



SCIENCES DE LA VIE - ENVIRONNEMENT

- Saumons (2) : Que deviennent les saumons qui remontent la Garonne ? (Sept 2005)
- Saumons (1) : Migrer ou ne pas migrer, un choix pour le saumon ? (Sept 2005)
- Des récifs artificiels pour préserver le littoral aquitain (Août 2005)
- Recycler les herbes marines du bassin pour un développement durable (Juil 2005)
- Qualis, nouveau pôle de recherche sur la qualité et la sécurité des aliments (Juil 2005)
- Vers une meilleure connaissance du prion (Juil 2005)
- Comprendre les voies d'entrée dans la cellule (Juin 2005)
- Visualiser la musique de la langue dans le cerveau (Juin 2005)

Saumons (2) : Que deviennent les saumons qui remontent la Garonne ?

Comprendre pourquoi et comment les poissons migrent, aide les gestionnaires de rivières à prendre des décisions adéquates. C'est ainsi que depuis plusieurs années, des chercheurs de l'Inra et du Cemagref analysent les comportements migratoires des saumons atlantiques. Ce deuxième article se penche sur des travaux réalisés par une équipe du Cemagref de Toulouse qui suit les poissons migrateurs grâce à des radio-émetteurs implantés dans l'estomac des saumons.

Après la construction du barrage de Malausse (82) au début des années 70, les saumons avaient totalement disparus de la Garonne. Une campagne de restauration menée depuis 25 ans, ainsi que la mise en place de l'ascenseur à poissons de la centrale électrique de Golfech (82) en 1986 et d'autres passes à poissons, ont permis de réimplanter l'espèce sur le fleuve. La situation est suivie de près. A différents points du parcours, les poissons passent devant des caméras pour être comptés exhaustivement à partir de vidéos. En 2001, la meilleure année, près de 600 saumons atlantiques ont été recensés à Golfech par l'association Mi.Ga.Do*. Des incertitudes persistent cependant en ce qui concerne leur maintien, car d'importantes pertes de géniteurs ont été observées sur une centaine de kilomètres entre Golfech et Toulouse. En effet, il apparaît que seulement 20 à 30 % des poissons atteignent Toulouse.

Pour suivre précisément le sort des saumons, les chercheurs du laboratoire Cemagref de Toulouse, le Ghaappe (Groupe d'Hydraulique Appliquée aux Aménagements Piscicoles et à la Protection de l'Environnement**) mènent depuis 2002 une opération de radiopistage. Les poissons sont capturés à la sortie de l'ascenseur à poissons de Golfech, puis marqués à l'aide d'émetteurs radio avant d'être relâchés. Dix-sept sites répartis sur le tronçon Golfech-Toulouse, équipés de plus de 30 stations automatiques de réception, ainsi que de nombreuses localisations manuelles effectuées à l'aide de stations mobiles en voiture, avion ou bateau, ont permis de suivre le comportement de 107 individus. L'équipe de recherche a pu commencer à formuler des hypothèses sur les causes des pertes de géniteurs.



Crédit photo :
Cemagref/Ghaappe



2 émetteurs utilisés pour les
saumons adultes
Crédit photo : SMEAG, Didier
Taillefer



Suivi poste réception mobile
en bateau
Crédit photo : SMEAG, Didier
Taillefer

Si 30% des saumons suivis ont atteint Bazacle, à l'entrée de Toulouse, 35% sont malheureusement morts avant. La mortalité, qui a lieu aux trois quarts en été, est la principale cause des pertes de géniteurs. Une température élevée de l'eau semble avoir un impact important sur la population. Les conséquences sont particulièrement visibles en cas de canicule. Des effets à plus long terme pourraient se faire sentir dû au réchauffement climatique général. La deuxième cause de perte de géniteurs est la dévalaison : 17% des saumons suivis ont fait demi-tour après avoir progressé plus ou moins loin sur le tronçon. 8% arrive au pied du barrage de Bazacle, mais n'arrive pas à trouver la passe à poissons, alors que 4% remonte le Tarn au lieu de la Garonne. Une rupture de migration est constatée pour les autres poissons : certains en cours de migration, font demi-tour pour ensuite remonter le Tarn, d'autres s'arrêtent dans des zones peu propices à la reproduction. Le Tarn lui-même ne peut accueillir efficacement le saumon, en raison de ses nombreux obstacles, ainsi que des faibles débits et fortes températures rencontrées en été ne permettant pas la survie des juvéniles.

Les chercheurs ont continué à suivre les saumons en amont du secteur étudié. Ils ont pu déterminer qu'un tiers des poissons remontaient l'Ariège, principal affluent de la Garonne en amont de Toulouse, où deux obstacles difficiles à franchir, causent encore de lourdes pertes (jusqu'à 70%) avant la période de reproduction. Des solutions techniques pourraient facilement être envisagées pour améliorer la franchissabilité des obstacles sur ce cours d'eau, explique Olivier Croze, responsable de l'étude de radiopistage. Les autres poissons dépassant Toulouse poursuivent leur remontée sur la Garonne elle-même, où 90% arrivent à reproduction.

Les recherches vont maintenant porter sur l'étude de l'impact de différents facteurs environnementaux, en particulier la température, le débit et la qualité de l'eau, sur la migration entre Golfech et Toulouse, afin de tenter d'identifier les causes de pertes observées sur ce secteur, avec comme objectif ultime d'y remédier pour permettre au saumon de survivre en Garonne. (23 sept 2005)

* Association Migrateurs Garonne Dordogne, chargée entre autres de l'exploitation des stations de contrôle des passages de poissons par vidéo

** Laboratoire commun Cemagref, CSP (Conseil Supérieur de la Pêche), INP (Institut National Polytechnique) de Toulouse

Saumons (1) : Migrer ou ne pas migrer, un choix pour le saumon ?

Comprendre pourquoi et comment les poissons migrent, aide les gestionnaires de rivières à prendre des décisions adéquates. C'est ainsi que depuis plusieurs années, des chercheurs de l'Inra et du Cemagref analysent les comportements migratoires en les observant directement ou en étudiant leur descendance. Ce premier article se penche sur des travaux réalisés à Saint-Pée-sur-Nivelle (64).

Qu'est-ce que la migration apporte à l'animal ? Pourquoi un poisson tel que le saumon atlantique migre-t-il ? Quel avantage lui confère cette aventure dangereuse ? Voici les questions ultimes que se pose l'unité « Ecologie comportementale et biologie des populations de poissons » de Saint-Pée-sur Nivelle (une unité mixte de recherche Inra-Université de Pau et des Pays de l'Adour). Alors qu'on associe généralement les saumons à un comportement migratoire, Philippe Gaudin, directeur de l'unité, nous apprend que les salmonidés (saumons, truites...) ont tous la capacité d'être migrateurs ou sédentaires. La génétique, mais surtout l'environnement, ont une forte influence sur ce comportement. S'ils survivent, les individus « migrants » ont une vie plus longue, reviennent de l'océan plus gros et, ont plus de chance de transmettre leurs gènes. Ceux qui restent sur leur lieu de naissance, ont un taux de mortalité moins élevé mais une vie plus courte.

Afin d'étudier de près la reproduction de ces poissons, l'unité de recherche de St Pée a détourné une petite partie de l'eau d'un cours d'eau sur environ 200 mètres pour alimenter une rivière expérimentale.



Credit photo : INRA Saint Pée sur Nivelle



Credit photo : INRA Saint Pée sur Nivelle

Il est ainsi possible de mettre ensemble dans des conditions naturelles des populations choisies, puis d'observer les comportements amoureux des poissons et d'analyser génétiquement leurs descendants. Les petits mâles n'ayant pas migré ne mesurent que 10 à 18 cm. Ils n'ont aucune chance de séduire une femelle du fait de leur petite taille. Ils peuvent être par contre plusieurs dizaines à profiter des ébats d'une femelle avec un gros mâle migrateur pour fertiliser ses œufs. Benoît de Gaudemar et Eddy Beall, deux des chercheurs de l'unité, ont pu déterminer dans un cas que 65 % des œufs avait été fécondés par des petits mâles sédentaires, appelés « tricheurs ». Ils supposent que selon les conditions, ces « tricheurs » pourraient féconder régulièrement 20 à 30% des œufs et parfois plus que les 65% observés dans leur première expérience. Pour étudier l'influence de l'environnement sur le succès des petits mâles, la rivière expérimentale est actuellement aménagée en plusieurs sections contenant des habitats plus ou moins diversifiés. Les résultats détermineront comment les petits mâles s'adaptent à ces différences d'environnement pour se reproduire. Des études sont également réalisées en rivière naturelle, sur la Nivelle. Depuis 15 ans, tous les saumons qui remontent la Nivelle par les passes à poissons (100 à 400 par an) sont capturés et font l'objet d'un marquage et d'un prélèvement. On peut ainsi établir par des analyses génétiques des lignées parentales (travaux réalisés en collaboration avec des chercheurs de l'université d'Oviedo, en Espagne). Si les jeunes ne sont pas issus de parents recensés, c'est soit parce que leurs parents n'ont pas remonté le bon cours d'eau (ce taux d'erreur ou de « divagation » peut être estimé et soustrait), soit parce qu'ils sont issus de saumons sédentaires et donc non répertoriés. Les premiers résultats de cette étude devraient être connus d'ici quelques mois. Les rivières se réchauffent... L'augmentation de température des rivières lié au réchauffement climatique, accélère la croissance des mâles qui pourraient choisir, si elle s'avère efficace, la stratégie de la sédentarité. Cela aurait pour conséquence moins de saumons en mer et moins de saumons de taille capturable en rivière. Le réchauffement ne semble cependant pas favorable aux femelles qui pondent des œufs de moins bonne qualité et peuvent avoir des difficultés à se reproduire quand l'eau est trop chaude en hiver. Observer ce qu'il se passe sur la Nivelle est particulièrement intéressant car c'est la rivière la plus chaude au monde qui héberge des saumons atlantiques. Elle peut donc servir d'indicateur des capacités des saumons à s'adapter aux élévations actuelles de la température moyenne de l'eau. Cependant, ce sera peut être la première rivière à être désertée par les saumons si elle devient trop chaude. (22 sept 2005)

Des récifs artificiels pour préserver le littoral aquitain

L'idée fait son chemin, créer des récifs artificiels le long des rivages aquitains pour repeupler les eaux littorales et limiter l'érosion des côtes. Les récifs artificiels sont des structures immergées, placées intentionnellement sur le fond marin pour mimer les caractéristiques de zones rocheuses naturelles. Ce système est depuis longtemps utilisé au Japon et aux États-Unis pour dynamiser la pêche côtière, en y attirant les poissons dont on connaît le goût pour les rochers et les épaves de navires ; mais il peut aussi servir à lutter contre les inondations et l'érosion côtière, à empêcher le chalutage illégal, ou encore à créer de nouvelles zones pour la plongée de loisirs (de manière à délester certains sites naturels trop fréquentés). Deux associations aquitaines testent l'utilisation de ces récifs pour protéger le fragile patrimoine littoral de la région.

Depuis une vingtaine d'années, l'association Aquitaine Landes Récifs, basée à Saint-Paul-lès-Dax (40), étudie l'implantation de récifs artificiels (des blocs de béton tubulaires) comme moyen de contenir la diminution, toujours plus inquiétante, de la faune aquatique du Golfe de Gascogne. À ce titre, la pêche aux anchois a été interdite cette année dans tout le golfe, et ce jusqu'à la fin du mois de septembre, afin de sauver l'espèce. En collaboration avec des chercheurs de l'Ifremer, les membres de l'association mesurent le peuplement du récif par la faune et la flore marine. Celui-ci est très important, mais ne se fait-il pas au détriment des habitats alentours ? Pour répondre, entre autres, à cette question, une



station acoustique, mise au point par l'Ifremer, a été installée, au mois de mai dernier, sur l'un des récifs. Le dispositif, ancré à 25 mètres de profondeur, mesure l'activité halieutique (c'est-à-dire l'ensemble des ressources aquatiques de la zone maritime) à proximité du récif en détectant la présence de poissons ou de crustacés grâce à des sonars et des capteurs reliés à un ordinateur qui enregistre tout. Une fois recueillies et analysées ces données permettront d'évaluer l'efficacité du procédé et, pourquoi pas, de le voir se généraliser.

Une autre application, en cours d'expérimentation, pour ces récifs est la stabilisation des côtes, en particulier au niveau de la pointe du cap Ferret où les habitations sont mises en danger par l'instabilité du terrain. Cette péninsule constitue une zone particulièrement mouvante : côté bassin, les plages n'existent plus, côté océan, elles régressent en moyenne de 1 à 2 mètres chaque année, et à la pointe plus de 400 mètres ont disparu depuis les années 60. L'association Scaph Pro mène depuis 1999 le projet Ulysse qui étudie l'impact des récifs en tant que « casseur » de courant favorisant les dépôts de sable et de sédiments sur le fond. La structure utilisée se compose d'une croix en béton sur laquelle se dresse des tiges de fibre de verre recouvertes de résine et de sable. Sur ces tiges vont se fixer toutes sortes de coquillages ou d'algues qui vont considérablement augmenter le diamètre et ainsi amplifier l'effet atténuateur de courant. Ce système de bio-construction stabilise le trait de côte en adoucissant la pente sous-marine ce qui réduit fortement les risques d'éboulement en surface. La méthode semble au point et pourrait servir à renforcer l'efficacité de techniques plus radicales comme le dragage des chenaux du bassin d'arcachon.

Dans un cas comme dans l'autre, les récifs artificiels pourraient proposer une alternative écologique et à faible coût pour préserver les côtes de notre région ou d'ailleurs. **25 août 2005**

Recycler les herbes marines du bassin pour un développement durable

Utiliser les herbes marines qui s'échouent en masse sur les littoraux à des fins industrielles, l'équipe PhyValBio (acronyme de Phytochimie et Valorisation de la Biomasse), université Bordeaux 1 / CNRS, se penche sur cette possibilité depuis quelques années. Cette approche permettrait d'alléger les charges qui pèsent sur les collectivités locales mais aussi de limiter la pollution liée au stockage de ces déchets. L'arrivée de la belle saison, avec son flot de touristes en quête de sable fin immaculé, oblige les communes de bord de mer à faire face aux désagréments causés par les dépôts d'algues et d'herbes marines. Les plages du bassin d'Arcachon sont particulièrement touchées par ce phénomène. En effet 4 à 5 000 tonnes de zostères, une herbe qui forme de véritables prairies sous-marines, se déposent chaque année sur les 85 km de côtes que compte le bassin. La gestion de ces déchets coûte très cher aux municipalités tant d'un point de vue économique (le nettoyage pèse lourdement sur le budget), qu'écologique (l'introduction de sable et de sel à l'intérieur des terres génère une pollution importante). C'est pourquoi les recherches de l'équipe PhyValBio s'intéressent à la valorisation de ces dépôts végétaux dans une optique d'utilisation industrielle, tout en préservant l'herbier sous-marin qui constitue un habitat privilégié pour l'écosystème aquatique.

Le travail du laboratoire consiste à établir l'inventaire des substances contenues dans les échouages de zostères et à en étudier les propriétés, de manière à identifier les applications potentielles dans les domaines pharmaceutique, cosmétique, voire agronomique. Deux molécules ont pour l'instant été isolées : l'inositol et l'acide rosmarinique qui se retrouvent en quantité élevée dans les débris de zostère, et pour lesquels il existe déjà un marché en tant que compléments alimentaires. Les déchets récoltés sur les plages pourraient représenter une nouvelle source pour ces deux substances, et d'autres produits naturels également intéressants sont en cours d'étude. Micheline Grignon-Dubois, directrice de recherche au CNRS et responsable du projet, espère « qu'à termes, cela pourra déboucher sur l'exploitation locale d'une matière première abondante et renouvelable, qui de déchet, deviendrait un atout pour le développement économique des régions concernées par ces échouages ».

». **25 juillet 2005**



Qualis, nouveau pôle de recherche sur la qualité et la sécurité des aliments

Qualis (Qualité et Sécurité sanitaire des produits végétaux) a été inauguré le 24 juin 2005 sur le domaine de la Grande Ferrade à Villenave d'Ornon, en Gironde. Cette structure mixte de l'Institut National de la Recherche Agronomique et de la Direction Générale de l'Alimentation, a été créée pour répondre à la demande très forte des agriculteurs, des industriels et des consommateurs en matière de qualité et de sécurité sanitaire des aliments.

Associant recherche, développement et expertise, Qualis a plusieurs missions. Tout d'abord, optimiser les stratégies utiles aux filières végétales : outils de traçabilité, systèmes de pilotage, etc. Ensuite, lever les obstacles techniques liés la qualité pour les échanges internationaux. Enfin, contribuer l'évolution de la réglementation et de la formation sur la qualité sanitaire.

Pour ce faire, plusieurs laboratoires sont hébergés dans le nouveau bâtiment de 1660 m² fédérant des équipes multi-disciplinaires (génétique, physiologie, informatique...) travaillant à des problématiques particulièrement importantes en Aquitaine. Parmi lesquelles les outils de pilotage de la qualité en post-récolte et pendant la transformation (panification, pâtes alimentaires, fruits et légumes secs), et la qualité et l'altération des champignons comestibles (champignons de Paris, cèpes, truffes), etc.

Parmi les nouveautés technologiques, on peut noter la création de plateaux techniques de biochimie et de biologie moléculaire très bien équipés. Et surtout celle d'une halle technologique de 560 m² permettant de tester, à moyenne et à grande échelle, les techniques de lutte contre les insectes d'altération des denrées stockées (céréales, fruits et légumes secs, aliments pour animaux...).

Qualis, en partenariat avec le Pôle Agroalimentaire Aquitain, anime en outre un programme aquitain sur la sécurité sanitaire. Il s'agit d'utiliser toutes les compétences aquitaines sur ce thème, notamment au sein des Universités Bordeaux 1 et Bordeaux 2, de l'Université de Pau, de l'ENITA (Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles de Bordeaux) et de l'ISTAB (Institut des Sciences et Techniques des Aliments de Bordeaux). **(11 juillet 2005)**

Vers une meilleure connaissance du prion

Même si l'épidémie de vache folle ne se résume plus aujourd'hui qu'à quelques cas sporadiques, le prion, molécule responsable de cette affection, reste toujours pour les scientifiques une énigme. En s'appuyant sur l'étude d'un prion découvert chez un champignon, des chercheurs de l'Institut de biochimie et génétique cellulaires de Bordeaux (CNRS/Université Bordeaux 2), en collaboration avec des équipes du Salk Institute de San Diego, et de l'Institut fédéral de technologie de Zurich ont réussi à localiser la région précise responsable de son caractère infectieux.

Le prion est une protéine présente à l'état naturel dans les cellules vivantes, impliquée, chez l'homme en particulier, dans le développement du système nerveux. Les protéines sont des molécules indispensables aux êtres vivants. Au début de leur fabrication elles ressemblent à un fil qui va se replier au fur et à mesure, comme une pelote de laine, jusqu'à acquérir sa forme définitive. C'est de cette forme que vont naître les fonctions de la molécule. Dans des conditions encore mal connues, le prion adopte un repliement différent et devient capable d'entraîner une réaction en chaîne conduisant à la modification anormale des autres prions. Ces molécules modifiées, alors devenues infectieuses, vont s'agréger et former des dépôts responsables de la destruction du tissu neuronal. Ce mécanisme est à l'origine d'un certain nombre de maladies dégénératives du système nerveux comme l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB ou vache folle), la tremblante du mouton et de la chèvre, et la maladie de Creutzfeldt-Jacob chez l'homme. Ces maladies à prions sont transmissibles d'un individu à l'autre et dans une certaine mesure d'une espèce à l'autre.

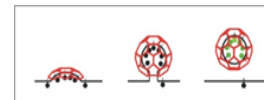
Les protéines prions existent non seulement chez les mammifères, mais elles ont également été identifiées chez certaines levures et certains champignons. L'étude chez les champignons présente un double avantage : tout d'abord ces prions ne sont pas dangereux pour l'homme, il n'y a donc aucun risque sanitaire, et deuxièmement, les expériences sont beaucoup plus rapides à réaliser que sur les mammifères. En travaillant sur un champignon filamenteux appelé *Podospora anserina*, l'équipe dirigée par Sven Saupe a pu préciser la forme générale de la protéine anormale, mais a aussi pu identifier la zone précise responsable du caractère infectieux du prion, localisée à l'une des extrémités de la molécule. Ces résultats constituent une étape importante dans la compréhension des mécanismes qui régissent la transformation d'une protéine en un agent infectieux et lève ainsi une part du voile qui entoure la propagation des maladies à prion. **(5 juillet 2005)**

Comprendre les voies d'entrée dans la cellule

Des chercheurs du Laboratoire de physiologie cellulaire de la synapse (CNRS / Université Bordeaux 2), en collaboration avec des équipes de l'université de Yale (Etats-Unis) et du laboratoire du Medical Research Council à Cambridge (Grande-Bretagne), viennent de développer une méthode offrant la possibilité de suivre en temps réel la dynamique du processus d'endocytose. L'endocytose est un mécanisme de transport de grosses molécules vers l'intérieur d'une cellule vivante qui permet à celle-ci de se nourrir, de communiquer avec son environnement, mais aussi, parfois, de laisser entrer certains virus. Ce mécanisme, qui se déroule plusieurs centaines de fois par minutes, met en œuvre la membrane plasmique, c'est-à-dire la couche qui entoure les cellules et leur sert tout à la fois de barrière, de filtre et d'interface entre les milieux internes et externes ; une petite partie de cette membrane rentre donc à l'intérieur de la cellule - on dit qu'elle s'invagine - pour former une vésicule, c'est-à-dire une bulle de membrane, qui contient des éléments du milieu environnant. La technique mise au point et validée par les chercheurs a permis de préciser le fonctionnement d'une forme d'endocytose, dite « clathrine-dépendante », et ouvre la voie à de nombreuses autres recherches dans ce domaine.



clathrine



endocytose

La clathrine a donné son nom à un type d'endocytose car c'est le constituant principal d'un petit creux qui se forme dans la membrane des cellules, appelé « puits recouvert de clathrine ». Cette structure est à l'origine de l'entrée de molécules chez de très nombreux êtres vivants, allant de la simple levure jusqu'aux grands mammifères. Plus les molécules se concentrent au niveau de ce puits, plus celui-ci se creuse en se recouvrant d'un manteau de clathrine, jusqu'à ce qu'une vésicule, une bulle, se détache complètement de la membrane pour entrer dans la cellule. La clathrine, on le sait depuis longtemps, joue un rôle fondamental dans ce processus : elle provoque « l'invagination » en s'assemblant, au fur et à mesure, tout autour de la vésicule, prenant la forme d'un ballon de football.

Les chercheurs ont donc voulu préciser ce phénomène, pourtant très étudié, mais dont la dynamique demeure aujourd'hui encore mal comprise. Pour cela, ils ont conçu une méthode originale basée sur l'utilisation de différentes techniques de fluorescence, permettant ainsi de visualiser, à la fois dans le temps et dans l'espace, plusieurs molécules impliquées. Cette méthode a mis en évidence des propriétés encore inconnues. Tout d'abord, il s'avère qu'à partir d'un même puits se forment plusieurs vésicules les unes à la suite des autres, durant quelques minutes. Jusqu'à présent certains biologistes estimaient que ces puits n'étaient qu'une étape transitoire vers la formation d'une unique vésicule. Deuxièmement, il semblerait que l'actine, une molécule aujourd'hui bien connue qui intervient dans le maintien de la forme des cellules et dans leurs déplacements, soit également impliquée dans la formation du creux dans la membrane et de la séparation de la vésicule. En effet, les expériences ont montré que l'actine entre en jeu de manière maximale lors de cette phase, plutôt que lors du guidage des vésicules dans la cellule, comme cela avait pu être proposé.

L'ensemble de ces résultats constitue donc, d'ores et déjà, une grande avancée vers une meilleure compréhension des mécanismes d'échanges entre la cellule et son environnement. De plus, les applications potentielles de ce type de méthodes sont multiples pour l'étude de nombreux systèmes biologiques. (15 juin 2005)

Visualiser la musique de la langue dans le cerveau

Trouver les structures cérébrales impliquées dans la prosodie, la musique de la langue, voilà le but que s'est fixé Isabelle Hesling. Grâce à un contrat spécial entre l'INSERM et l'Université Bordeaux 2, cette linguiste de formation a été détachée pour effectuer de la recherche fondamentale dans le Laboratoire d'imagerie moléculaire et fonctionnelle situé sur le campus de Carreire au sein d'une équipe de Neuroimagerie fonctionnelle dirigée par le Pr Michèle Allard. Quand on supprime les fréquences supérieures à 300 Hz d'un message de parole, on empêche l'accès au sens pour l'auditeur, mais on maintient la perception de la prosodie. Une première étude en IRMf (imagerie fonctionnelle par résonance magnétique) a montré que des réseaux neuronaux particuliers sont activés quand des sujets écoutent un texte expressif ainsi filtré (prosodie élevée) par rapport à un texte atone (prosodie faible).