

APPEL à CANDIDATURES

Opération « Génome à l'École »

Développée en 2010-2011 à l'occasion de l'année mondiale de la biodiversité, l'opération « Génome à l'École » s'adresse aux lycées d'enseignement général, technologique et professionnel. Elle est pilotée par « Sciences à l'École » en partenariat avec l'École de l'ADN (Nîmes), le Centre National de Séquençage (Genoscope, Evry), l'Unité de Recherche en Génétique Végétale (URGV, Evry), l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, Unité Amélioration Génétique et Physiologie Forestières, Orléans) et le conservatoire national de la biodiversité forestière.

Le projet met en place et anime un réseau d'établissements scolaires répartis sur le territoire français qui disposent en prêt de matériel de biologie moléculaire.

Les équipes impliquées développent des projets pédagogiques sur la diversité génétique mobilisant les compétences que peuvent mettre en œuvre les élèves dans de tels projets. Elles ont la possibilité de travailler en réseau avec les autres membres de « Génome à l'École », par la mise en commun des données accumulées, le partage des productions réalisées avec les élèves...

Le réseau « Génome à l'École » compte actuellement 35 établissements scolaires équipés lors des appels à candidatures de 2011 et 2013.

Tous les enseignants qui ont bénéficié du prêt du matériel ont pu suivre une formation organisée par « Sciences à l'École » à l'École de l'ADN à Nîmes.

Dans la continuité de la dynamique des phases d'équipement précédentes, et de celle du Programme d'Investissements d'Avenir (PIA), « Sciences à l'École » **engage une nouvelle phase du projet pour l'année scolaire 2014-2015. Cette nouvelle phase permettra de mettre à disposition d'établissements scolaires 15 nouveaux équipements.**

Moyens et objectifs

« Sciences à l'École » met à disposition des lycées d'enseignement général, technologique et professionnel du matériel de biologie moléculaire dont la liste est donnée en annexe 1.

Les objectifs de l'opération « Génome à l'École » sont conformes à l'esprit des programmes du lycée. Il s'agit par exemple :

- de promouvoir les démarches scientifiques : s'interroger sur un fait (problématique), élaborer un raisonnement pour le comprendre, tirer des conclusions, les tester et chercher à les étendre à des faits similaires.
- De permettre l'expérimentation : mise au point et réalisation d'un protocole, exploitation des résultats, confrontation théorie-expérience, études des incertitudes.
- De permettre à l'élève de communiquer les résultats d'un travail de recherche original.
- D'encourager l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC)



→ D'aborder un projet pluridisciplinaire.

La réalisation des projets « Génome à l'École » doit permettre de stimuler l'esprit d'initiative des élèves, par exemple par des démarches technologiques mobilisant une classe entière.

Une attention particulière sera portée aux candidatures des établissements de l'enseignement professionnel, notamment sur les projets qui mettront en avant une synergie entre les enseignements généraux et les enseignements professionnels.

Projets mis en œuvre par les équipes

Le projet « Génome à l'École » comprend deux axes :

- un projet commun, le projet « *Populus* », dont l'objet est le peuplier noir ; déjà conduit par les établissements du réseau, il permettra aux nouveaux établissements d'expérimenter les outils proposés. Il pourra être poursuivi les années suivantes. Le projet « *Populus* » est décrit en annexe 4.
- un projet propre à chaque équipe, qui devra être formulé dans le formulaire de candidature « Génome à l'École » et sur la base duquel les équipes seront sélectionnées. Ce projet sera mis en œuvre en 2015-2016 (ou plus tôt si la charge de travail et l'expertise de l'enseignant le permettent). Le projet propre et des exemples de thèmes d'étude sont présentés en annexe 5.

Convention de prêt

Pour chacun des établissements retenus, une convention de prêt sera établie entre l'Observatoire de Paris (gestionnaire des fonds de « Sciences à l'École ») et l'établissement. Dans cette convention seront précisés les points suivants :

- l'équipement restera la propriété de l'Observatoire de Paris.
- L'Observatoire de Paris mettra cet équipement à disposition des établissements retenus pour une durée de trois (3) ans. Au terme de ces trois années, ce prêt pourra être renouvelé après évaluation par le comité scientifique de « Génome à l'École » des actions réalisées.
- En cas de cessation des actions, constatée par les correspondants académiques de « Sciences à l'École », l'équipement pourra être réaffecté par « Sciences à l'École » à un autre établissement.
- Les réparations éventuelles seront à la charge de « Sciences à l'École » si les dysfonctionnements ont lieu dans des conditions d'usage normal du matériel. En revanche, les dégradations dues à la négligence ou au vandalisme seront à la charge de l'établissement.
- Les dotations horaires (HSE, ...), si elles s'avèrent nécessaires pour les concepteurs de projets, devront être trouvées auprès des rectorats et/ou des inspections académiques.
- De plus, dans la mesure de ses moyens financiers, « Sciences à l'École » organisera et financera des stages de formation en fonction des besoins exprimés par les participants retenus.



Candidature, critères de sélection

Les candidatures reposeront sur un projet scientifique et pédagogique rédigé de préférence par une équipe d'enseignants.

L'évaluation des candidatures portera une attention particulière à :

- la qualité scientifique et pédagogique du projet ;
- le caractère pluridisciplinaire de l'équipe porteuse du projet ;
- l'implantation dans l'établissement:
 - la constitution d'une équipe animant le projet ;
 - l'accord du chef d'établissement ;
 - l'éventuelle inscription au projet d'établissement ;
 - l'adhésion du rectorat et/ou de l'inspection académique (octroi de HSE...) ;
 - le cadre institutionnel dans lequel s'inscrit le projet (AST, HSE,)
 - éventuellement des sources de financements additionnels (collectivités, entreprises...) portant notamment sur l'aide aux équipes...
- le rayonnement :
 - la visibilité au sein de l'établissement ;
 - le rayonnement en dehors de l'établissement (information, publication des travaux...) ;
 - les partenariats (association d'autres établissements pour un travail en réseau, implication de partenaires...) ;
 - le financement pour la publicité donnée au projet ;
- la présence ou la création à cette occasion d'un atelier scientifique et technique (AST) ;
- la présence d'un référent scientifique (chercheur/ingénieur dans le domaine de la biologie moléculaire) pour accompagner l'équipe pédagogique dans le projet ;
- la participation à un stage de formation ;

Échéancier

Le 9 Janvier 2015 à 17h (heure de France métropolitaine) au plus tard, les projets devront être soumis (voir annexe 2).

La sélection des quinze (15) projets sera opérée par le comité scientifique de l'opération « Génome à l'École ». Les établissements retenus et les établissements non retenus seront avertis du résultat dans le courant du mois de Février 2015.

Chaque établissement sélectionné devra signer une convention avec l'Observatoire de Paris. Cette convention l'engagera notamment à mettre en œuvre le projet pédagogique décrit dans l'acte de candidature, à faciliter la participation de l'enseignant responsable du projet aux stages de formation et à mettre en valeur le soutien de « Sciences à l'École » et de l'Observatoire de Paris.

Le matériel sera livré en début d'année scolaire 2015-2016.

Un premier bilan des actions réalisées par les équipes au cours de l'année scolaire 2015-2016 incluant au minimum une activité pédagogique initiée par le projet devra être adressé en juin 2016 par les établissements à « Sciences à l'École » et au correspondant académique concerné.

Formation et assistance

Un stage de formation sera organisé à l'École de l'ADN à Nîmes durant la semaine du 16 au 20 mars 2015 à destination des enseignants des projets retenus.

La présence d'un enseignant de chaque établissement sélectionné est impérative. Les frais de mission seront totalement pris en charge par « Sciences à l'École » pour un enseignant par projet. D'autres membres des équipes pourront assister au stage, sous réserve du nombre de places disponibles, mais leurs frais ne seront pas pris en charge. Un ordre de mission sans frais sera demandé pour tous les participants auprès de leur rectorat avec copie à leur chef d'établissement.

Ce stage pratique et théorique permettra aux participants d'être formés à l'utilisation des équipements, aux activités proposées et aux pratiques de travail au sein du réseau « Génome à l'École ».

Une fois équipés, les enseignants pourront solliciter une **aide technique** auprès de l'École de l'ADN, partenaire du projet, ainsi que l'assistance des référents scientifiques qu'ils auront contactés.

Annexe 1 : Liste du matériel prêté

- Kits pour l'extraction d'ADN végétal (en quantité suffisante pour 200 extractions, dotation pour un an)
- Amorces oligonucléotidiques, nucléotides, ADN de référence quantifiés et enzyme permettant l'amplification de gènes cibles du peuplier et/ou de régions polymorphes de ce génome (en quantité suffisante pour 200 amplifications).
- Thermocycleur pour effectuer la réaction d'amplification (PCR, pour Polymerase Chain Reaction).
- Système d'électrophorèse sur gel d'agarose pour visualiser les produits d'amplification. La révélation des gels (cassettes, pour un usage sécurisé) ne fait pas appel au bromure d'éthyldium, substance mutagène.
- Matériel de paillasse : micropipettes et cônes, portoirs, gants, centrifugeuse, agitateur, plaques 96 puits.
- Service de séquençage au centre national de séquençage (Genoscope) à Evry. L'envoi postal reste à la charge de l'établissement.



Annexe 2 : Acte de candidature

L'acte de candidature devra être soumis **avant le 9 Janvier 2015** à 17h (heure de France métropolitaine).

L'acte de candidature devra comporter :

- **Le formulaire de candidature « Génome à l'École »**

Afin de renseigner le formulaire **dans ses deux versions** (.doc et en ligne), merci de suivre les étapes ci-dessous :

1. Compléter le formulaire « formulaire_genome.doc » téléchargeable à l'adresse <http://www.sciencesalecole.org/genome-alecole>
2. Enregistrer ce formulaire au format pdf sous la forme [formulaire_genome_academie_nom_prenom.pdf](#) (où le nom et le prénom sont ceux de l'enseignant référent du projet).
3. Compléter le formulaire en ligne à l'adresse : https://docs.google.com/forms/d/1Eb3C4Fo6Exyggwo5veWHeqy4RpXMSHPOTmP6qBvlqYw/viewform?usp=send_form

Les questions du formulaire en ligne sont celles du formulaire_genome.doc. Il est donc recommandé de copier/coller les réponses du formulaire au format .doc sur le formulaire en ligne afin que les deux versions soient identiques.

- **La lettre d'accord du chef d'établissement**

Merci de suivre les étapes ci-dessous :

1. Compléter et imprimer la lettre (annexe 3), puis la faire signer par le chef d'établissement.
2. Scanner la lettre au format pdf, et enregistrer le fichier sous la forme [lettre_genome_academie_nom_prenom.pdf](#) (où le nom et le prénom sont ceux de l'enseignant référent du projet).

L'acte de candidature sera considéré comme valide lorsque le candidat aura :

- ✓ envoyé les deux fichiers [formulaire_genome_academie_nom_prenom.pdf](#) et [lettre_genome_academie_nom_prenom.pdf](#) par courrier électronique à :
 - genome.ecole@obspm.fr
 - **et** en copie à votre correspondant académique de « Sciences à l'École »*
- ✓ complété le formulaire en ligne

Les actes de candidatures non valides ne seront pas examinés.

* La liste des correspondants académiques est disponible sur <http://www.sciencesalecole.org/contact>

Pour toutes les questions relatives à la constitution de votre candidature vous pourrez adresser un courriel à l'adresse suivante : genome.ecole@obspm.fr



Annexe 3 : Lettre d'accord du chef d'établissement



61, avenue de l'Observatoire
75 014 Paris
<http://www.sciencesalecole.org>

Accord du chef d'établissement pour la candidature à l'opération « Génome à l'École »

Nom de l'établissement :

Nom du chef d'établissement :

Adresse de l'établissement:

Courriel établissement :

Je, soussigné,
chef d'établissement au lycée,
certifie, après lecture du document proposé par l'équipe candidate au projet, donner mon plein accord à la réalisation du projet « Génome à l'École ».

En conséquence, j'autoriserai, si le projet est accepté par « Sciences à l'École », la réception du matériel de biologie moléculaire en prêt dans l'établissement et je faciliterai la participation de l'enseignant responsable du projet à des stages de formation.

Fait à, le

Signature du chef d'établissement



Annexe 4 : le projet « Populus »

Intérêt du peuplier et ressources disponibles

Les arbres du genre *Populus* sont des essences communes sur une grande partie du territoire métropolitain¹: *Populus alba* (peuplier blanc), *Populus nigra* (peuplier noir), *Populus tremula* (tremble) et l'hybride *Populus x canescens*² (grisard). L'intérêt scientifique du peuplier réside dans la juxtaposition de populations sauvages et de compartiments clonaux : arbres d'alignement - peuplier d'Italie (*P. nigra var. italica*) - et peupleraies, destinées notamment à la fabrication de cageots, d'allumettes ainsi qu'à l'industrie papetière. Les cultivars *P. trichocarpa x P. deltoïdes* (obtenus par croisement de deux espèces nord-américaines) et *P. deltoïdes x P. nigra* y sont les plus fréquents. La populiculture, qui tire profit de la croissance très rapide des peupliers (récolte au bout de 15 à 20 ans seulement), représente 1,6% de la superficie forestière en France et 1,5 millions de m³ de bois en 2003. La très faible diversité de ce compartiment cultivé (petit nombre de cultivars) l'expose au développement des agents pathogènes. Le compartiment sauvage est quant à lui menacé par les aménagements des cours d'eau et par le changement climatique global. Il est donc crucial de connaître le niveau de diversité génétique présent dans les populations naturelles de peuplier noir pour mieux préserver et gérer cette diversité.

Du fait de son intérêt économique, le peuplier est intensément étudié au plan génétique. Le séquençage du génome du peuplier nord-américain *Populus trichocarpa* (485 mégabases, 38 chromosomes) a été achevé en 2006. Il s'agit du premier arbre et de la troisième plante entièrement séquencé(e). Le génome annoté (45 500 gènes délimités) est consultable sur <http://www.phytozome.net/poplar>. Le degré de polymorphisme est important (1 SNP toutes les 100 bases, 1 indel toutes les 900 bases). La séquence montre la trace de deux événements de duplication globale du génome. Des outils moléculaires pour l'étude de ce génome sont disponibles (sondes, amorces, collection de plus de 300 000 EST - « Expressed sequence tag »). De nombreuses études sont en cours pour identifier des loci ou des gènes impliqués dans certains traits d'intérêt agronomique comme le port, la vitesse de croissance, les besoins en eau, la résistance aux maladies, la qualité du bois... Il peut s'agir de candidats fonctionnels (gènes sélectionnés pour leur fonction putative), expressionnels (gènes présentant une expression différentielle dans telle ou telle condition de culture) ou positionnels (QTL – « quantitative trait loci » identifiés par des études de liaison).

Un échantillonnage de la diversité génétique des peupliers est offert par le **conservatoire national de biodiversité forestière de Guéméné-Penfao** en Loire atlantique. Cette pépinière comprend près de 1000 arbres obtenus par boutures d'individus sauvages de différentes régions (Pyrénées, Allier, Rhin, Loire, Alpes), repérés par leurs coordonnées GPS. Ces arbres sont en cours de test pour la résistance aux maladies et la qualité du bois. Selon les besoins exprimés, des boutures pourront être adressées aux établissements qui n'ont pas localisé de population proche de peuplier¹. Il existe également une banque de feuilles lyophilisées en Autriche, où des échantillons d'ADN peuvent être achetés.

¹ Les peupliers peuvent être absents de l'environnement de votre établissement. Cela peut être le cas pour certains départements métropolitains (pour une carte de la répartition des peupleraies : <http://www.peupliersdefrance.org/repartition-geographique-791702.html>) ainsi que pour les établissements des DOM-TOM et les établissements français à l'étranger. Les établissements concernés peuvent alors solliciter des boutures au conservatoire de la biodiversité forestière, ou candidater sur d'autres espèces pour lesquelles des ressources génomiques existent (canne à sucre, par exemple) et se rapprocher des laboratoires susceptibles de les aider à monter leur projet. Voir l'annexe « Projet propre ».

² Le grisard est un hybride probable de peuplier blanc et de tremble. Il faut noter que le peuplier noir, auquel est consacré le projet, ne s'hybride pas avec le peuplier blanc ni avec le tremble (mais il peut s'hybrider avec des cultivars).



Thèmes et activités

Le travail sera centré sur le peuplier noir. Les amorces fournies permettront d'amplifier des régions de 5 gènes impliqués dans le contrôle de la floraison. Voici des thèmes possibles (l'enseignant indiquera sur sa candidature celui ou ceux qu'il souhaite développer) :

- Quantifier la diversité génétique en plusieurs loci au sein de populations naturelles de peupliers noirs (corrélation possible avec la taille de la population, pour illustrer la notion de dérive génétique ; estimation de l'importance de la multiplication végétative : boutures, rejets, drageons).
- Participer à une cartographie de la diversité génétique du peuplier à l'échelle du territoire (collaboration entre les établissements du réseau.)
- Explorer les voies de dissémination du peuplier en établissant les parentés entre différentes populations et en étudiant l'hydrographie et la topographie ; proposer un scénario pour l'histoire du peuplement. *Ces études pourront illustrer la fragmentation des populations naturelles, l'érosion de la diversité génétique ainsi que l'existence de corridors biologiques (voies d'eau).*
- Identifier les parents putatifs de jeunes semis prélevés sur les berges de la rivière (succès reproducteur des individus).
- Mesurer le degré d'hétérozygotie des individus.
- Étudier les dates de débourrement, de floraison, de chute des feuilles pour différents individus clonaux ou non d'une même population (phénétique) : montrer la part du génotype dans le phénotype. Des clones présentent-ils les mêmes dates de débourrement au même endroit ? En deux stations différentes ? Peut-on corrélérer diversité génotypique et phénotypique ? Ce travail pourrait être conduit avec l'Observatoire des saisons (<http://www.obs-saisons.fr/>).
- Démontrer le caractère clonal d'une peupleraie.
- Identifier les cultivars d'une peupleraie (sous réserve de l'accord du propriétaire).
- Identifier des hybrides de peuplier en cas de diagnose ambiguë (barcoding).
- Suivre l'introgression des cultivars fertiles avec le peuplier noir dans une population naturelle de cette essence, pour discuter la notion de « pollution génétique ».
- Sélectionner des individus dans une population naturelle pour planter les boutures dans l'enceinte du lycée et participer ainsi à la politique de conservation des ressources génétiques de l'espèce.
- Nous sommes ouverts à vos suggestions...

Le travail sur le terrain et à l'échelle génomique peut être utilement complété par une **activité de plantation**, qui l'ancre davantage encore dans une dimension naturaliste : nous reprenons ci-dessous une proposition d'activité pédagogique extraite du site « Peuplier noir » (http://etm.orleans.inra.fr/actions_specifiques.html) géré par Marc Villar, chargé de recherches à l'INRA d'Orléans, avec son aimable autorisation (*Contact : contact.peuplier@orleans.inra.fr*). Nous invitons vivement les équipes pédagogiques candidates à adhérer à cette proposition.



« Le peuplier noir, grâce à sa facilité de multiplication végétative et à sa croissance très rapide (jusqu'à 15 cm de hauteur par semaine !), peut être le support d'expérimentations simples. En plantant des peupliers noirs dans un jardin proche de l'établissement scolaire, il est possible d'illustrer aisément les notions de **diversité génétique entre espèces** ou de **diversité génétique intraspécifique**.

Dans le premier cas, plusieurs espèces de peuplier seront comparées. Dans le second cas, plusieurs individus de l'espèce peuplier noir seront comparés. Des observations simples (croissance de la tige, de la feuille, phénologie, forme, etc.) pourront également être le support d'expériences simples de mathématiques appliquées à la biologie : croissance de la tige (en fonction de la température), évolution de la surface de la feuille, mesure d'angle de branches, etc.

En multipliant le nombre de sites d'expérimentation (en plantant strictement les mêmes individus à la même période), on peut comparer les croissances de ces plants et illustrer les notions de **phénotype**, **génotype** et **d'interactions entre génotype et environnement**. Un réseau pourrait se créer, permettant de responsabiliser des jeunes à la conduite d'une expérimentation simple, d'autres jeunes pouvant gérer la communication (Internet ou autre). Ce type de réseau pourrait se constituer entre divers pays européens bien sûr ! »

Déroulement et organisation du travail

Le travail inclura dans la mesure du possible **une ou plusieurs sorties sur le terrain**, qui devront être préparées avec soin par l'enseignant (risques liés au milieu : berges instables, crues, chutes de bois mort ; autorisation d'accès aux domaines privés pour les peupleraies). Un préalable sera de former les élèves à l'identification du peuplier noir, à l'aide de clés (les différentes espèces de peuplier seront présentées lors du stage).

Une contrainte forte sur le projet est le **cycle végétatif du peuplier**. Les feuilles tombant au cours du mois d'octobre, et n'atteignant leur maturité qu'en mai, les possibilités sont peu nombreuses, notamment pour la première année scolaire :

- sortie sur le terrain **dès le mois de septembre** de l'année scolaire de l'étude, ce qui implique d'avoir déjà élaboré le projet et de l'avoir présenté très tôt aux élèves. L'ADN extrait de ces feuilles vieillissantes ne sera pas de qualité optimale.
- sortie de l'enseignant seul au printemps ou en été de l'année scolaire précédant l'étude pour congeler les feuilles en vue du travail : cela prive les élèves des bénéfices pédagogiques de la sortie et du prélèvement. Ils pourront sortir après coup, au printemps suivant, pour réaliser des observations sur les individus prélevés l'année précédente, et pour prélever de nouvelles feuilles pour l'année scolaire suivante.
- sortie au printemps de l'année scolaire précédant l'étude et congélation des feuilles, avec les élèves qui reprendront le projet à la rentrée : cela se conçoit mieux dans une organisation de type AST, où l'enseignant peut suivre les élèves sur plusieurs années.
- forçage de rameaux à la sortie de l'hiver (technique mise en œuvre avec succès par les enseignants du réseau) : ces rameaux pourront être prélevés en hiver par les équipes, ou bien expédiés par la pépinière de Guéméné, puis la base pourra être mise dans l'eau à la lumière, ce qui permettra d'obtenir de jeunes feuilles (et de l'ADN d'excellente qualité) dès le mois de mars. Pour ceux qui souhaitent constituer un arboretum, ces rameaux pourront être traités comme des boutures.

Un soin particulier sera apporté aux **conditions du prélèvement**. La sensibilisation à l'importance de l'échantillonnage et aux biais associés est en effet une dimension importante du projet. Les élèves



prélèveront des feuilles jeunes, non infectées, sur des rameaux à bonne distance du sol (à l'aide d'une perche télescopique au besoin : éviter les échelles !). Les feuilles, seront immédiatement ensachetées et gardées dans la glace jusqu'à leur congélation. Enfin, les élèves devront recueillir un maximum d'informations lors de cette sortie (photos, croquis, traces de crues, étude du sol à la tarière, niveau piézométrique, groupements végétaux et entomofaune, maladies et parasites, localisation précise par GPS, marquage des individus prélevés...), ainsi qu'avant et après (étude cartographique, climatique, cartes de végétation, cartes de répartition...).

Le travail se poursuit ensuite au laboratoire, à partir des feuilles. Des élèves **extraient l'ADN** au moyen des kits fournis. En même temps, d'autres élèves préparent un mix pour la **réaction d'amplification (PCR)**. L'équipement fourni (micropipettes) permet à deux groupes de deux élèves de travailler simultanément dans chacun de ces ateliers, soit 8 élèves au total. La réaction de PCR est effectuée dans un thermocycleur. Les élèves testent ensuite la présence et l'abondance des produits d'amplification par électrophorèse sur gel d'agarose. Enfin, les produits d'amplification sont envoyés au Genoscope pour séquençage. Les séquences seront versées à terme dans une base de données et consultables en ligne. L'accent sera mis sur les bonnes pratiques et la traçabilité des échantillons. Les élèves disposeront d'amorces qui amplifieront 5 gènes d'intérêt sur différents chromosomes du peuplier noir. Des amorces spécifiques de *P. nigra*, *P. trichocarpa* et *P. deltoides* pourront être fournies pour identifier les cultivars.

Il s'agira enfin d'aligner et de comparer les séquences, d'identifier les polymorphismes, de quantifier l'hétérozygotie, de produire des arbres et de rapprocher les résultats obtenus des observations de terrain. Ce travail pourra donner lieu à une collaboration avec une équipe de recherche, voire à une publication. Les séquences d'intérêt pourront être déposées dans des bases de données publiques.

Ressources, contacts

- **Consortium international pour le séquençage du peuplier** : <http://www.ornl.gov/sci/ipgc/>
- **Le génome du peuplier au Joint Genome Institute en Californie**. <http://www.phytozome.net/poplar>. Possibilité de naviguer dans le génome et d'y rechercher des séquences homologues à une séquence donnée (BLAST).
- ... et l'article associé : Tuksan *et al.* (2006). The Genome of Black Cottonwood *Populus trichocarpa* (Torr. & Gray). *Science*. 313, 5793. (<http://www.sciencemag.org/content/313/5793/1596.abstract>)
- **Dossier Biofutur (2004)**. Le peuplier à l'ère génomique. *Biofutur*, vol. 247, pp. 19-58.
- **Unité Amélioration, génétique et physiologie forestières** à l'INRA d'Orléans (<http://www.val-de-loire.inra.fr/Les-poles-de-recherches/Biologie-integrative-des-arbres-et-des-organismes-associés/UR-Amélioration-Genétique-et-Physiologie-Forestières>) et sa page sur le peuplier noir (<http://peupliernoir.orleans.inra.fr>).
- **Unité de recherche en génomique végétale (URGV)** à Evry (<http://www.versailles.inra.fr/urgv/analysis-genomeOrg-grapevine.htm>)
- **Un article d'intérêt** : *Le peuplier noir : une ressource génétique à l'interface entre habitats naturels d'intérêt communautaire et sylviculture intensive*. François Lefèvre, INRA Avignon (<http://www.inra.fr/dpenv/pdf/lefevd21.pdf>).



Annexe 5 : le projet propre

Chaque équipe pédagogique doit proposer un projet propre, distinct du projet commun « *Populus* ». Ce projet propre sera mûri au cours de l'année 2015-2016 et ne sera mis en œuvre qu'au bout d'un an, lorsque l'équipe sera rôdée à l'utilisation du matériel et avertie des possibilités offertes. Il revient à chaque équipe d'identifier les scientifiques qui pourront la guider et lui fournir les outils moléculaires pour son projet. Un premier contact pourra avoir lieu avant l'envoi du dossier de candidature. « Sciences à l'École », conseillé par le comité scientifique de « Génome à l'École ». Il assistera les équipes dans cette démarche et les aidera à préciser leurs besoins. Les projets les plus innovants pourront être présentés au **concours C.Génial**, que pilote « Sciences à l'École » (plus de détails sur www.sciencealecole.org).

Voici une liste de thèmes possibles pour le projet propre. Nous avons fait le choix d'éviter le matériel humain, pour des raisons éthiques et réglementaires. Ces thèmes peuvent être repris, mais ils devront alors être développés. Vous trouverez sur le site de Sciences à l'École la liste des projets propres déjà sélectionnés.

- Etude de variétés anciennes de fruitiers pour lesquels on dispose d'outils moléculaires (par exemple, pommier) : estimation de la variété génétique résiduelle, du degré de parenté entre variétés, en lien avec des caractères d'intérêt des variétés (production, qualités gustatives, précocité, résistance...) ; comparaisons avec le pommier sauvage (*Malus sylvestris*).
- Etude de la diversité génétique de plantes cultivées (bien étudiées au niveau moléculaire) et de leurs parents sauvages : par exemple, la betterave et sa parente du littoral *Betta maritima* ; le fraisier cultivé et le fraisier des bois (*Fragaria vesca*).
- Diversité génétique chez la vigne (*Vitis vinifera*), caractérisation des cépages. Application à la traçabilité des vins.
- Etude de l'ADN chloroplastique du chêne pédonculé (*Quercus robur*), montrant la répartition du polymorphisme à grande échelle. Application à l'étude de la progression de cette essence depuis le dernier maximum glaciaire.
- Corrélation entre la diversité morphologique (couleur...) et la diversité génétique de populations d'escargots des haies (*Cepea nemoralis*).
- Assistance à un plan de conservation d'une espèce végétale, en lien avec un conservatoire botanique.
- Assistance à un programme de reproduction en captivité pour une espèce animale de votre choix, en lien avec un parc zoologique.
- Etat sanitaire de produits alimentaires, diagnostic de maladies de cultures (recherche d'ADN d'agents pathogènes).
- Analyse qualité pour des produits agroalimentaires (ou autres : bois, cuir) pour recherche de contaminants, traçabilité OGM, certification d'origine, garantie d'authenticité variétale...
- Etude métagénomique d'une communauté microbienne, par exemple, celle du sol brun forestier, ou d'une mare : amplification des séquences d'un gène ribosomique, réalisation d'un arbre, estimation de la diversité des taxons.
- Inventaire de la biodiversité par « barcoding » (courtes lectures de séquence sur des gènes adaptés à un usage en systématique) : identification d'une espèce de ravageur, distinction d'espèces cryptiques, quantification rapide de la diversité spécifique d'un écosystème, contribution à une expédition scientifique du type « Santo »...
- Génotypage, sexage (oiseaux, reptiles)...
- Aide à la création variétale, en lien avec un laboratoire de recherches agronomiques : suivi de marqueurs au fil des croisements, pour la recherche de QTL ou en sélection assistée par marqueurs.



Une étude métagénomique est envisageable, mais le coût du séquençage ne pourra pas être pris en charge par « Sciences à l'École ». A titre indicatif, le génoscope propose de réaliser du séquençage de fragments d'ADN issus de PCR (Réaction de polymérisation en chaîne) générées à partir d'ADN métagénomique. Les kits de réactifs de séquençage d'une valeur unitaire de 1324.96 US\$, seront facturés au prorata de leur utilisation. La préparation des échantillons (contrôle qualité à réception, préparation de la banque et contrôle qualité par qPCR avant séquençage) sera facturé 45 euros par échantillon.

Les équipes qui souhaiteront faire des analyses métagénomiques devront trouver les financements appropriés, ou des partenaires prêts à séquencer gratuitement leurs échantillons.