

Dossier

# Japon

## Fukushima :

### des rainettes pour évaluer les effets de la radioactivité

Enregistrement des chants des rainettes arboricoles.

UNE PETITE GRENOUILLE ASIATIQUE S'EST IMPOSÉE COMME UN ANIMAL DE RÉFÉRENCE POUR ÉTUDIER L'IMPACT ÉVENTUEL DES FAIBLES DOSES SUR LES ORGANISMES VIVANTS. SUR SES TRACES, DANS LES RIZIÈRES DES ZONES ÉVACUÉES, DES SCIENTIFIQUES FRANÇAIS VIENNENT DE LANCER UNE ÉTUDE INÉDITE.

Par Rafaële Brillaud  
Journaliste, envoyée spéciale à Fukushima

Clichés Jean-Marc Bonzom, IRSN  
(sauf mention contraire)

C'est la saison des amours dans la préfecture de Fukushima. Et à la nuit tombée, dans les rizières abandonnées autour d'Iitate, le vacarme est assourdissant. « Des fois on en a mal aux oreilles, c'est digne d'un aéroport ! » s'étonne encore Jean-Marc Bonzom, biologiste à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Des milliers d'amphibiens mâles, rassemblés dans la mare dans le seul but de s'accoupler, s'égosillent à l'unisson. Les pattes dans l'eau, ils chantent à tue-tête pour s'attirer les grâces d'une femelle.

Leurs vocalises impressionnantes ne troublent plus le sommeil de personne ; la zone a été évacuée, car trop contaminée depuis l'accident nucléaire du 11 mars 2011. Mais ce soir, trois loupiotes dansent dans la nuit noire au milieu des herbes hautes : trois scientifiques sillonnent le marécage avec leur lampe frontale. Jean-Marc Bonzom, donc, mais aussi Thierry Lengagne, chargé de recherche au CNRS, et Rémy Josserand, étudiant en biologie à Lyon, sont en quête de rainettes. Chaussés de cuissardes, armés d'un micro ultrasensible, ils enregistrent les émissions sonores et prélèvent des



La nuit, dans les rizières, des milliers de mâles s'égosillent à l'unisson dans le seul but d'attirer une femelle et de se reproduire.





*Hyla japonica* est une petite grenouille de trois grammes et d'un vert éclatant, particulièrement abondante sur l'Archipel.

spécimens pour une étude inédite : évaluer l'impact éventuel des faibles doses de radiations ionisantes sur cet animal de référence.

### Chasse nocturne les pieds dans la vase

Chercher l'anouère à Fukushima, c'est un peu traquer la fameuse aiguille dans la botte de foin... les yeux bandés. Tout se fait à l'oreille, puisqu'on n'y voit rien. Ce n'est, en effet, que la nuit que les mâles chantent et sont donc repérables, le temps d'une brève vocalise : il faut se diriger au plus vite vers l'amphibien. Sans trop se précipiter néanmoins, pour ne pas effrayer l'animal, ni se prendre les pieds dans la vase, un bain de radionucléides n'étant guère conseillé.



Enveloppé d'une nuit noire, l'ouïe en éveil et les pieds dans la boue, on tente de décrypter l'effarant tumulte.

« Attention, il y a quatre espèces différentes dans la mare ! », prévient Thierry Lengagne, spécialiste de la communication au laboratoire d'écologie des hydrosystèmes naturels et anthropisés (Lehna) à l'université de Lyon. « Ce bruit de vache, "muuum", c'est la grenouille taureau, une espèce énorme qui vient d'Amérique et envahit notamment la France. Là, ce son de pièce de monnaie métallique, c'est un crapaud pélodyte. Et ce "couac" plus fort, une grenouille verte. »

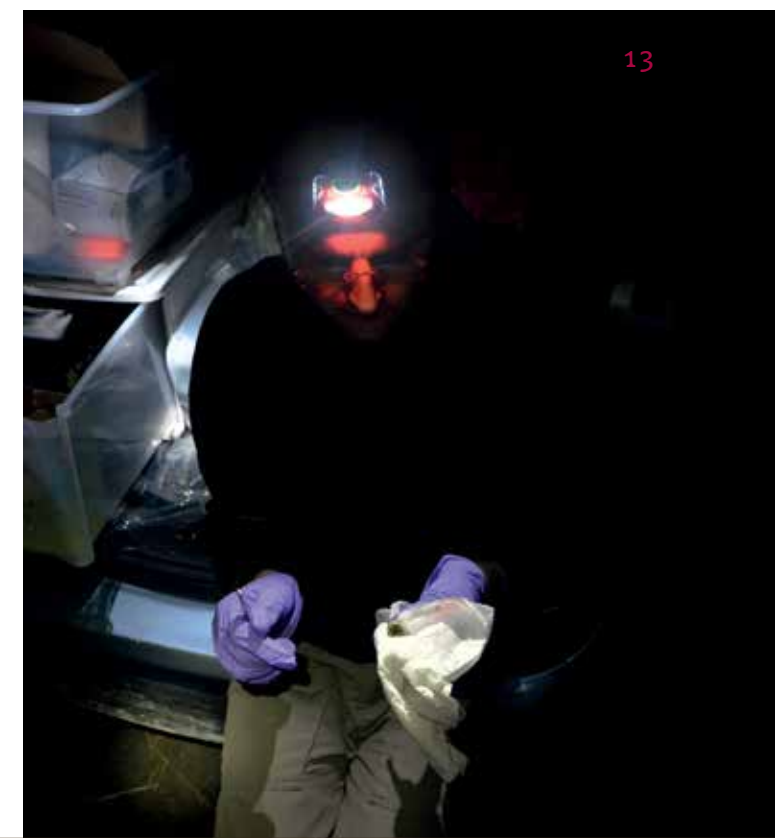
Celle que l'on guette produit, quant à elle, une série de « crac crac crac... » caractéristiques. La rainette *Hyla japonica* est une petite grenouille asiatique de trois grammes et d'un vert éclatant. Vaguement localisée dans un coin de rizière, elle doit encore être repérée au milieu des feuillages non moins verts, puis attrapée. « On a alors trois minutes pour l'amener près de la voiture et lui faire un prélèvement de salive, avant que le stress de la capture ne modifie ses sécrétions hormonales », précise Thierry Lengagne avec flegme. Le trio, rodé à cet exercice périlleux, enchaîne avec aisance les captures nocturnes tout au long des six semaines de mission sur l'archipel.

L'étude, en dépit de ses airs de vaste jeu de cache-cache, est des plus sérieuses. Elle est même au cœur des préoccupations liées aux catastrophes nucléaires qui provoquent un rejet massif de matériaux radioactifs dans l'environnement. Au

Les prélèvements de salive permettent notamment d'évaluer la sécrétion d'hormones de stress ou d'hormones reproductives.

Une fois l'animal attrapé, les scientifiques ont trois minutes pour l'amener près de la voiture et lui faire un prélèvement de salive (cliché T. Lengagne).

Japon, plus de deux ans et demi après l'accident nucléaire, ce sont les césiums radioactifs 137 et 134 – dont les demi-vies respectives sont de trente ans et de deux ans – qui posent le plus problème. Comment la vie évolue-t-elle et comment peut-on vivre sans risque sur ces terres où le sol, l'eau, les arbres et la végétation, ont été contaminés par les radionucléides ? Quel est, en milieu naturel, l'effet chronique des rayonnements ionisants sur les organismes ? Autrement dit, quelle est l'incidence d'une exposition permanente à de faibles doses ? En l'absence de réponses précises, il est difficile de mettre en place des normes de protection adaptées. À la suite de l'accident nucléaire de Tchernobyl, survenu le 26 avril 1986 en Ukraine, des études réalisées dans la zone d'exclusion ont mis en évidence divers effets radiotoxiques sur certains organismes vivants : ADN endommagé, stress oxydatif, affaiblissement du système immunitaire, malformations des spermatozoïdes, albinisme partiel... Très peu de



Peut-on vivre sans risque sur ces terres où, à la suite d'une catastrophe nucléaire, le sol, l'eau, les arbres et la végétation, ont été contaminés par les radionucléides ? Ici, la zone contaminée évacuée.





recherches ont pu toutefois être menées sur le terrain dans les cinq premières années qui ont suivi la catastrophe.

Au Japon, étonnamment, plus de deux ans et demi après l'accident de Fukushima Daiichi, rares sont les publications scientifiques portant sur ses conséquences écologiques. La plus médiatisée, pilotée par Joji Otaki de l'université des Ryukyus sur l'île d'Okinawa, a dévoilé les détériorations physiologiques et génétiques du papillon *Zizeeria maha* vivant aux alentours de la centrale. Tim Mousseau, de l'université de Caroline du Sud aux États-Unis, et Anders Møller, de l'université Paris-Sud en France, ont par ailleurs alerté sur une baisse significative du nombre d'oiseaux, de cigales et de papillons.

Mais quelles que soient les études, sur Tchernobyl et Fukushima, toutes ne prenaient en compte jusqu'à présent qu'un seul type d'exposition aux rayonnements ionisants, à savoir l'irradiation externe, une approche qui peut fausser les résultats. En effet, comment comprendre quelle dose a provoqué chez le papillon *Zizeeria maha* l'apparition d'ailes

Les oiseaux, ici un oisillon de mésange, puisent dans leur nourriture des pigments orangés, les caroténoïdes, qu'ils utilisent soit pour améliorer leur défense immunitaire, soit pour colorer la commissure de leur bec et certaines parties de leur plumage.

atrophées, d'antennes difformes et d'yeux bosselés sans savoir ce qu'il a mangé? « *La contribution de la contamination interne, c'est-à-dire liée à l'ingestion de végétaux contaminés, n'est pas prise en compte, note l'IRSN au moment de la publication de l'étude de Joji Otaki. Ceci conduit à sous-estimer, peut-être de manière importante, la dose reçue par les organismes.* » Et c'est précisément cette lacune que les travaux sur la rainette de Fukushima souhaitent combler pour la toute première fois.

### Les mésanges brouillent les pistes

Le jour baigne désormais les rizières et les massifs d'îlitate d'un vert printanier. Audrey Sternalski, post-doctorante à

l'IRSN, gare sa voiture au détour d'un chemin forestier. Elle déplie la table de camping, installe son matériel, puis part inspecter les nichoirs en bois attachés çà et là sur les troncs. Sous un couvercle, une boule de plumes. « *Ce sont des mésanges charbonnières, Parus major. Elles vivent à l'état naturel dans les cavités des arbres* », précise-t-elle. La biologiste participe avec d'autres collègues de l'IRSN au projet Freebird lancé en octobre 2011 en collaboration avec deux

À Fukushima, les oiseaux augmentent considérablement leur exposition aux rayonnements ionisants en confectionnant des nids à base de mousses.



universités japonaises et une américaine, pour étudier les effets des rayonnements ionisants sur diverses espèces d'oiseaux dans la zone des 100 km autour de Fukushima.

Les passereaux, hirondelles, moineaux, verdiers ou mésanges, ont déjà été suivis dans la région de Tchernobyl et sont connus pour être sensibles aux radiations. Surtout, certains d'entre eux possèdent des pigments orangés qui facilitent grandement la tâche des scientifiques: les caroténoïdes. « *Les oiseaux les puisent dans leur nourriture et peuvent les utiliser soit pour améliorer leur défense immunitaire soit pour colorer la commissure de leur bec et certaines parties de leur plumage*, détaille Audrey Sternalski. *Ces signaux orangés aident les parents à juger de l'état de santé de leurs petits, et aussi les femelles à choisir un mâle au moment de l'accouplement.* »

Dès lors, pour les scientifiques, le raisonnement est simple. Étant donné que l'animal dispose d'un stock limité de caroténoïdes, s'il est obligé d'allouer davantage de pigments à sa survie – par exemple pour combattre le stress oxydatif provoqué par son exposition aux radiations –, ses couleurs devraient en pâtir. Inversement, s'il est en forme, son bec et son plumage n'en auront que plus d'éclat. La mission Freebird, qui s'est achevée cet été, se proposait de vérifier cette hypothèse sur le terrain.

Pas de chance, les oiseaux nippons se sont avérés plutôt rétifs à la capture. Sur les 140 nichoirs posés en mars 2013, seuls 20 ont permis d'attraper des mésanges. Il n'y a eu que 50 % d'occupation, puis il y eu des pertes liées à la météo. Et parfois tout a fonctionné, mais les jeunes sont partis avant le passage des scientifiques.

L'équipe scientifique a, en outre, fait une découverte plutôt inattendue: les oiseaux augmentent considérablement leur exposition aux rayonnements ionisants en confectionnant au fond des nichoirs des nids à base de mousses, c'est-à-dire des matériaux réputés pour concentrer les radionucléides. « *D'après nos premières estimations, la part due à la contamination du nid peut atteindre plusieurs dizaines de fois celle due à l'environnement* », précise Jean-Christophe Gariel, directeur de l'environnement à l'IRSN. La source d'irradiation est si forte

qu'en comparaison toutes les autres deviennent négligeables. Difficile, par conséquent, d'évaluer les impacts respectifs de la nourriture (contamination interne) ou du milieu où évolue l'animal (contamination externe). Par chance, Jean-Marc Bonzom, en prospection pour Freebird, a perçu dès sa première mission les « *crac crac* » sonores des rainettes arboricoles.

### Hyla japonica: un choix pertinent

*Hyla japonica* s'est rapidement imposée aux yeux du chercheur comme le modèle idéal. L'anoure vit en effet dans les bois et ne les quitte qu'un mois ou deux pour aller se reproduire dans le point d'eau le plus proche. Elle ne parcourt guère, au fil de ses trois à cinq années d'existence, plus d'un



Le projet Freebird lancé en octobre 2011 a pour but d'étudier les effets des rayonnements ionisants sur diverses espèces d'oiseaux dans la zone des 100 km autour de Fukushima. Ici Jean-Marc Bonzom (cliché A. Sternalski).







Une banque de sons est constituée afin de détecter une éventuelle dégradation du chant des rainettes. Ici Thierry Lengagne.



Des dosimètres sont éparpillés sur le site pour évaluer au mieux la dose d'exposition des grenouilles.



La biologiste Audrey Sternalski sur le terrain.



La rainette *Hyla japonica* possède aussi des caroténoïdes, au niveau de ce sac vocal qu'elle gonfle au moment du chant.

kilomètre : il est donc possible de reconstituer son domaine vital pour calculer son niveau d'exposition externe, potentiellement élevé. « *Au printemps, les œufs et les têtards sont exposés aux radionucléides présents dans l'eau et les sédiments des rizières*, détaille Jean-Marc Bonzom. *Le reste de l'année, les adultes séjournent dans la forêt, en contact étroit avec la litière. Ils vont jusqu'à s'enfouir l'hiver dans les premiers centimètres du sol, précisément là où sont localisés les radionucléides, et principalement le césium 137.* »

Autre avantage : la rainette asiatique a une cousine européenne, *Hyla arborea*, que Thierry Lengagne étudie depuis des années. Mais tandis que l'Européenne est protégée, car en voie de disparition sur le vieux continent, l'Asiatique frappe par son abondance. « *Sur l'archipel, aucune demande d'autorisation n'est nécessaire pour capturer cette espèce* », se réjouit Jean-Marc Bonzom. Du pain béni pour les chercheurs, qui peuvent en sacrifier quelques-unes afin de mesurer au plus juste, en laboratoire, la contamination interne des cadavres. Enfin, point essentiel, la rainette possède aussi des caroténoïdes, au niveau de ce sac vocal qu'elle gonfle au moment du chant. Une touche colorée certes discrète, mais tout aussi stratégique que pour les oiseaux.

« *Il faut imaginer la scène*, raconte avec enthousiasme Thierry Lengagne. *C'est la nuit, en pleine période de reproduction. La*

*femelle arrive au bord de l'eau, se retrouve devant plus de 300 mâles chanteurs et doit sélectionner le meilleur, celui avec lequel elle va partager ses gènes ! Nous avons montré qu'elle sélectionne un mâle en fonction de son émission sonore, mais aussi grâce à la couleur de sa gorge, et cela même dans une pénombre presque complète, à peine éclairée par un ciel étoilé. Le mâle privilégié sera celui qui produit un chant fort, grave, cadencé, et dont le sac vocal sera le plus orangé.* » L'enjeu n'est pas moins crucial pour le chanteur, qui donne par conséquent "tout ce qu'il a". « *L'émission du signal acoustique est coûteuse, bien plus encore qu'un déplacement, s'exclame Thierry Lengagne. Lorsqu'elle chante, Hyla arborea dépense en moyenne 19 fois plus d'oxygène, et parfois jusqu'à 40 fois plus ! Un record parmi les amphibiens !* »

### Insectes et araignées, principale source de contamination

La problématique de Freebird peut donc être aisément transposée des cieux à la mare. Lancé cet été pour deux ans, le programme d'étude d'*Hyla japonica* s'étend sur six sites autour de Fukushima Daiichi et traverse le panache de contamination, avec des mesures radioactives s'échelonnant de 0,2 millisievert par heure (mSv/h), "bruit de fond" normal, jusqu'à 6 mSv/h au niveau des plans d'eau.

L'enquête est double. D'une part, il s'agit de mesurer l'activité des radionucléides dans les milieux d'exposition des grenouilles et faire un calcul de dose externe le plus précis possible en fonction de leur mode de vie. Des dosimètres sont éparpillés sur le site, dans la rizière et les forêts ; des prélèvements d'eau, de sédiments, de terre, de litière sont effectués. D'autre part, les effets sur l'animal de l'exposition aux radiations ionisantes sont rigoureusement examinés à travers une multitude de paramètres différents. D'abord une banque de sons est constituée afin de détecter une éventuelle dégradation de leur chant ; ensuite la rainette est pesée, mesurée, son âge est déduit des cernes de ses os, son sang est prélevé, sa couleur enregistrée à l'aide d'un spectrophotomètre... « *Nous mesurons aussi, par des prélèvements de salive, l'impact sur la sécrétion d'hormones de stress ou d'hormones reproductives, telles que la testostérone, ce qui n'a jamais été fait* », ajoute Jean-Marc Bonzom. « *Une mission, c'est ensuite trois ans de travail, au moins, pour analyser toutes les données* », enchaîne Thierry Lengagne.

Et déjà les premiers résultats confirment la pertinence du choix d'*Hyla japonica* : « *Selon nos évaluations, révèle Jean-Christophe Gariel, le débit de dose interne est réellement non négligeable par rapport au débit de dose mesuré dans l'habitat de ces grenouilles.* » En somme, les principales sources de

contamination pour la rainette seraient la forêt et le plan d'eau, deux milieux où sont stockés les radionucléides, mais aussi les insectes et les araignées qu'elle avale. L'anoure illustre donc parfaitement l'importance de tenir compte de la contamination interne lorsqu'on veut calculer la dose reçue par un organisme vivant.

Sans cesser de s'époumoner dans les rizières délaissées de l'archipel, la petite grenouille asiatique pourrait bientôt nous renseigner davantage sur les conséquences d'une catastrophe nucléaire sur l'environnement.

### Pour en savoir plus

- > Hiyama, Atsuki, et al., 2013 – "The Fukushima nuclear accident and the pale grass blue butterfly: evaluating biological effects of long-term low-dose exposures." *BMC evolutionary biology*, 13.1, p. 1-25.
- > Møller, Anders Pape, et al., 2013 – "Differences in effects of radiation on abundance of animals in Fukushima and Chernobyl." *Ecological Indicators*, 24, p. 75-81.
- > **Projet Freebird** (Fukushima Radiation Exposure and effects in Bird populations (contrat ANR 2011) sur le site de l'IRSN ([www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)).