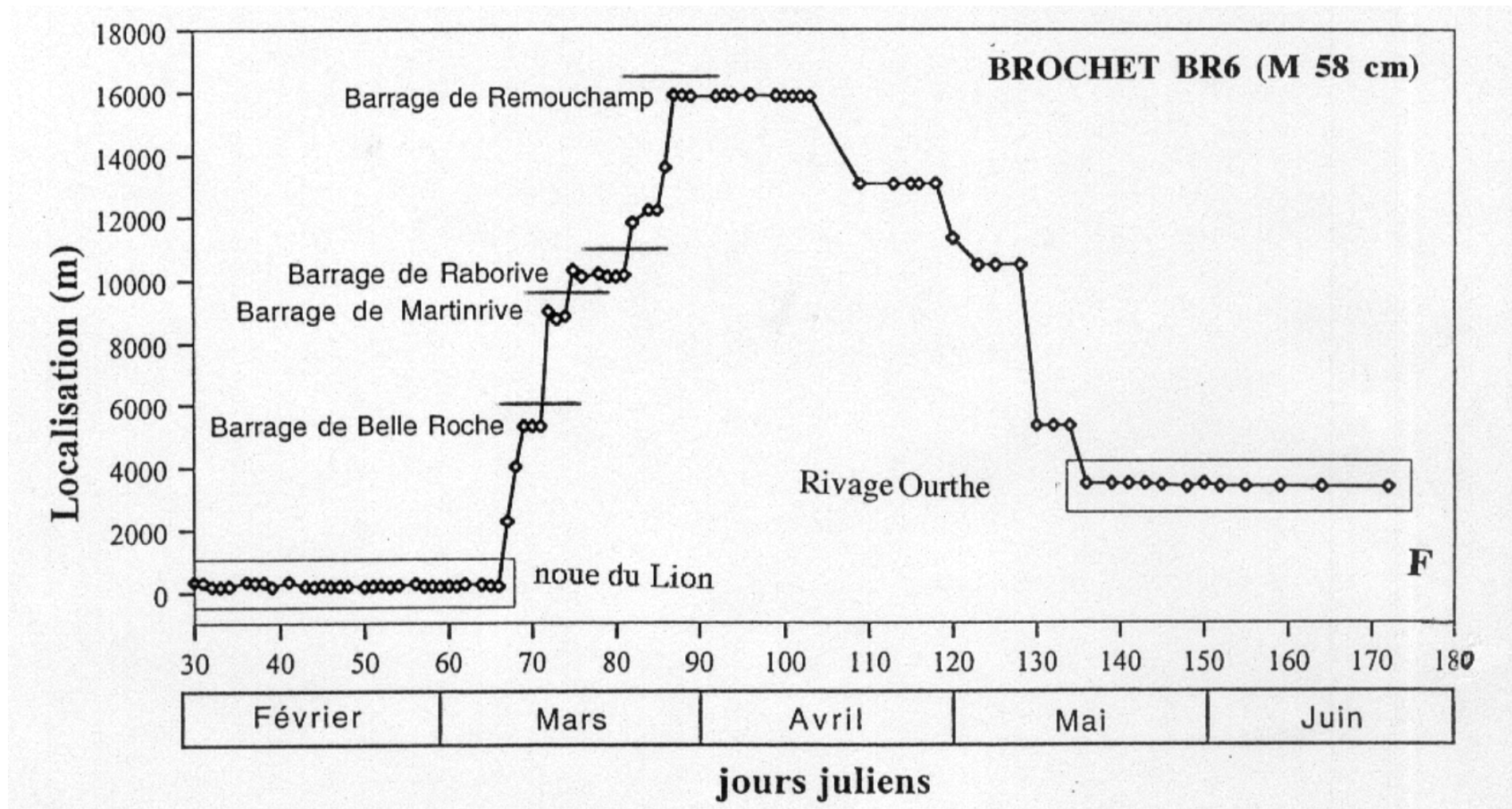
Exemple d'une migration de reproduction d'une grande truite radio-pistée dans l'Ourthe

La remontée est suivie d'une dévalaison



Radio-pistage de la migration de reproduction d'un brochet dans l'axe Ourthe-Amblève en début 2001

La remontée est suivie d'une dévalaison



1. PRISES D'EAU DE REFROIDISSEMENT

Cas de la centrale électronucléaire de Tihange sur la Meuse



3 unités totalisant 2 937 MW

Pompage d'un débit d'une cinquantaine de m³/s

Module Meuse : 220 m³/s

Prise d'eau de refroidissement de Tihange



Fond du canal de prise d'eau



Remontée du dégrilleur



Tambour filtrant



Entraînement des poissons dans la prise d'eau de Tihange (voir recherche doctorale ULG D. Sonny, 2006,2009)

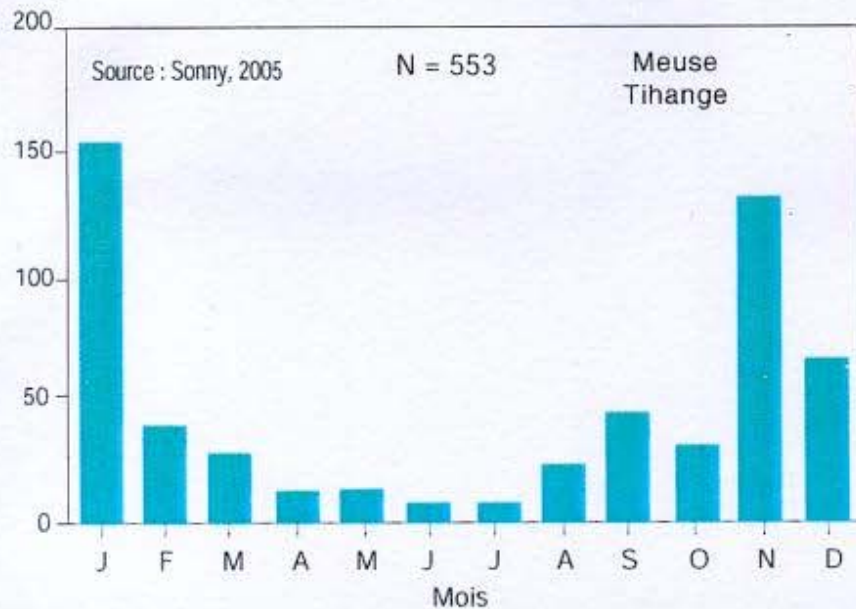
En 2000-2001 : 1.670 millions m³ pompés
3.020.000 poissons entraînés
dont 3.000.000 de 8,5 g sur les filtres
20.000 de 91 g sur les grilles

soit environ 1,8 poissons et 15,4 g par 1000 m³ pompés

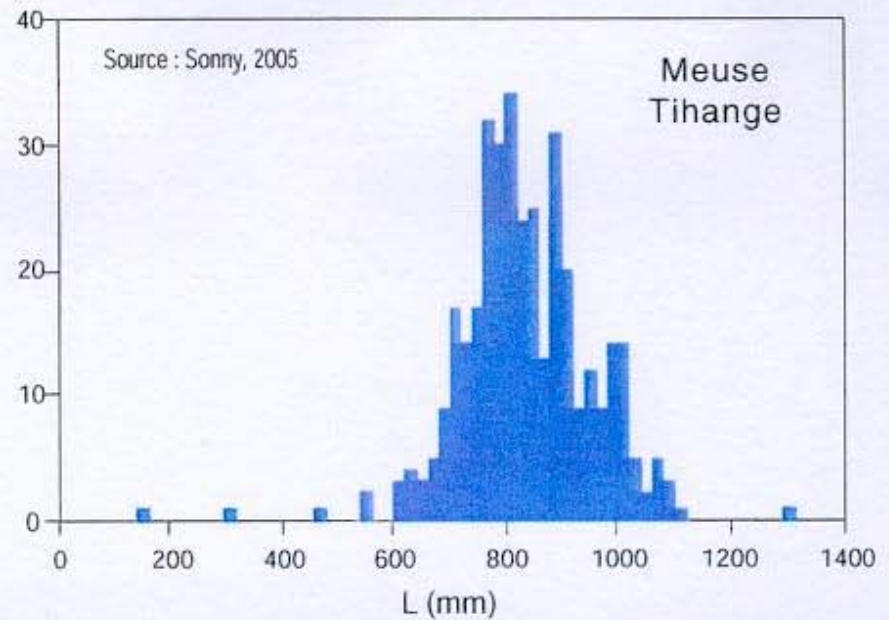
Idem en 2001-2002 mais diminution d'environ 50 %
en 2002-2003 et 2003-2004

Estimation moyenne annuelle sur 4 années :
environ 1 poisson et 8 g par 1000 m³ pompés
soit 15-20 t et 1,5-2,0 millions d'individus

N anguilles



N anguilles



Les anguilles argentées à Tihange

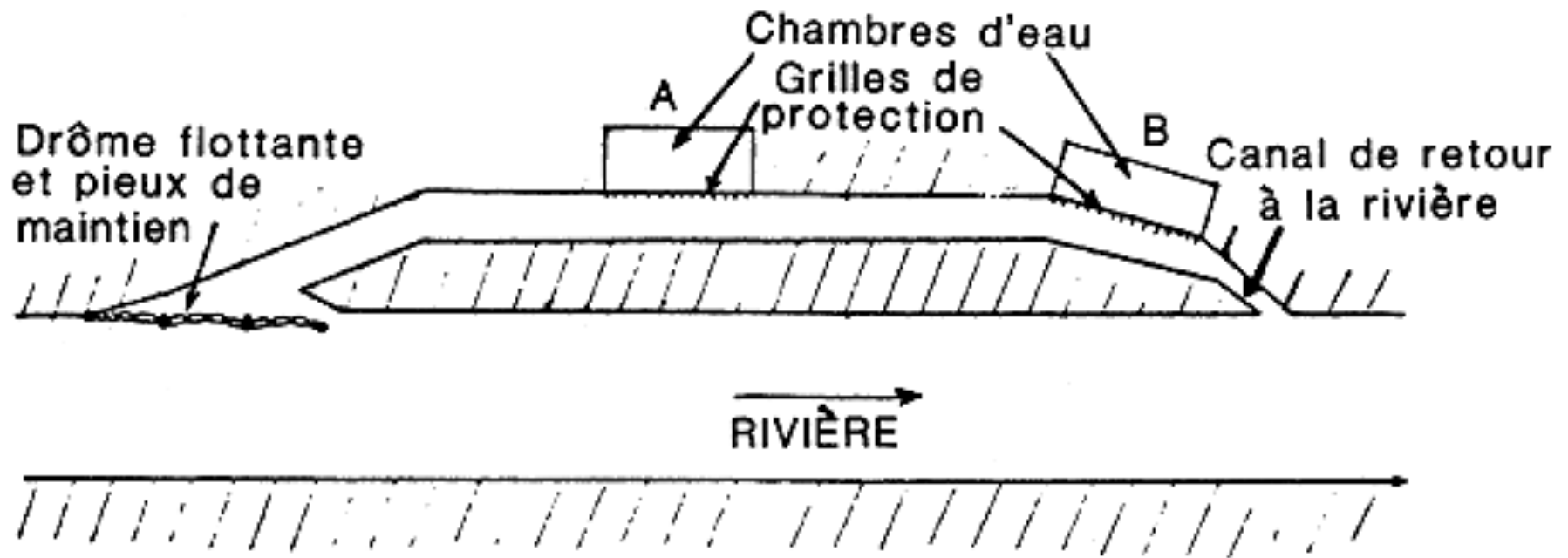
Par année, en moyenne:

env. 1 500 dévalants en Meuse

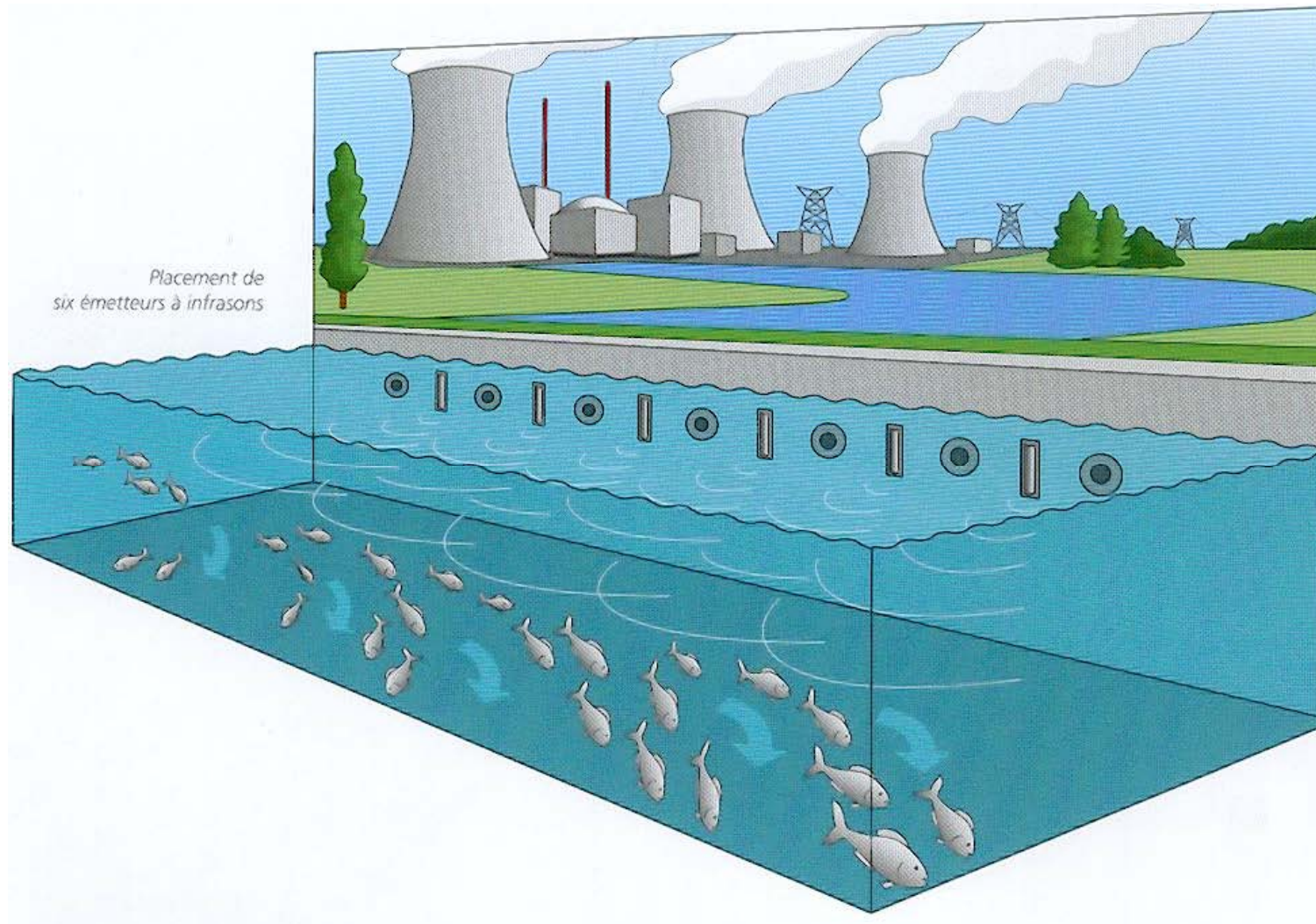
env. 300 morts sur les prises d'eau

Mesures nécessaires

Modèle de prise d'eau de refroidissement avec canal de retour à la rivière

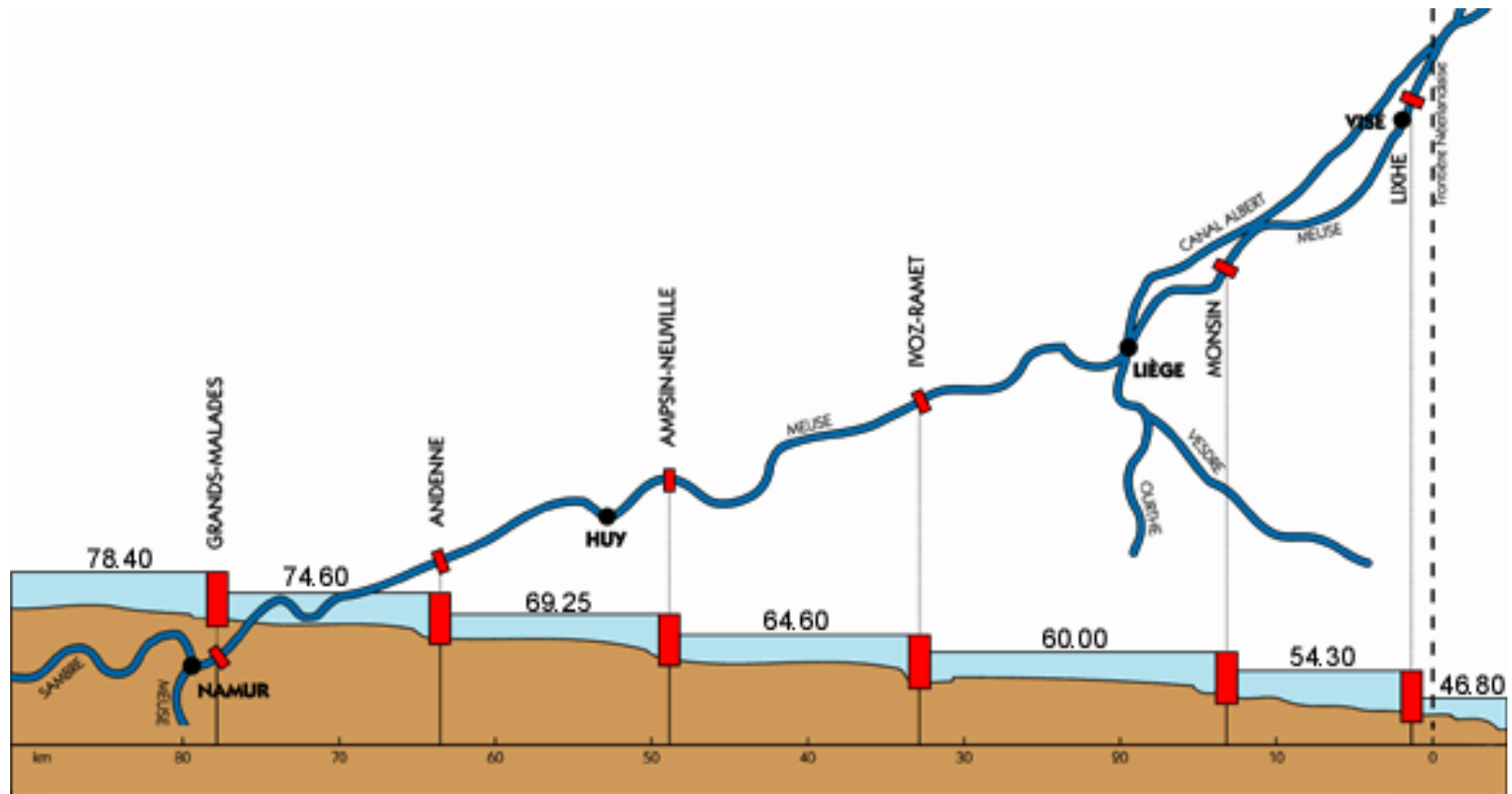


Répulsion des poissons à l'entrée de la prise d'eau de Tihange
au moyen d'émetteurs d'infrasons (Profish Technology)
depuis 2008 (suite au renouvellement du permis)
Evaluation de l'efficacité du système en cours depuis 2009

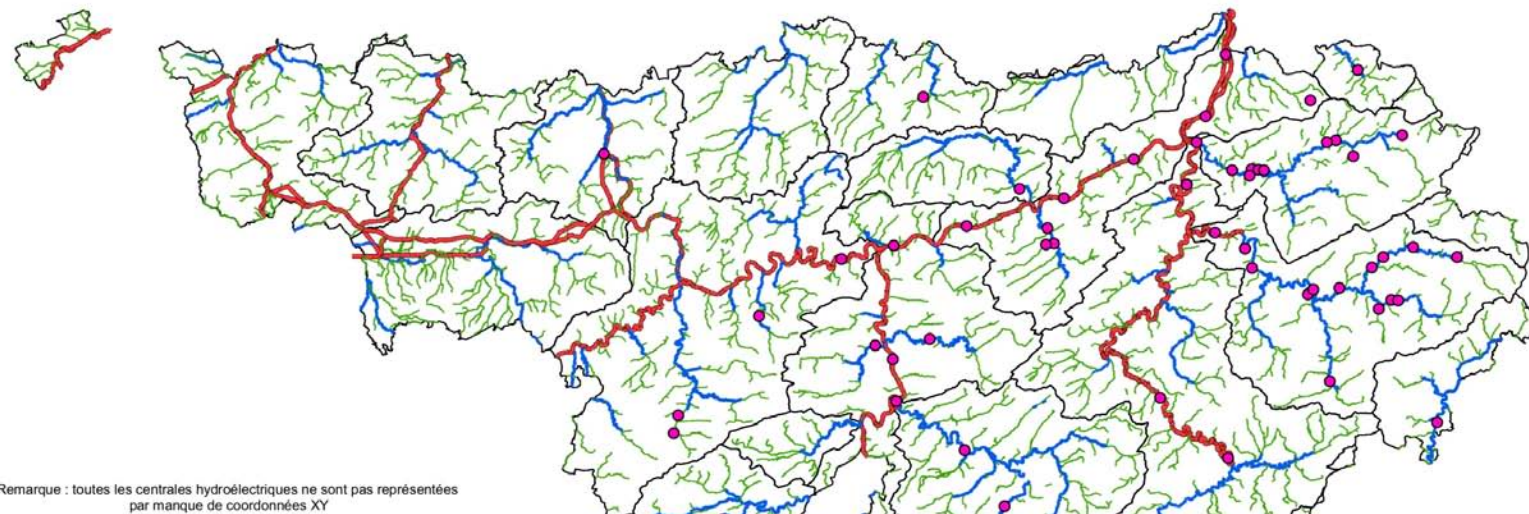


2. GRANDES CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES AU FIL DE L'EAU SUR LA MEUSE

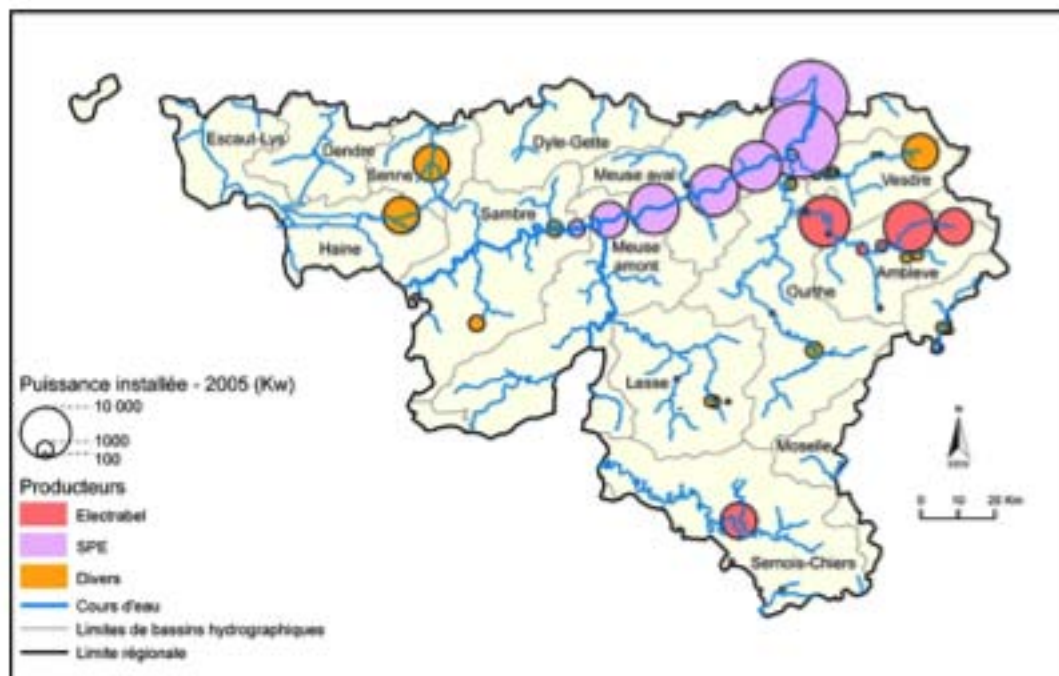
6 centrales entre Namur Grands Malades et Lixhe



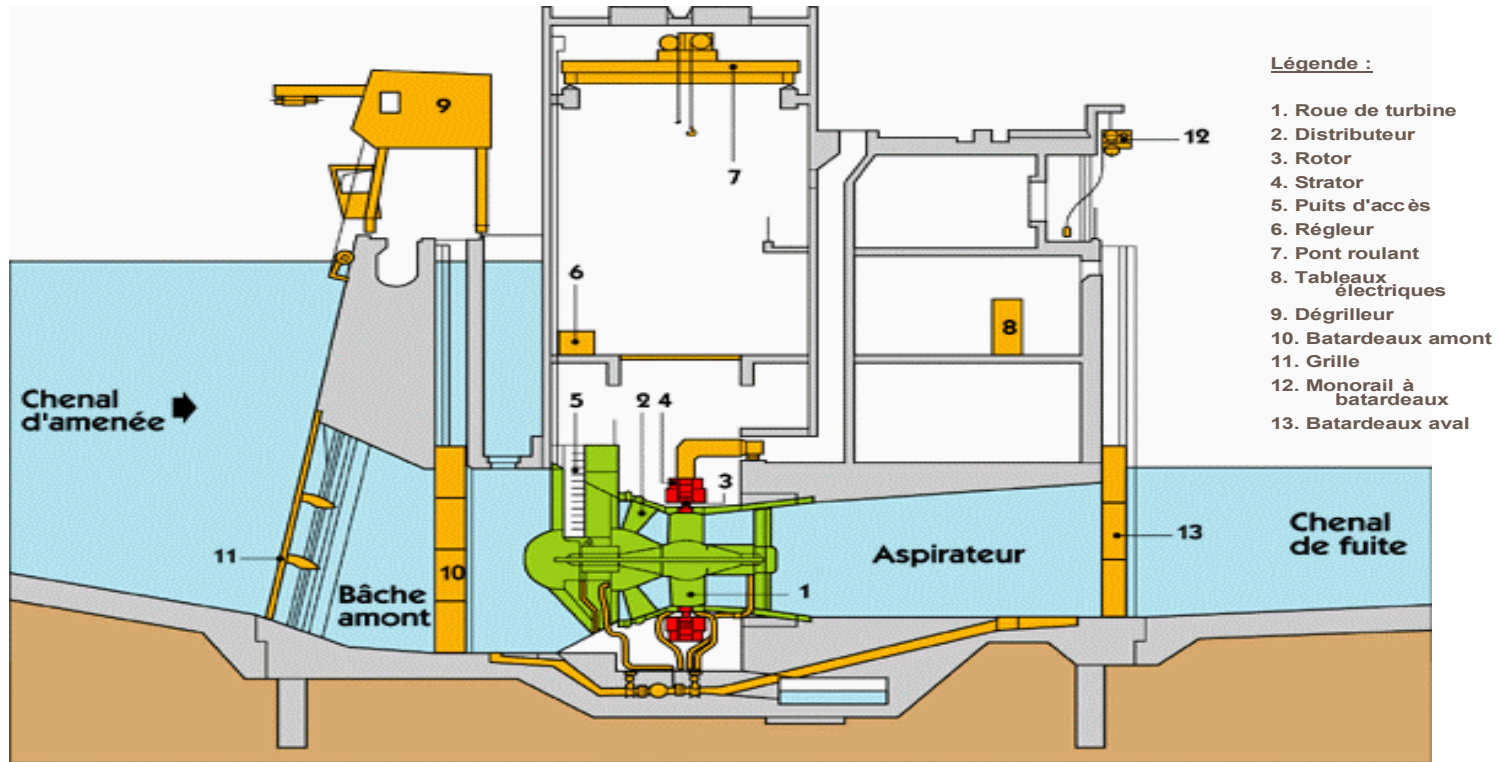
Inventaire des Centrales Hydroélectriques - version provisoire de travail -



Remarque : toutes les centrales hydroélectriques ne sont pas représentées par manque de coordonnées XY



Exemple d'une grande centrale hydro (>100 m³/s) sur la Meuse



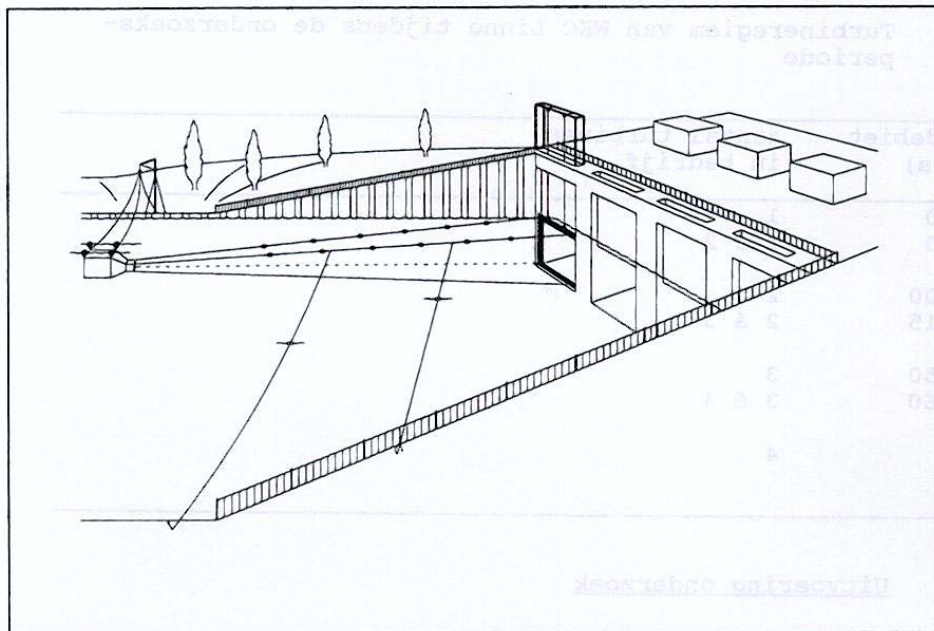
Mortalité des anguilles dévalantes sur une grille

Downstream migration / fish protection: damaged eels at a grid



Source:
Karl Ebel





Entraînement des poissons dans les turbines Kaplan de la CHE de Linne - 450 m³/s (Meuse P-B)

Estimation (récolte au filet) du flux des dévalants dans les turbines en 1990-91(7 mois):

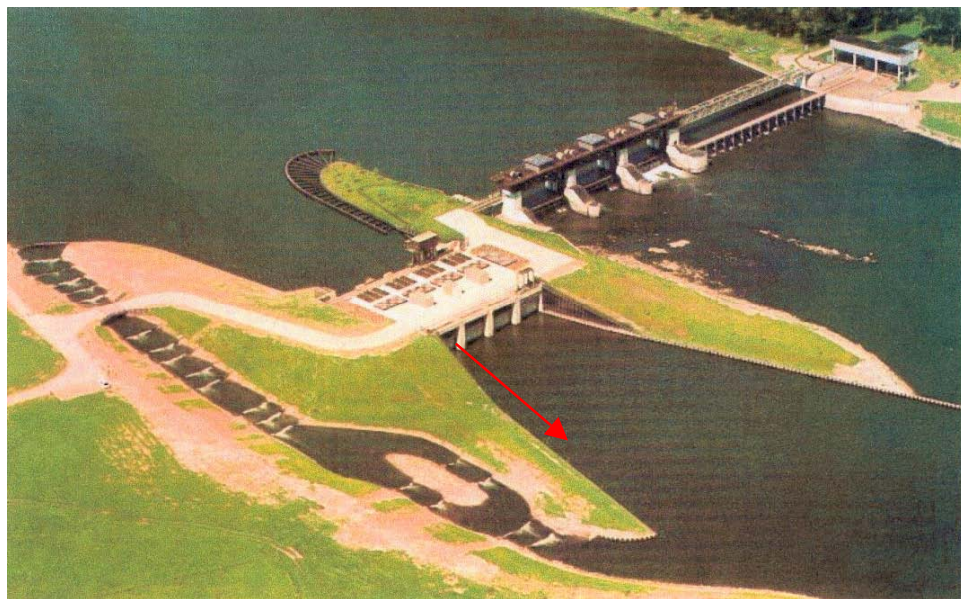
406. 000 poissons - 40 t

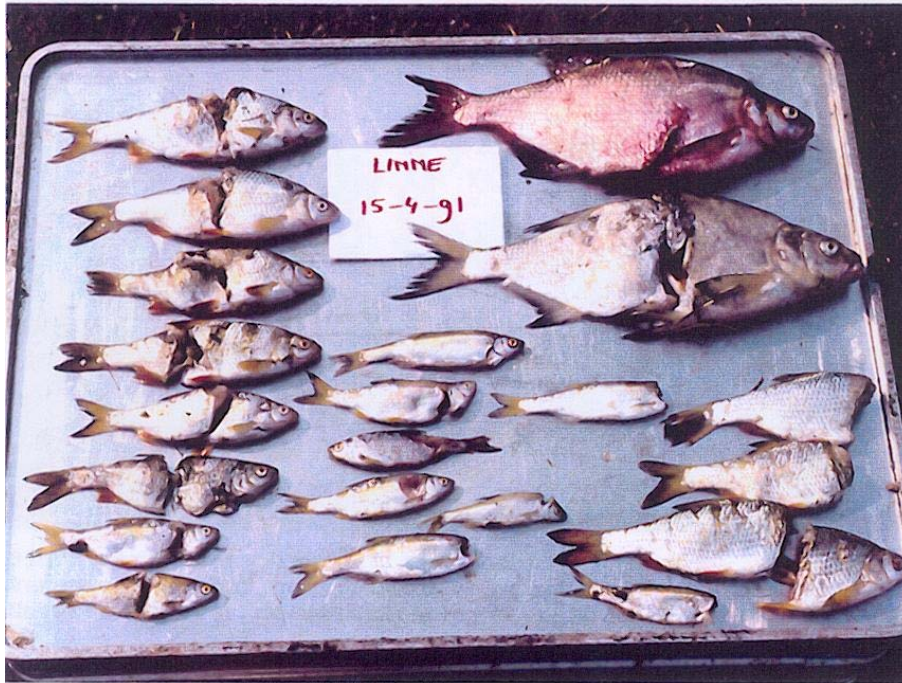
dont

28.000 anguilles - 5, 8 t

8 500 ang. argentées - 3,6 t

Source : Hadderingh & Bakker, 1998

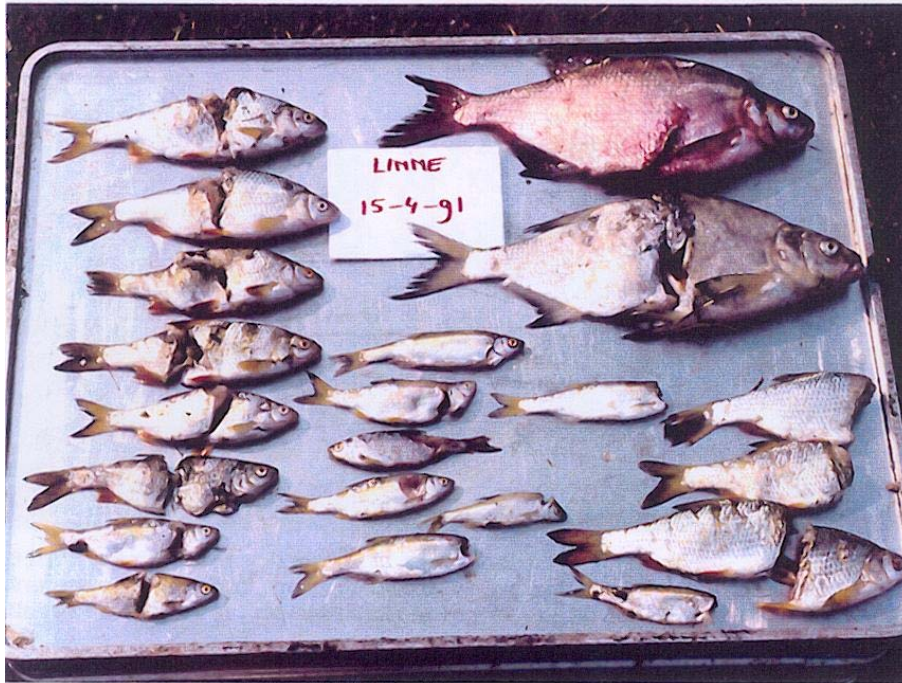




Mortalité après passage dans les grandes turbines Kaplan comme à Linne ou Lixhe

Smolts < 20 cm	7 %
Anguilles argentées 50-90 cm	21%
Autres, surtout < 15 cm	5 %



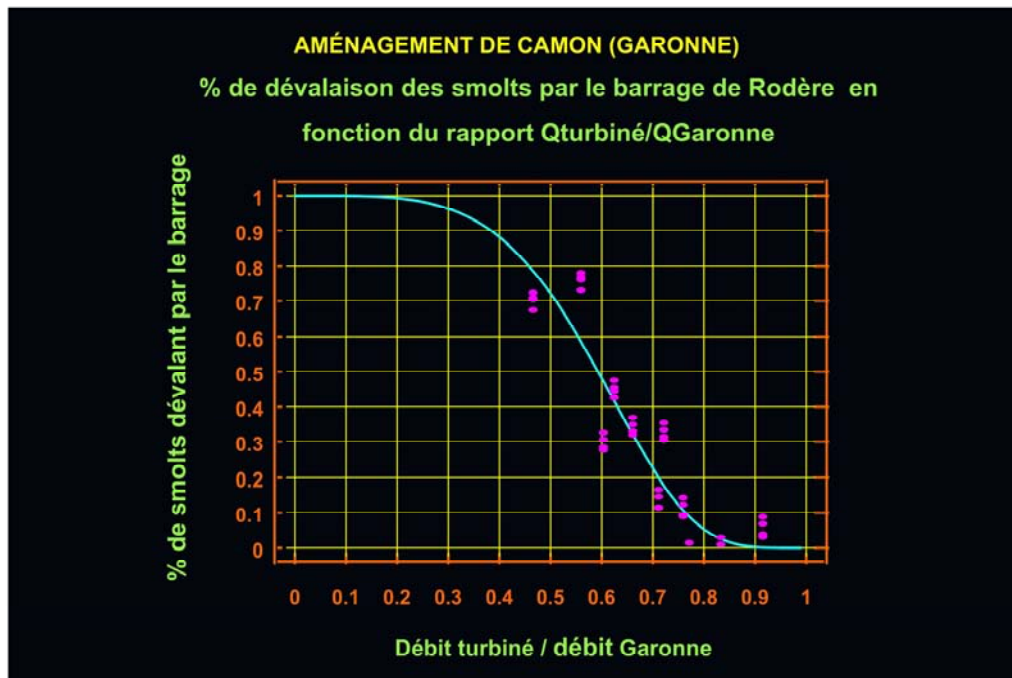


Mortalité après passage dans les grandes turbines Kaplan comme à Linne ou Lixhe

Smolts < 20 cm	7 %
Anguilles argentées 50-90 cm	21%
Autres, surtout < 15 cm	5 %



La fraction (E) d'une population dévalante de smolts qui échappe au passage forcé dans les turbines dépend du débit turbiné (T) par rapport au débit total du cours d'eau (R) (modèle Garonne; source: M. Larinier)



$E > 90 \%$ si $T/R < 0,40$

$E = 50 \%$ si $T/R = 0,60$

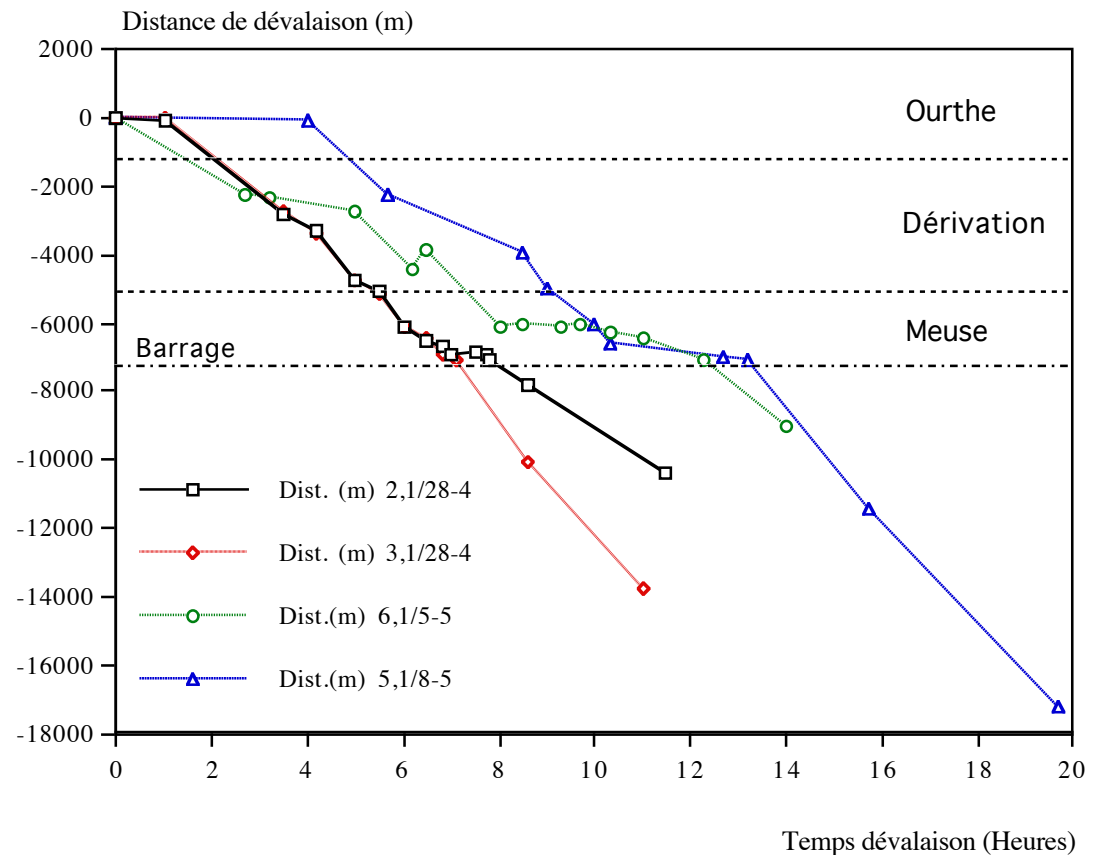
$E < 10 \%$ si $T/R > 0,75$

Dans la Meuse à Lixhe et Monsin : T/R proche de 1 en avril-mai et tous les dévalants sont turbinés

Débit réservé s'impose



Facilitation de la dévalaison des smolts au barrage hydroélectrique de Monsin par surverse d'un débit réservé de 30-60 m³/s expérimental.
Suivi par radio-téléométrie (programme ULg Saumon Meuse)



Passage de dévalaison expérimentale pour les smolts en avril-mai à la centrale hydro-électrique de Lixhe sur la Meuse

Débit de 0,8 m³/s (1 % du débit turbiné) et passage de 2 % des smolts dévalants : totalement insuffisant

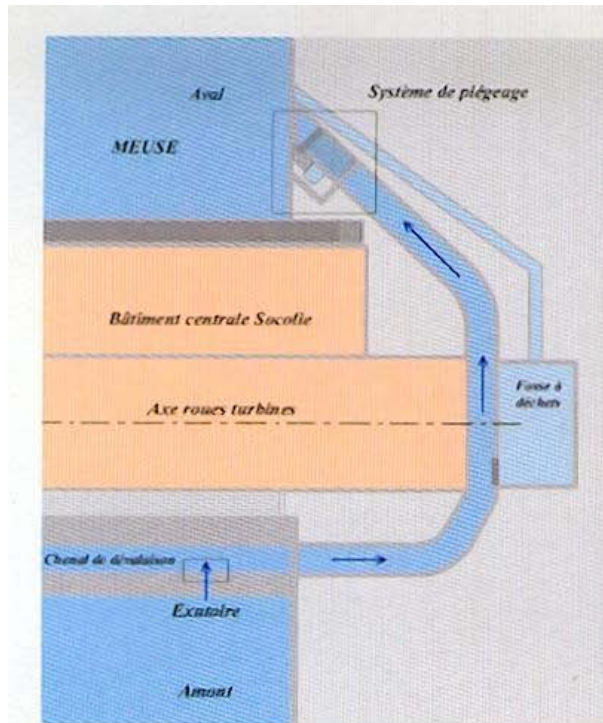
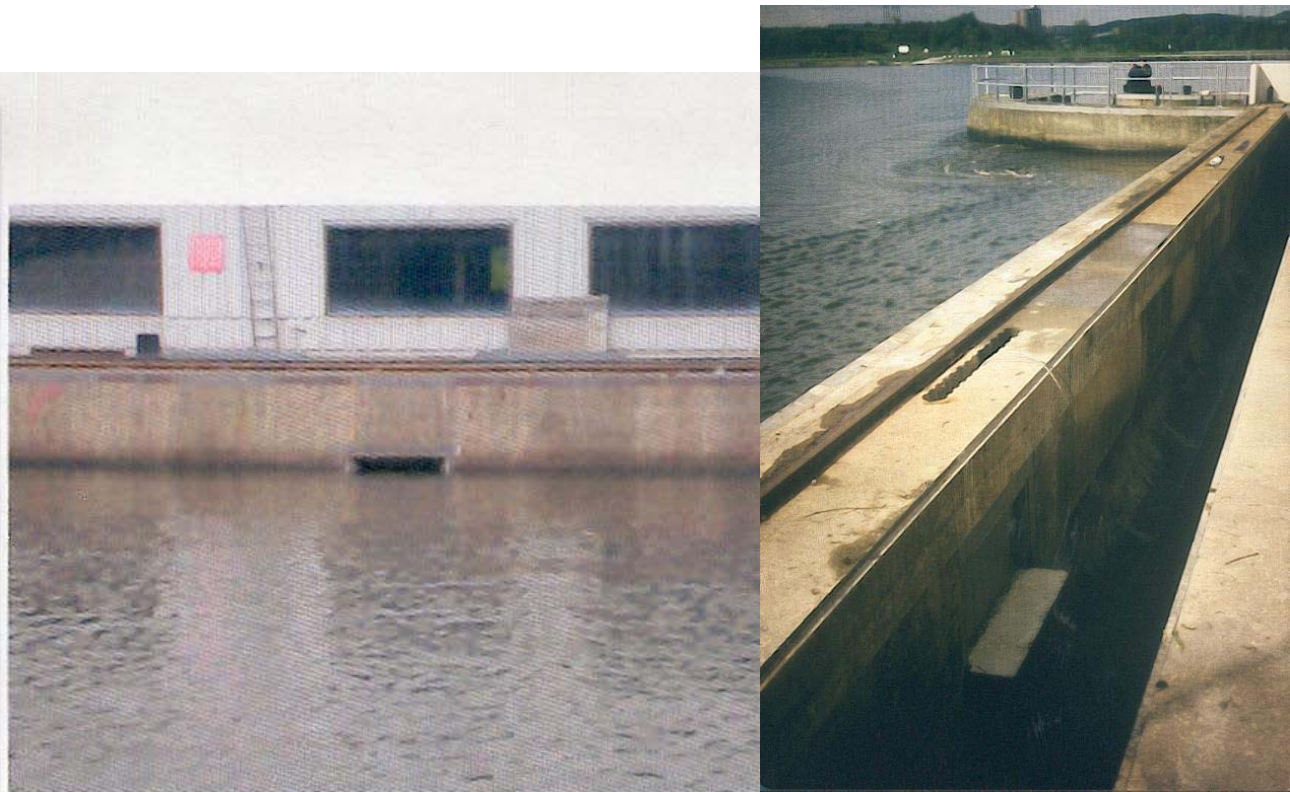
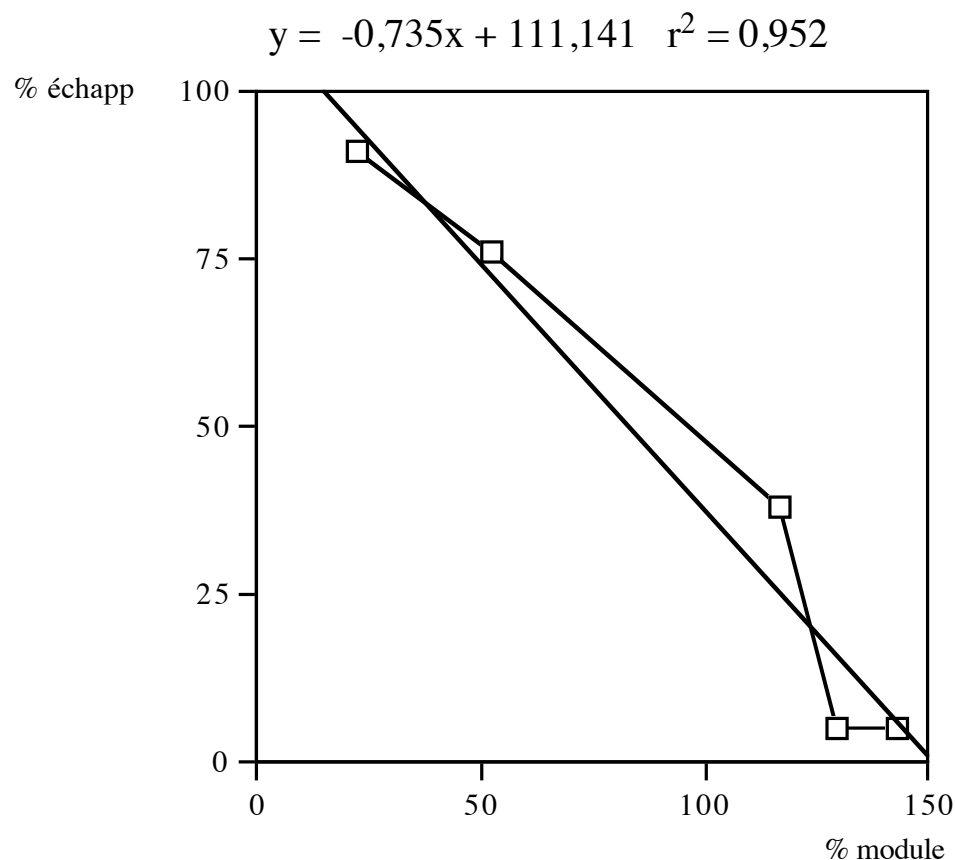


Schéma du système de dévalaison au barrage de Lixhe



Vue amont de l'exutoire à Lixhe

Le pourcentage d'anguilles argentées qui échappent à l'entraînement forcé dans les turbines dépend du débit d'équipement du site exprimé en % du module du cours d'eau (modèle Gave de Pau)



	m3/s	% mod	% échap
Grands Malades	171	78	54
Andenne	210	95	42
Ampsin	270	123	15
Yvoz	285	130	16
Monsin	450	187	0
Lixhe	340	142	7

= massacre potentiel des anguilles en Meuse liégeoise

Fraction des dévalants perdus par passage d'un complexe de barrage + centrale hydroélectrique comme sur la Meuse à Lixhe

Smolts de saumon et truite de mer	:	7 %
Anguilles argentées de 50-90 cm	:	14 %
Autres espèces (surtout < 15 cm)	:	3 %

Evaluer l'importance démographique de telles mortalités additionnelles des poissons migrateurs de la Meuse en tenant compte de la cascade des CHE (6 en Meuse liégeoise) et des ouvrages en amont et sur les affluents (France et Belgique) et en aval (Pays-Bas)

2. Lors de la définition de ces bassins hydrographiques, les États membres prennent en compte, dans toute la mesure du possible, les mesures administratives visées à l'article 3 de la directive 2000/60/CE.

3. Les États membres élaborent un plan de gestion de l'anguille pour chaque bassin hydrographique tel que défini au paragraphe 1.

4. L'objectif de chaque plan de gestion est de réduire la mortalité anthropique afin d'assurer avec une grande probabilité un taux d'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse d'anguilles argentées correspondant à la meilleure estimation possible du taux d'échappement qui aurait été observé si le stock n'avait subi aucune influence anthropique. Le plan de gestion des anguilles est établi dans le but de réaliser cet objectif à long terme.

5. L'objectif visé en matière de taux d'échappement est déterminé de l'une des trois manières suivantes, les données disponibles pour chaque bassin hydrographique de l'anguille étant prises en compte:

a) utilisation des données recueillies dans la période la plus appropriée précédant 1980, à condition que leur nombre et leur qualité soient suffisants;

b) estimation, à partir de l'habitat, du potentiel de production, en l'absence de facteurs de mortalité anthropique; ou

c) en fonction de l'écologie et de l'hydrographie de bassins de même type.

6. Chaque plan de gestion de l'anguille présente une description et une analyse de la situation actuelle de la population d'anguilles dans le bassin hydrographique concerné, qu'il relie à l'objectif visé en matière d'échappement au paragraphe 4.

7. Chaque plan de gestion de l'anguille comprend des mesures visant à atteindre, à suivre et à vérifier la réalisation de l'objectif fixé au paragraphe 4. Les États membres définissent les moyens à mettre en œuvre en fonction des conditions locales et régionales.

8. Le plan de gestion de l'anguille comprend, de manière non limitative, les mesures suivantes:

- la réduction de l'activité de pêche commerciale,
- la limitation de la pêche récréative,
- les mesures de repeuplement,
- les mesures structurelles visant à permettre le franchissement des rivières et à améliorer les habitats dans les cours d'eau, conjointement avec d'autres mesures de protection de l'environnement,
- le transport des anguilles argentées des eaux intérieures vers des eaux d'où elles puissent migrer librement vers la mer des Sargasses,
- la lutte contre les prédateurs,
- l'arrêt temporaire des turbines des centrales hydroélectriques,
- les mesures en faveur de l'aquaculture.

9. Chaque plan de gestion de l'anguille contient le calendrier prévu pour atteindre l'objectif en matière de taux d'échappement fixé au paragraphe 4, selon une approche progressive et en fonction du taux de recrutement envisagé, et comprend les mesures qui seront appliquées à partir de la première année de mise en œuvre du plan de gestion.

10. Dans son plan de gestion de l'anguille, chaque État membre met en œuvre le plus rapidement possible des mesures adéquates en vue de réduire la mortalité des anguilles résultant de facteurs extérieurs à l'activité de pêche, comme les turbines hydroélectriques, les pompes ou les prédateurs, sauf si de telles mesures ne sont pas nécessaires pour atteindre l'objectif du plan.

11. Chaque plan de gestion de l'anguille contient une description des mesures de contrôle et d'exécution qui seront applicables dans les eaux autres que les eaux communautaires conformément à l'article 10.

12. Un plan de gestion de l'anguille constitue un plan de gestion adopté au niveau national dans le cadre d'une mesure de conservation communautaire visée à l'article 24, paragraphe 1, point v), du règlement (CE) n° 1198/2006 du Conseil du 27 juillet 2006 relatif au Fonds européen pour la pêche (1).

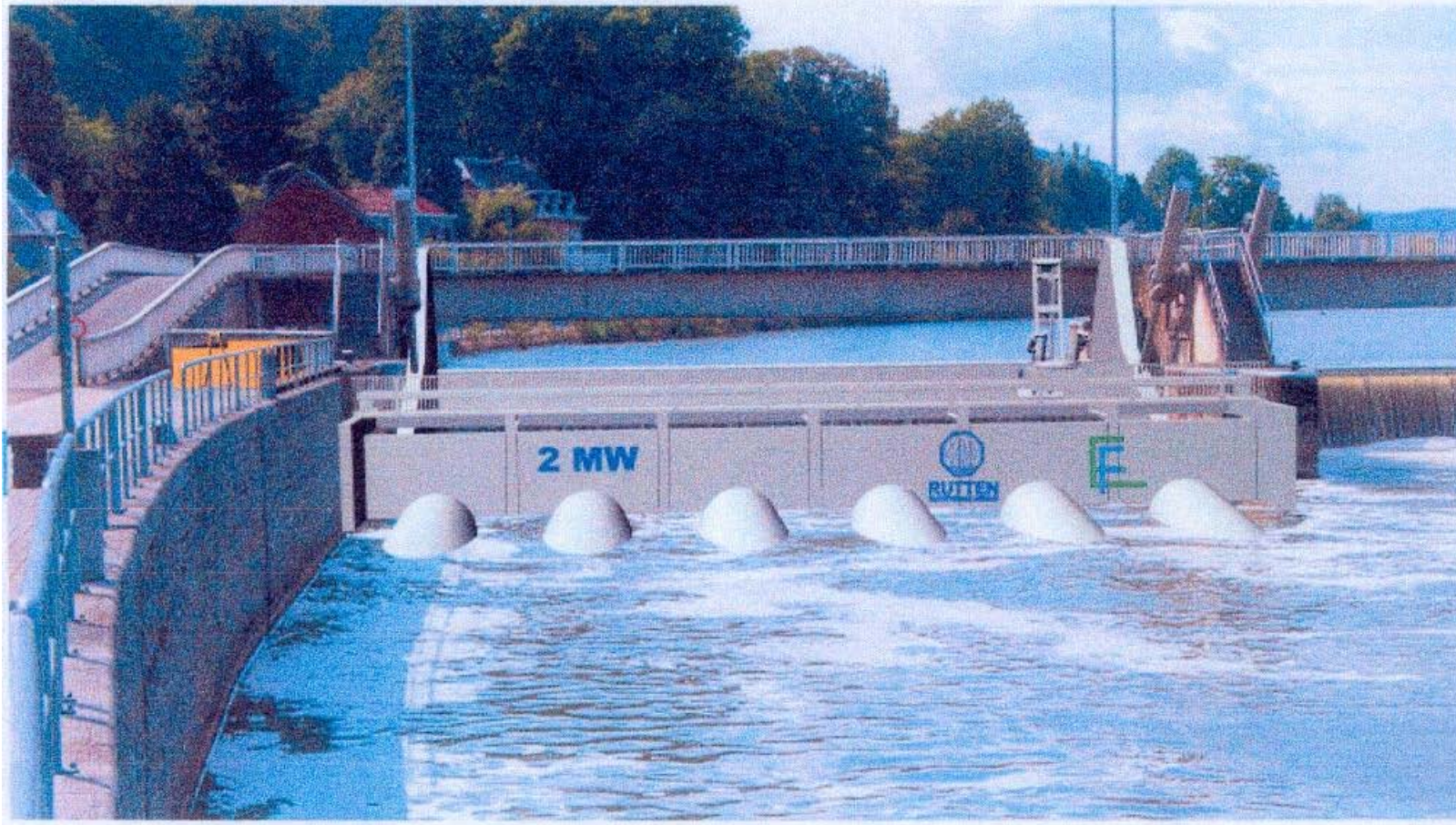
(1) JO L 223 du 15.8.2006, p. 1.

Règlement UE pour la protection de l'anguille de septembre 2007 + Plans de gestion nationaux 2008

Parmi les mesures préconisées :

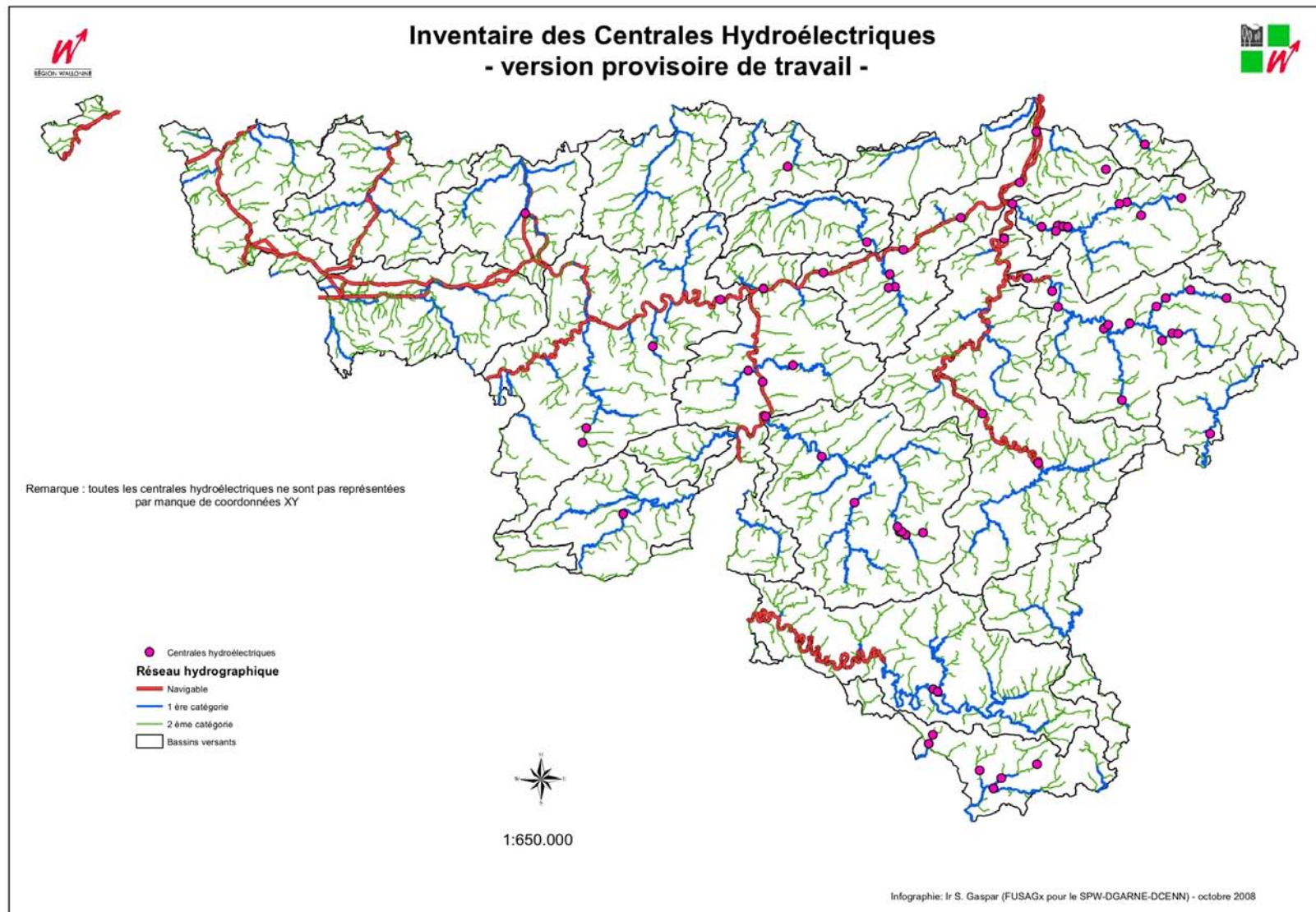
= l'arrêt temporaire des turbines des centrales hydro-électriques

Projet 2008 d'équipement hydroélectrique de 9 barrages mobiles sur la Haute Meuse. Opération pilote à Hun en 2009



Contrainte forte : mortalité globale pour les 9 barrages de maximum 20 % pour l'anguille et 10 % pour les autres espèces + débit réservé de 10 m³/s

3. CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES AU FIL DE L'EAU SUR LES AFFLUENTS DE LA MEUSE DONT L'OURTHER





Ourthe à Méry

Exemples de microcentrales
($<30 \text{ m}^3/\text{s}$) sur la basse Ourthe
et la basse Amblève navigables



Amblève à Raborive



Ourthe à Angleur



Turbines de micro-centrales:
Kaplan (hélice) et Francis
(en-dessous)

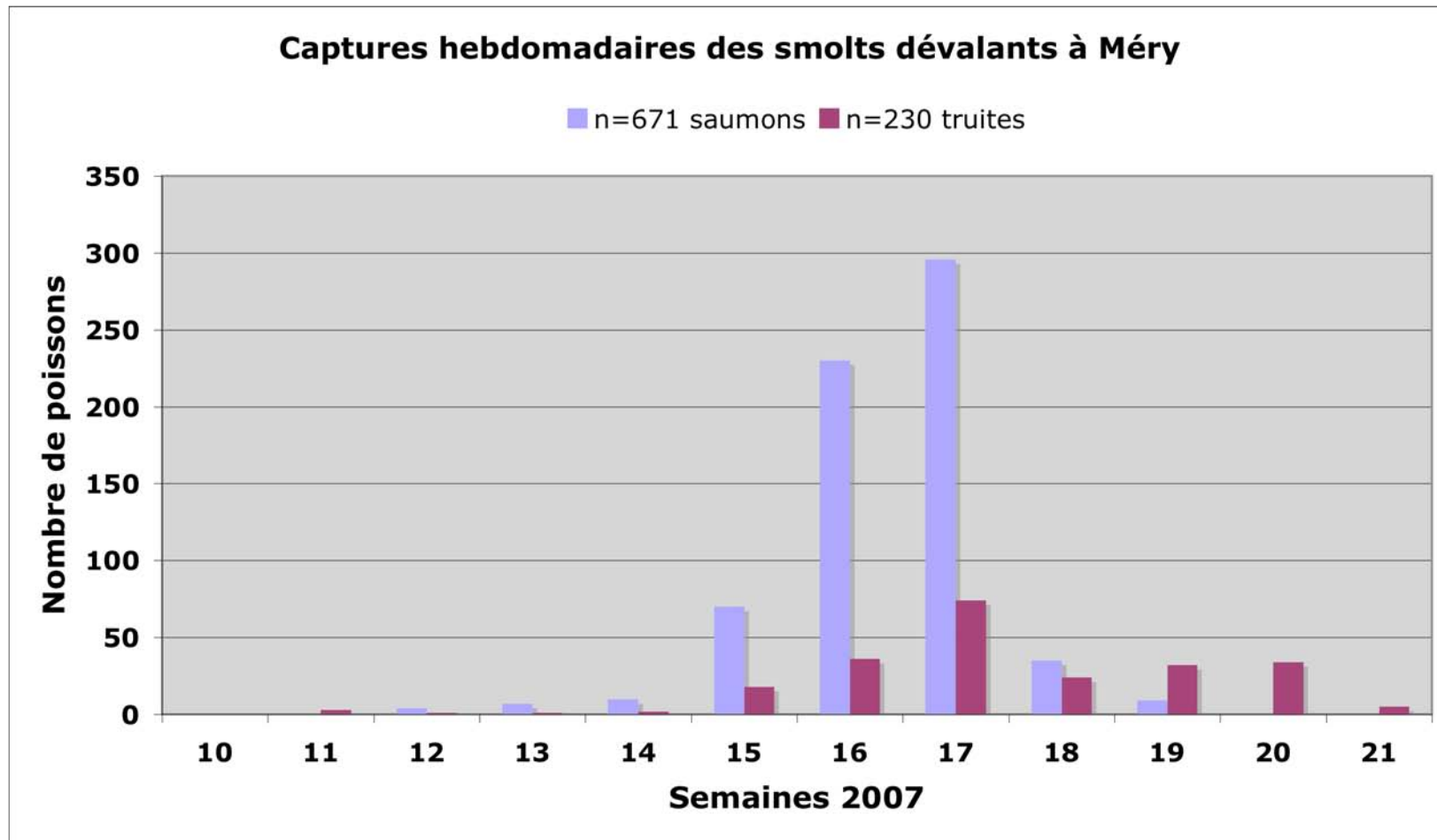
(source : N. Duchesne, exposé du 6/12/2007 à Aquapôle-ULg)



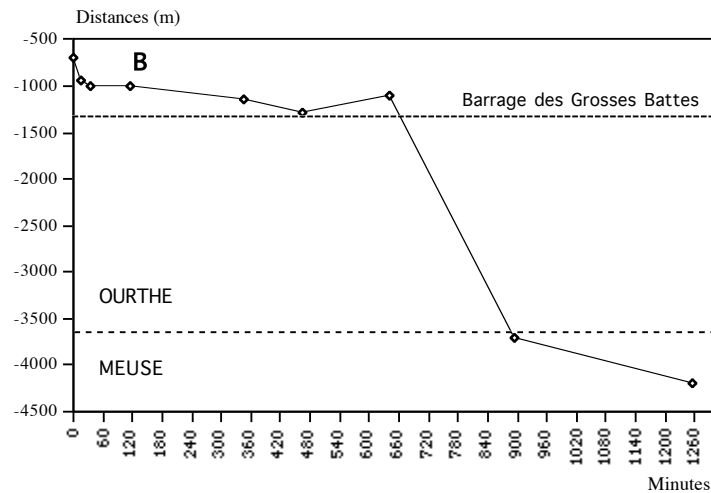
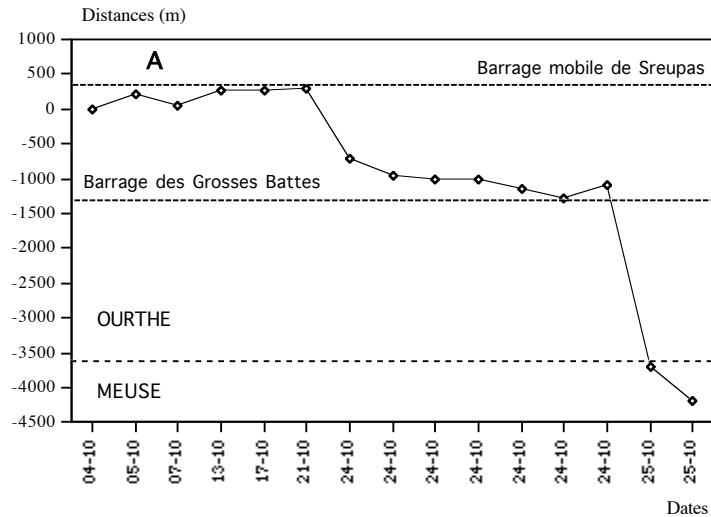
Inventaire des salmonidés dévalant dans un exutoire à la centrale Mérytherm (10 m³/s) à Méry sur l'Ourthe



Inventaire des salmonidés dévalant dans l'Ourthe à Méry



Dévalaison d'une anguille argentée radio-marquée au barrage des Grosses Battes à Angleur-Liège sur l'Ourthe, site d'implantation d'une CHE flottante (27,5 m³/s)

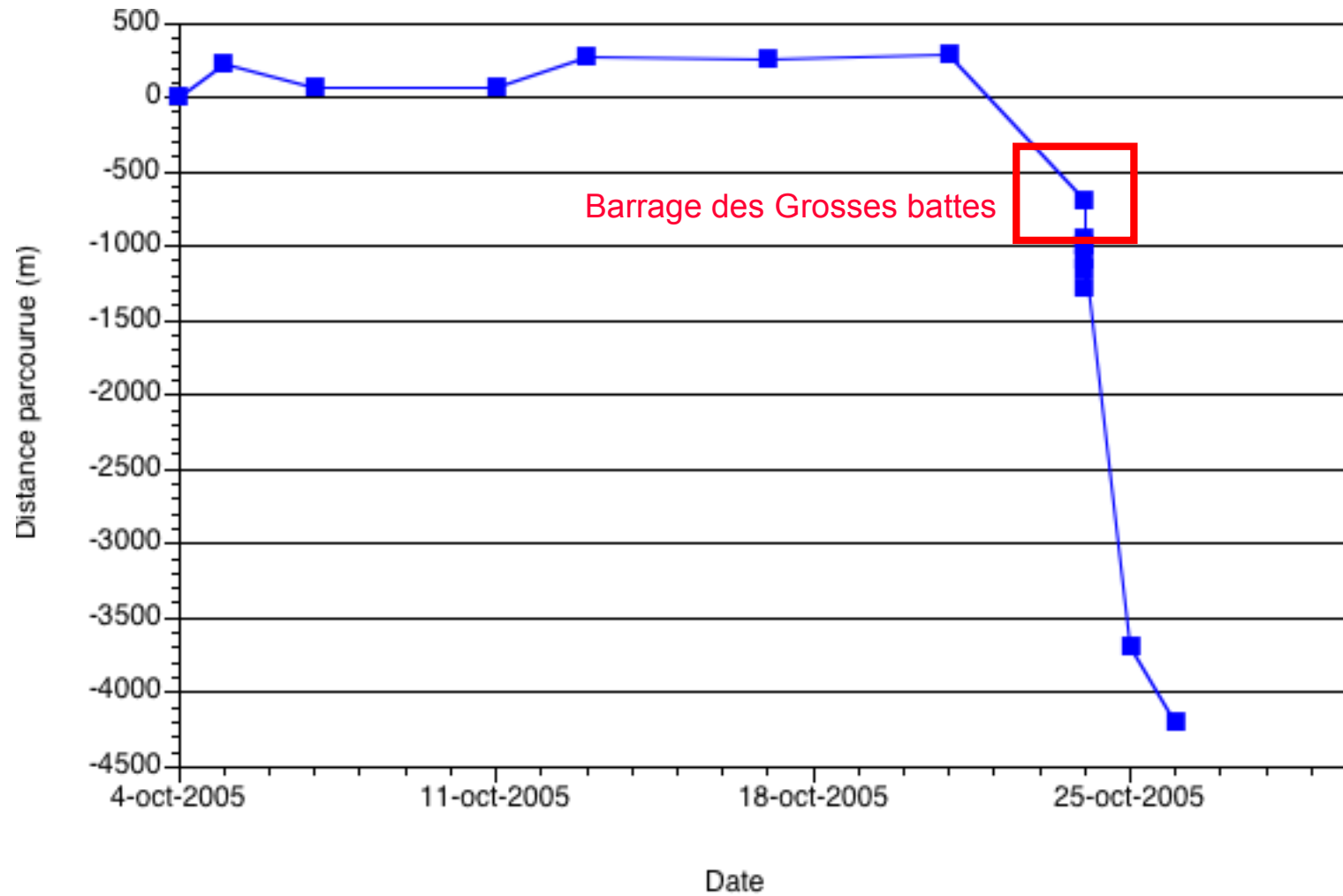


Graphique A: Suivi par radiopistage d'une anguille dévalante (fréq. 2/10) du 4 au 25 octobre

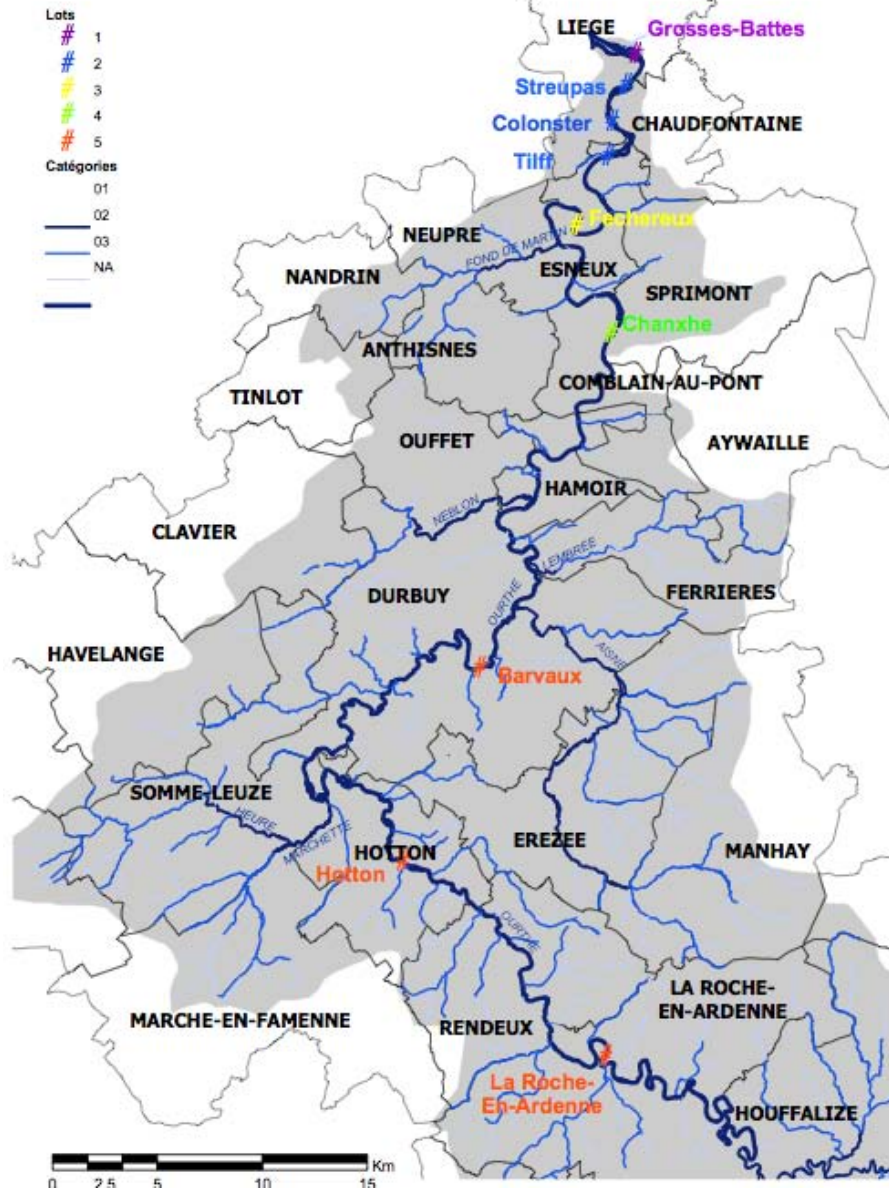
Graphique B: Suivi par radiopistage de la même anguille dévalante du 24 /10 à 11h05 (Ourthe au pont de chemin de fer) au 25/10 à 8h00 (Meuse-dérivation, pont des Vennes)



Smolt de saumon atlantique radio-marqué dévalant de l'Ourthe vers la Meuse via le barrage d'Angleur + CHE flottante



Annexe 1 : localisation des sites



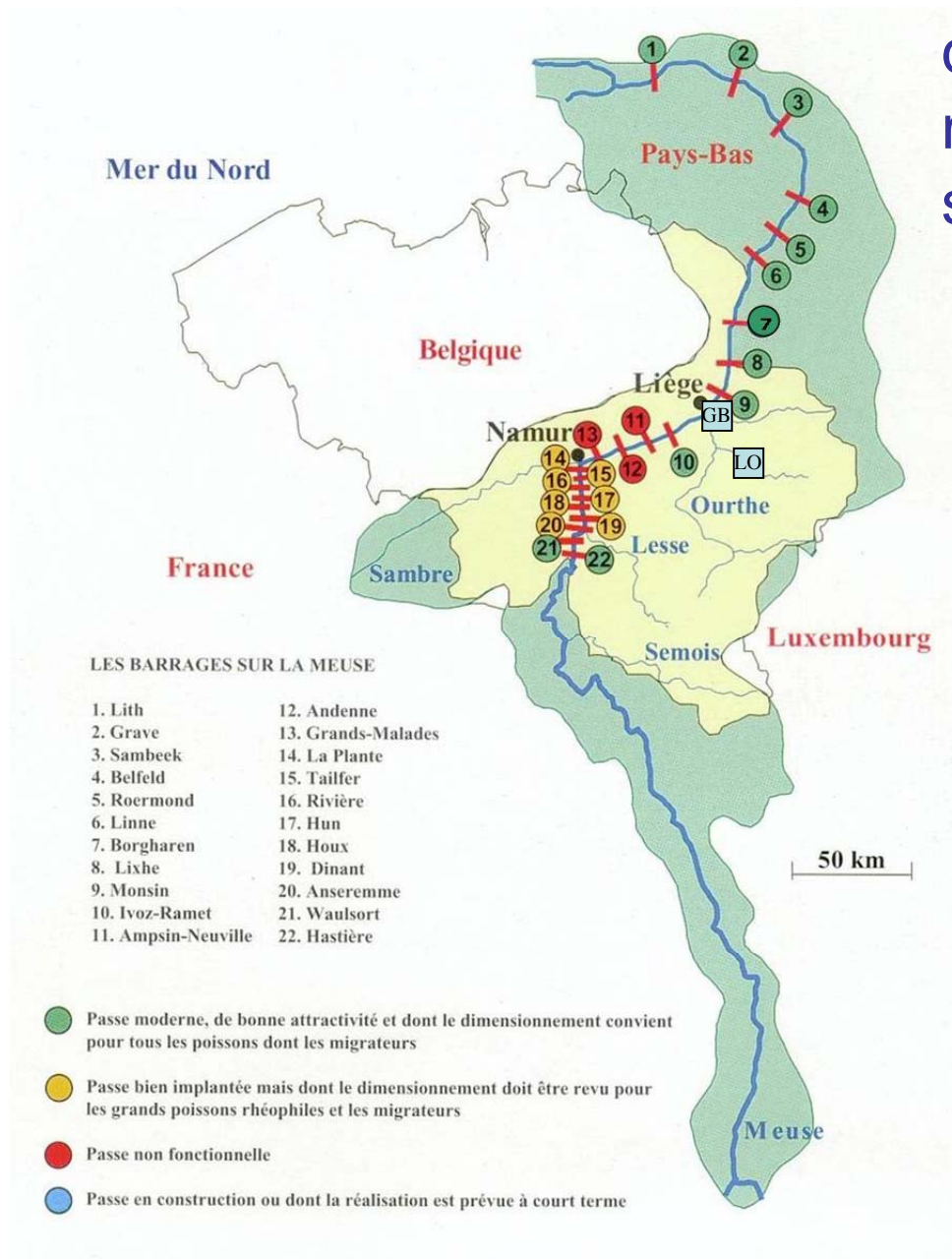
Projet 2008 d'équipement hydro-électrique de 9 barrages sur l'Ourthe

Contrainte forte :

Maximum 2 % de mortalité des dévalants à chaque barrage

Acceptable pour l'avenir des salmonidés et des anguilles si les contraintes sont respectées

Implications du rétablissement de la continuité écologique en remontée dans la Meuse et ses affluents

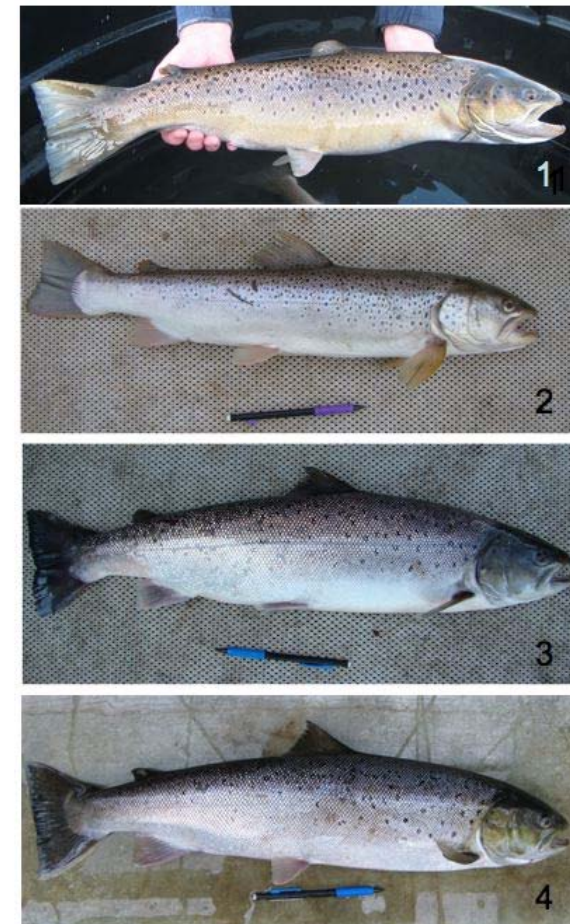


Les exigences de protection des poissons en dévalaison sont accrues en raison des efforts pour favoriser la remontée des espèces migratrices anadromes (saumon, truite de mer) et catadromes (anguille) et la libre circulation de toute les autres espèces

Salmonidés migrateurs interceptés en remontée dans la passe à poissons de Lixhe entre le 30/12/07 et le 10/11/08

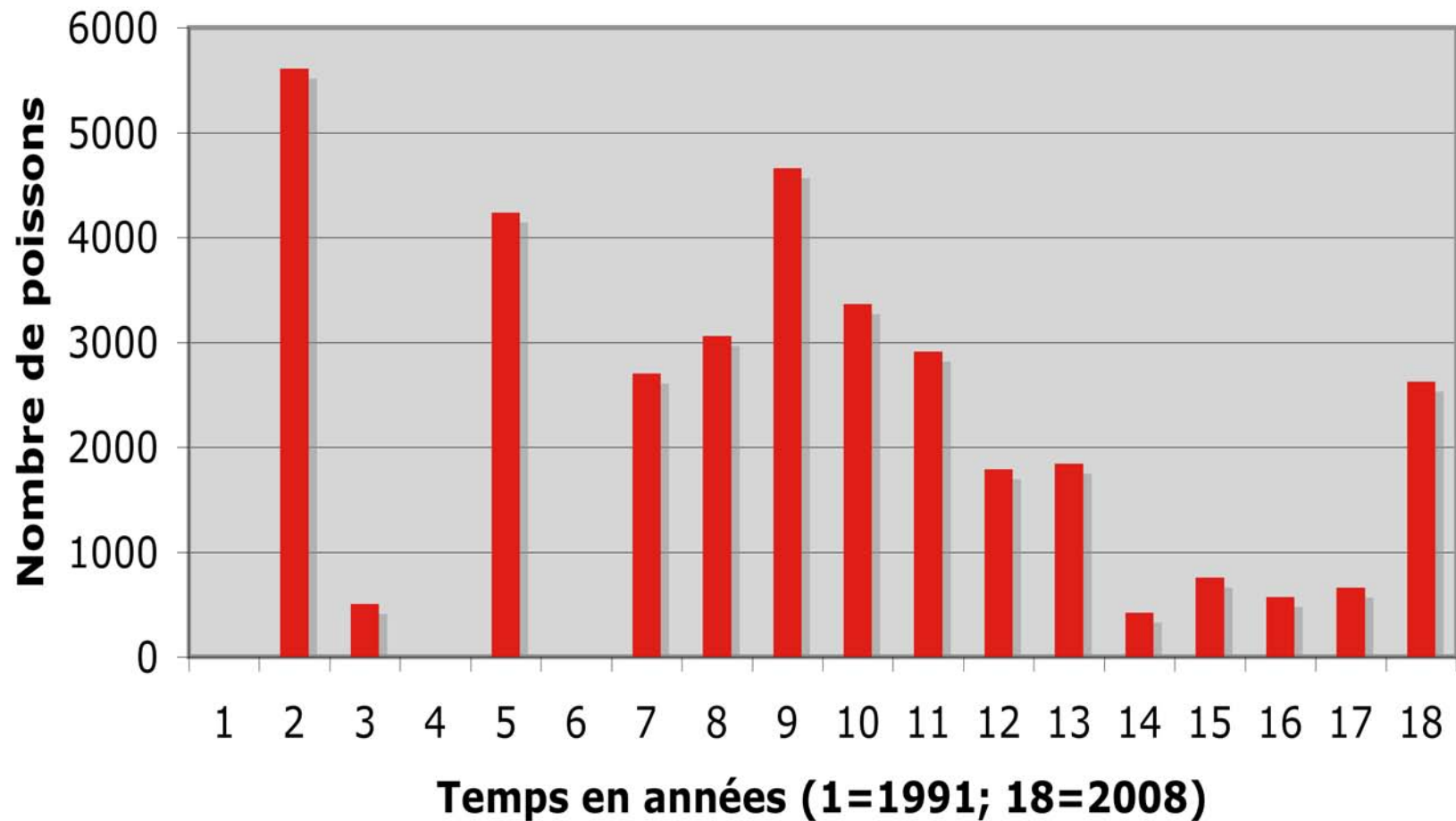
N = 6 saumons de 60,0 à 83,9 cm

N = 30 truites de 46,7 à 66,0 cm



Anguilles Petite échelle Meuse à Lixhe 1992-2008

■ N/année



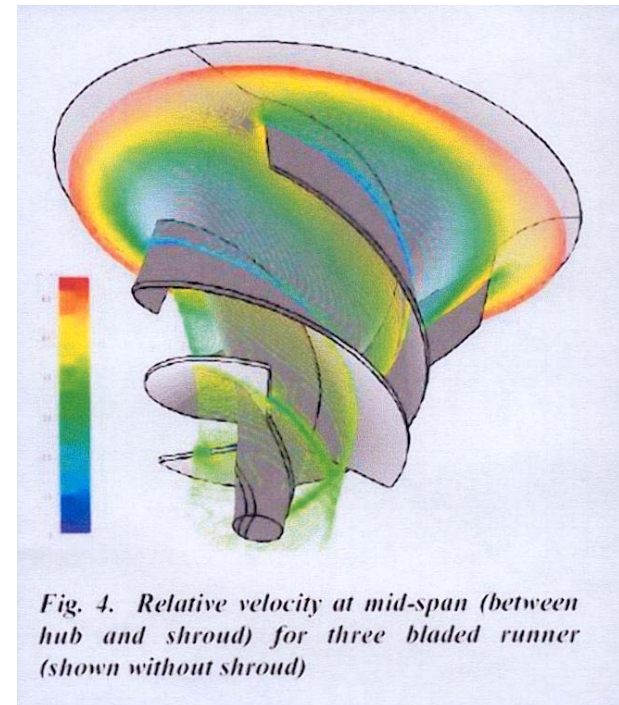
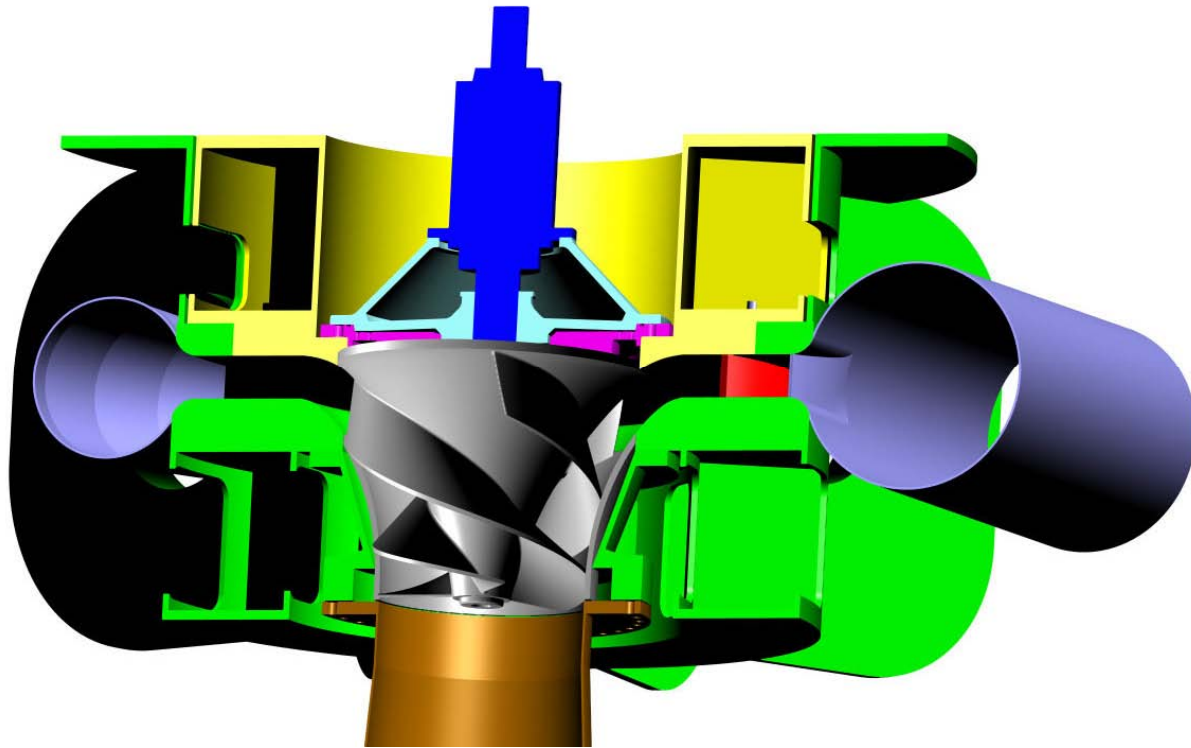
Mesures pour la protection des poissons dévalants

Grille fine (1- 2 cm) devant les turbines + exutoire(s)



Mesures pour la protection des poissons dévalants

Turbine 'fish friendly' hélicoïdale Alden,US



Mesures pour la protection des poissons dévalants

Amélioration des grandes turbines Kaplan pour les rendre « fish-friendly »



Kaplan améliorée Voith Siemens (2009)

Mesures pour la protection des poissons dévalants

Turbine de très basse chute (VLH) MJ2 Technologies
Pilote à Millau sur le Tarn. Possibilités jusqu'à 30 m³/s



Mesures pour la protection des poissons dévalants



Turbine 'ichtyocompatible'
en vis d'Archimède
(jusqu'à 10 m³/s)



4. DERIVATION D'EAU VERS DES CANAUX ET D'AUTRES BASSINS HYDROGRAPHIQUES.

Le canal Albert entre la Meuse et l'Escaut

Pour un débit Meuse à Liège < 200 m³/s: 80 % des
saumoneaux sont entraînés dans le canal Albert !

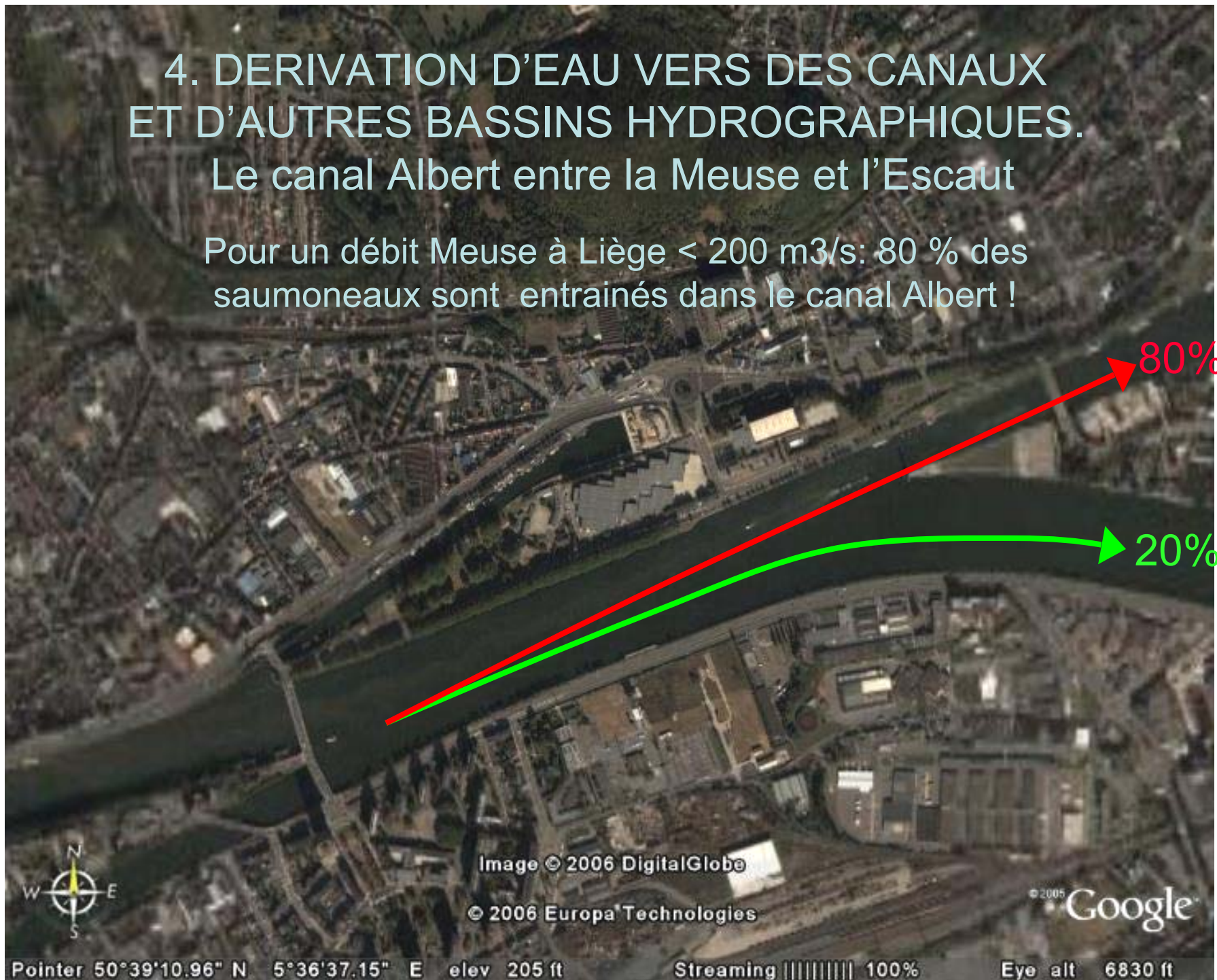


Image © 2006 DigitalGlobe

© 2006 Europa Technologies

© 2005 Google

Pointer 50°39'10.96" N 5°36'37.15" E elev 205 ft

Streaming ||||| 100%

Eye alt 6830 ft

Ecluse de Lanaye entre le canal Albert et la Meuse = possibilité de retour en Meuse de saumoneaux entraînés dans le canal Albert



5. FONCTIONNEMENT DE CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES PAR ECLUSEES

= altération des conditions d'habitat hydromorphologique dans le cours d'eau en aval, par exemple marnage



Echouage de poissons et exondation de pontes et de frayères en cours d'eau soumis à un régime d'éclusées (observations dans la Dordogne)



ponte de vandoise



ponte de perche



ponte de chabot



Frayère d'ombre



MERCI DE VOTRE ATTENTION



Hydroélectricité = torture animale !

(slogan de l'association allemande des pêcheurs sportifs)

Version de septembre 2009

Pour en savoir un peu plus

- Benelux, 1996. Décision du Comité des Ministres de l'Union Economique Benelux relative à la libre circulation des poissons dans les réseaux hydrographiques du Benelux M(96)5, 1996, 2p.
- Larinier, M. & Dartiguelongue, J. 1989. La circulation des poissons migrateurs : le transit à travers les turbines hydroélectriques. Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture **312-313** : numéro spécial
- Malbrouck, C., J.C. Micha et J.C. Philippart, 2007. La réintroduction du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse : synthèse et résultats. Ministère la Région wallonne, 25 pages (avril 2007).
<http://environnement.wallonie.be/publi/education/saumon2000.pdf>
- Philippart, J.C., 2008. Biodiversité et caractéristiques physiques des cours d'eau, pp. 17-26. In : Lambot F. et collaborateurs, La gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique. Actes du colloque de Namur, 10-12 octobre 2007. Direction des Cours d'Eau Non Navigables, DGRNE, Ministère de la Région wallonne, 250 pages.
- Philippart, J.C. , 2007. L'avenir démographique de l'anguille eurpéenne (*Anguilla anguilla*) dans la Meuse. Déclin inexorable ou sauvetage in extremis ? Communication orale au Workshop 'La protection des anguilles en migration au niveau des barrages et des prises d'eau industrielles', Université de Liège, Château de Colonster , 7 novembre 2007.
- Philippart, J.C. , 2007. L'érosion de la biodiversité : les poissons. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'Etat de l'Environnement wallon, 306 pages (août 2007). Site : http://environnement.wallonie.be/ew/rapportproblematique.aspx?id=FFH_11
- Philippart J.-C. 2005. Le voyage périlleux des poissons grands migrants dans la Meuse. APAMLg asbl, Liège, 56 pp.
- Philippart, J.C. , 2003. Restauration de la biodiversité : le cas des poissons migrants dans la Meuse, pp. 75-84. In : Franklin, A., M. Peters & J. Van Goethem (Eds). Actes du Symposium. Dix ans après Rio. Quel avenir pour la biodiversité en Belgique ? *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, Biologie Vol 73 Suppl. 203, 139 pages.
- Philippart, J.C., 2002. Aperçu succinct des incidences du fonctionnement des microcentrales hydro-électriques sur les poissons, leur habitat et leurs ressources alimentaires. Rapport d'études du Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie de l'Université de Liège, 8 pages (septembre 2002)
- Philippart, J.-C., Sonny, D., 2003. Vers une production d'hydroélectricité plus respectueuse du milieu aquatique et de sa faune. *Tribune de l'Eau*, N° 619-620/5-6 2002 & n° 621/1 2003: 165-175.
- Philippart J.C., V. Raemakers, D. Sonny, 2003. Impact mécanique des prises d'eau et turbines sur les poissons en Meuse liégeoise. Comptes-rendus du colloque Hydroécologie, Liège octobre 2002, Tribune de l'eau, N° 5-6, Vol. 55 - N° 619-620 ; Vol. 56 - N° 621: 98-110.
- Philippart J.C., M. Mottet, Y. Neus, M. Ovidio, G. Rimbaud et D. Sonny, 2007. Evaluation d'un dispositif simple pour permettre la dévalaison des poissons salmonidés migrants au niveau de la centrale hydroélectrique Mérytherm sur l'Ourthe à Tilff. Rapport de recherche du Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie de l'Université de Liège, 63 pages + annexes
- Sonny, D., 2009. La dévalaison des poissons dans la Meuse moyenne belge. *Cahiers d'Ethologie*, 22 (3-4), 267 pages.
- Sonny, D. 2006. Etude des profils de dévalaison des poissons dans la Meuse moyenne belge. Thèse de doctorat, Université de Liège,
- Sonny, D., F.R. Knudsen, P.S. Engers, T. Kvernstuen & O. Sand, (2006). Reactions of cyprinids to infrasound in a lake and at the cooling water inlet of a nuclear power plant. *Journal of Fish Biology*, 69 : 735-748
- Travade, F. 2007. Recent french experience with upstream and downstream migration devices for eel at hydropower plant. Séminaire anguille au Château de Colonster, 7 novembre 2007, Université de Liège.
- UE - Union européenne, 2007. Règlement (CE) N° 1100/2007 du Conseil du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. Journal officiel de l'Union européenne du 22 septembre 2007, L 248 : 17-23.
- UE - Union européenne, 2000. Directive [2000/60/CE](http://europa.eu.int/eur-lex/lex/fr/index.htm) du Parlement européen et du Conseil, du 23 octobre 2000, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal officiel de l'Union européenne du 22 décembre 2000, L 327, (<http://europa.eu.int/eur-lex/lex/fr/index.htm>).
- Valentin S., 1996. Effets des éclusées hydroélectriques en rivière : diagnostic hydroécologique et aide à la gestion. Exemple de la Fautaulière (Ardèche). *La Houille Blanche*, 5 : 25-31.