

CRAPAUD : 3 fois onze chromosomes à diviser

Le crapaud *Bufo baturae*, découvert il y a quinze ans dans les montagnes du nord du Pakistan est une curiosité génétique. Il est doté de trois jeux de onze chromosomes mais son mode de reproduction sexué le contraint à diviser son patrimoine génétique pour produire des cellules reproductrices masculines et féminines (ovules et spermatozoïdes). Toutefois, il ne peut pas diviser de chromosome en deux, car cela rendrait impossible une descendance viable.

Après des années d'étude, des chercheurs suisses ont découvert la méthode qu'il utilise pour diviser par deux son nombre impair de chromosomes, et fabriquer des cellules reproductrices, qui au moment de leur fusion, donneront un descendant à nouveau doté de trois jeux de chromosomes.

En fait, les mâles éliminent leur troisième jeu de chromosomes et les deux autres jeux suivent le processus habituel de division aboutissant à la formation de cellules sexuelles haploïdes possédant chacune un seul exemplaire de chaque chromosome.

Les femelles, elles, dupliquent leur troisième jeu de chromosomes, ce qui leur donne quatre jeux de chromosomes. Sur ces quatre, deux vont se retrouver dans les cellules reproductrices femelles, les ovocytes. Ces ovocytes contiennent tous une copie identique du troisième jeu de chromosomes, alors que leur second jeu résulte d'une combinaison au hasard des deux autres jeux maternels.

Une stratégie d'adaptation à l'environnement ?

Le crapaud transmet donc à sa descendance une copie d'un jeu de chromosomes complètement identique à l'original, comme si sa reproduction était asexuée. Mais les deux autres jeux de chromosomes subissent un brassage génétique : comme dans toute reproduction sexuée, leur composition est renouvelée à chaque génération. Il s'agit d'un phénomène unique jamais répertorié jusqu'à présent dans le monde animal.

«Nous ignorons pourquoi les crapauds *Batura* présentent un mécanisme héréditaire aussi compliqué», explique Nicolas Perrin, principal auteur de l'étude publiée dans l'édition en ligne des *Proceedings of the Royal Society B*. Cela vient peut-être des conditions environnementales difficiles que les batraciens doivent affronter dans les régions montagneuses semi-désertiques du Pakistan. Dans les milieux hostiles, rappelle le chercheur, les êtres vivants sont souvent tellement spécialisés que la stabilité génétique devient indispensable.

Le crapaud *Bufo baturae* semble avoir adopté un compromis entre les deux options, en préservant une certaine constance du génome par l'intermédiaire du jeu de chromosome transmis par la mère et en autorisant un brassage génétique sur les deux autres jeux.

HUÎTRE TRIPLOÏDE : UNE « MANIPULATION » BIEN CACHÉE



par Christophe NOISETTE , novembre 2008

Régulièrement, les journaux français, comme dernièrement Marianne (n°43, 30 août 2008), évoquent une huître génétiquement modifiée, appelé huître « de Quatre saisons ». Est-elle le premier animal génétiquement modifié commercialisé en Europe ?

Mise au point en 1997 par l'Institut public français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), et commercialisée en 2000, cette huître possède non pas 2n chromosomes (espèce diploïde, où chaque chromosome est apparié avec son homologue) mais 3n. Elle est donc dite triploïde. Interrogé par Inf'OGM, M. Leborgne, président du syndicat des ostréiculteurs, ne tarit pas d'éloges sur cette huître qui « pousse » plus vite, et dans des milieux non favorables aux huîtres classiques. Du coup, elle peut être vendue en été. Elle représente actuellement environ 30% des huîtres vendues en France, tendance qui, selon lui, va continuer à la hausse.

Deux méthodes de modification

La première méthode consiste à produire des gamètes à 2n chromosomes (au lieu de n pour un gamète normal), via un choc chimique ou physique (notamment thermique). La fécondation de ces gamètes avec un gamète classique à n chromosomes (haploïde) donne une huître triploïde à 3n chromosomes.

La deuxième méthode, brevetée en 1996 aux Etats-Unis, et actuellement prédominante, consiste à féconder un ovule triploïde (3n chromosomes), résultant donc d'une première manipulation, avec un spermatozoïde haploïde (n). Les huîtres obtenues (4n) croisées avec des diploïdes, donnent naissance à des larves triploïdes, sans mortalité, de qualité uniforme et en théorie stériles.

Une stérilité programmée

La première conséquence est que ces huîtres sont stériles. Les ostréiculteurs qui élèvent des huîtres triploïdes ont donc perdu leur indépendance : ils sont dans l'obligation de passer par des écloséries pour renouveler leurs huîtres. Par contre, le consommateur semble y gagner, puisque, avec l'absence de gamètes, ces huîtres ne sont pas « en lait ». Seconde conséquence, leur stérilité implique qu'elles ne dépensent pas d'énergie pour la reproduction et poussent donc plus vite que les autres. Selon les données fournies par l'Ifremer, reprises dans l'avis de l'Afssa, « chez les individus diploïdes, de fortes mortalités sont en général observées en période estivale (mai-juillet) dans les élevages (50-70%) alors que, dans les mêmes conditions d'élevage en milieu naturel, des huîtres triploïdes (croisement tétraploïdes / diploïdes) présentent une mortalité globale de l'ordre de 10% ».

Cependant, ces avantages semblent, cette année du moins, relatifs. Ainsi, une personne proche des ostréiculteurs et qui souhaite garder l'anonymat, a déclaré à Inf'OGM que cet été, « de nombreux lots d'huîtres triploïdes sont entrés en reproduction, en lactance. Le phénomène était si important que l'information est remontée. Les professionnels ont des doutes ». Ce phénomène avait déjà été noté lors de l'été 2003, selon l'Inra. Il précise aussi que l'infection bactérienne de cet été a touché de façon similaire les huîtres diploïdes et triploïdes et que d'une manière générale, il n'a pas constaté une meilleure résistance chez les huîtres triploïdes. Autre point noir, l'Inra précise dans un avis de 2004 que si quelques huîtres tétraploïdes s'échappaient des écloséries, cela entraînerait « en une dizaine de générations, le basculement vers une population exclusivement tétraploïde ».

Des risques évalués avec des données lacunaires

En 2001, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a, dans un avis, répondu à la question de « l'équivalence des huîtres triploïdes par rapport à des organismes diploïdes ou "sauvages" ». Tout d'abord, elle rappelle que « près de la moitié des espèces végétales sont polyploïdes » mais que « la polyploïdie naturelle est plus rare chez les animaux ». Actuellement, seules les huîtres et les truites sont modifiées pour devenir triploïdes. Pour les risques potentiels de ce nouveau produit, l'Afssa regrette que les études de l'Ifremer ne soient pas publiées et conclut que « dans l'état actuel des données disponibles, [...] le caractère polyploïde des huîtres ne paraît pas constituer en lui-même un facteur de risque sanitaire au regard de l'existence de ce phénomène, à l'état naturel dans les règnes animal et végétal, et de son recul d'utilisation à des fins d'amélioration des espèces ; [...] les huîtres triploïdes sont consommées depuis de nombreuses années, sans qu'aient été rapportés d'incidents particuliers liés à leur consommation. Cependant, aucune donnée disponible ne permet d'évaluer si l'incidence des toxi-infections alimentaires observées après consommation d'huîtres est différente entre des huîtres triploïdes et diploïdes ». L'Afssa reconnaît, dans son avis, qu'il y a peu de données bibliographiques « qui concernent les triploïdes issues d'un croisement tétraploïdes / diploïdes » et pas de données disponibles sur le pouvoir potentiel accumulateur des huîtres triploïdes comparé aux diploïdes en fonction des conditions de milieu et vis-à-vis des polluants de

l'environnement ». Ainsi, l'Afssa recommande-t-elle, d'une part, « d'étudier de manière comparative, [...], les capacités de bioaccumulation et de dépuraction des huîtres triploïdes et diploïdes vis-à-vis des métaux lourds, des bactéries et des phycotoxines [toxine produite par les algues], en prenant en compte l'influence des perturbations liées aux facteurs environnementaux » ; et d'autre part, dans l'attente de ces résultats, « un renforcement des contrôles sanitaires sur les zones de production d'huîtres triploïdes à l'égard des contaminants de l'environnement ». Mais interrogé par l'In'OGM, un responsable du comité national de la conchyliculture (CNC) nous informe qu'à sa connaissance, aucun plan de surveillance particulier n'a été imposé.

Quel étiquetage ?

Selon le comité national de la conchyliculture, l'absence de réglementation spécifique aux huîtres triploïdes est logique, car elles ne sont pas considérées comme un « nouveau produit ». Ainsi, il n'y a pas d'obligation d'étiquetage particulier. De même, le fait d'être triploïde n'a pas à être précisé, puisque, selon la Commission européenne, ces huîtres peuvent exister en infime quantité à l'état naturel. Le ministère français de l'Agriculture n'est pas plus favorable à l'étiquetage obligatoire pour le consommateur. Et si la Satmar indique bien, sur les lots de naissains qu'elle vend, le caractère triploïde ou non, cette information disparaît une fois les huîtres sur les étals des commerçants.

L'huître triploïde, modifiée chromosomiquement, n'est pas un OGM, au sens juridique car il n'y a pas eu d'apport de gène étranger (cf. page 1). Cependant, comme les PGM, elle implique une dépendance du mareyeur vis-à-vis des écloséries, et elle nécessiterait davantage d'études d'impacts sanitaires et environnementaux.

Méthodes d'obtention des huîtres triploïdes

Deux méthodes prévalent pour l'obtention d'huîtres triploïdes.

<http://www.ostrea.org/articles/spip.php?article8>

Méthode par blocage de la méiose

Historiquement, ce fût la méthode employée pour la création des premières huîtres triploïdes mais elle rassemble beaucoup de désavantages.

Cette méthode consiste à bloquer une des deux phases de division chromatique de la méiose. Rappelons pour mémoire que la méiose est le processus qui permet, à partir d'une cellule souche à $2n$ chromosomes, d'obtenir quatre gamètes à n chromosomes. Il y a donc deux phases de division dans la méiose : la première qui sépare les doublets chromosomiques à la manière d'une mitose et la seconde qui sépare aléatoirement les paires de chromosomes.

En supprimant une de ces deux phases, on obtient un gamète à $2n$ chromosomes. Reproduit avec un gamète haploïde, c'est à dire un gamète à n chromosomes non modifié, on obtient une huître triploïde à $3n$ chromosomes. Notons que les scientifiques ont observé que le blocage de la seconde phase de la méiose permettait d'obtenir des taux de mortalité inférieurs à ceux obtenus lors du blocage de la première phase de méiose.

L'inhibition d'une phase de la méiose peut être obtenue par choc chimique en utilisant du cytochalasin B (CB) ou par choc physique (thermique par exemple). Les expériences montrent que c'est toujours, le choc chimique qui minimise le taux de mortalité et ceci malgré la forte toxicité de l'agent employé.

Ce point est d'ailleurs la principale pierre d'achoppement de cette méthode puisque des problèmes de santé publics et de dangerosité pour l'opérateur en limite l'emploi. De plus, les taux de mortalités sont souvent conséquents, ce qui a, ajouté à la difficulté et au coût de mise en œuvre de cette technique, considérablement ralenti la commercialisation de larves triploïdes ainsi créées.

Méthode de croisement tétraploïdes - diploïdes

Cette seconde méthode fût mise au point en 1996 aux Etats-Unis. L'obtention d'huîtres tétraploïdes fût réussie par croisement d'un ovule de triploïde dont on bloqua la division chromosomique ($3n$ donc) avec du sperme d'huîtres diploïdes (n). Les huîtres obtenues peuvent alors fournir des secondes générations de tétraploïdes qui n'ont pas subi de manipulations chimiques. Cette méthode d'obtention d'huîtres tétraploïdes a été appliquée avec succès sur les huîtres perlières, *Pinctada martensi*, mais n'a pas réussi sur les huîtres de rochers.

Le croisement de ces tétraploïdes avec des diploïdes permet la naissance de larves triploïdes, sans mortalité, de qualité uniforme et complètement stériles. En outre, une fois les tétraploïdes obtenues, l'opération de création des larves triploïdes est simple et sans manipulation chimique. Cette méthode est maintenant prédominante et les scientifiques étudient les méthodes de culture de tétraploïdes afin d'en obtenir des lignées sélectionnées pour certaines qualités. Ces « super-tétraploïdes » ont en effet une grande valeur commerciale pour les écloséries.

Vente du naissain de triploïdes

La vente d'huîtres triploïdes est effectuée en France par diverses entreprises : [Satmar](#), [Vendée Naissain](#), Grainocéan, France Turbot

Référence :

- ▶ « Savoir et comprendre avant de diaboliser », les nouvelles de l'Ifremer n°16 de juin 2000.
- ▶ Farming triploid oyster, John A. Nell in Aquaculture 210 (2002) p 69-88
- ▶ La passion des huîtres et des moules, Christian Vidal, p 73-75



D'où vient la « charolaise » (1) des huîtres ?

Regardez bien cette huître toute en forme. C'est une championne, elle vient de gagner le prix « NOAA Sea Grant Awards » d'un montant de 394.000 US\$ en Californie. Cette somme rondelette va aider les deux sélectionneurs, Dennis Hedgecock et Donal Manahan, à booster encore plus les performances de cette huître japonaise dont la vitesse de croissance atteint déjà le double d'une *Crassostrea gigas* ordinaire. Pour plus d'informations : NOAA Sea Grant Awards \$394,000 to Breed a Bigger, Better Pacific Oyster.

La « charolaise » des huîtres serait dotée d'une « vigueur hybride ». Nous en avons déjà parlé dans un article précédent, mais à ce moment-là, aucune photo n'avait été publiée par les deux chercheurs de l'University of Southern California (USC) : Quatre saisons après, l'huître immortelle !

Observez mieux la photographie dans l'angle du haut à gauche... Cette huître a un petit bec recourbé... Elle ressemble étrangement à l'huître triploïde commercialisée en France sous l'appellation « Huître des 4 saisons » ou « Huître de l'été ».

Et bien oui, les chercheurs californiens ont gagné leur prix avec la copie conforme d'une huître de Marennes-Oléron comme l'atteste cette photographie publiée dans l'encyclopédie en ligne : Wikipedia !!!

Etrange, vous avez dit étrange ? Comme c'est étrange !!!

Ce qui nous amène à nous interroger sur l'origine de cette huître californienne à la « Vigueur hybride ». Ne sortirait-elle pas tout droit du laboratoire « Génétique » d'Ifremer à La Tremblade (situé au coeur du bassin de Marennes-Oléron) ?

De plus, cette histoire étrange ne dit pas si cette super huître à la vigueur hybride résiste ou bien sombre sous les attaques mortelles de l'herpès virus de l'huître 1 μ var (OsHV-1 μ var) !!!

Aussi terminerons-nous sur le proverbe : « Rien ne sert de courir ; il faut partir à point ! »

Philippe Favrelière (texte modifié le 20 décembre 2010)

(1) Chez les bovins, la charolaise est la race à viande par excellence