

Communiqué de presse – 1^{er} juillet 2021

L'épigénétique, un nouveau levier pour améliorer la tolérance à la sécheresse des arbres

Avec le changement climatique, la fréquence des sécheresses est amenée à augmenter. Afin de freiner le dépérissement des forêts déjà observé, il est essentiel de mieux comprendre les mécanismes de tolérance des arbres face à ce phénomène. C'est pourquoi des scientifiques d'INRAE, de plusieurs Universités, dont Orléans et Oregon (USA), du CEA et de l'IRD ont étudié le rôle de l'épigénétique dans la tolérance du peuplier à la sécheresse. Leurs résultats, publiés le 1^{er} juillet dans la revue *New phytologist*, montrent que les modifications épigénétiques au cours d'une sécheresse ciblent des gènes impliqués dans la réponse hormonale à cette sécheresse et peuvent induire des mutations génétiques.

La sécheresse et la canicule affaiblissent les arbres notamment vis-à-vis des attaques par les insectes ravageurs et agents pathogènes. Ces attaques peuvent mener à la mort des arbres, jusqu'au dépérissement de forêts entières. Certains individus sont cependant plus tolérants que d'autres à la sécheresse. Dans un contexte de changement climatique où ces épisodes sont amenés à se multiplier, il est donc crucial de comprendre quels sont les facteurs qui permettent aux arbres de s'adapter, en particulier pour accompagner les gestionnaires forestiers dans leurs choix.

Si la diversité génétique explique en partie cette tolérance, la réponse physiologique des arbres, c'est-à-dire la coordination de l'expression de leurs gènes, est également à prendre en compte. C'est pourquoi les scientifiques se sont intéressés à l'épigénétique, en particulier aux modifications biochimiques de l'ADN pouvant moduler l'expression des gènes sans modifier la séquence ADN, dont la marque principale est la méthylation de l'ADN¹. Les modifications épigénétiques se font notamment en réponse à des changements environnementaux, comme la sécheresse, et ces modifications sont parfois durables et possiblement héréditaires.

Pour mieux comprendre le rôle de l'épigénétique dans la capacité de tolérance des arbres à la sécheresse, un consortium d'équipes de recherche (INRAE, CEA, IRD, Universités d'Orléans et d'Oregon) s'est intéressé au peuplier, sensible à la sécheresse. Cette espèce, modèle scientifique pour l'étude des arbres, présente également un intérêt économique puisque c'est la troisième espèce de feuillu la plus cultivée pour son bois en France.

Une expérimentation à large échelle : plus de 80 arbres soumis à la sécheresse

Les scientifiques ont utilisé pour la première fois des lignées de peuplier dont la régulation de la méthylation de l'ADN a été modifiée à des fins scientifiques, pour mieux comprendre les mécanismes épigénétiques dans les arbres. Les chercheurs ont comparé la réponse de ces peupliers modifiés vis-à-vis de la sécheresse avec celle d'une lignée contrôle sauvage de la même espèce. 81 arbres de ces lignées modifiées et sauvage ont été répartis dans des groupes soumis à des conditions de sécheresse pendant 3 semaines avant réarrosage, et dans des groupes témoins continuellement arrosés. Durant ces trois semaines, les chercheurs ont suivi différentes variables pour évaluer l'impact de la sécheresse par rapport aux groupes arrosés, notamment la croissance en hauteur et en diamètre du tronc des arbres. Face à la sécheresse, les peupliers témoins (lignée sauvage) présentent une baisse significative de croissance par rapport au groupe continuellement arrosé. Mais cette différence n'est pas observée pour les lignées modifiées, qui seraient donc plus tolérantes à une sécheresse modérée que la lignée témoin.

¹ Méthylation de l'ADN : ajout d'un groupe méthyl (CH₃-) sur certaines bases de l'ADN qui module l'expression des gènes.

Des modifications épigénétiques ciblant des gènes de la réponse hormonale à la sécheresse

Ce gain de tolérance à la sécheresse a encouragé les chercheurs à identifier les modifications épigénétiques et génétiques associées au niveau des bourgeons à l'origine des nouvelles branches. Ils ont pour cela réalisé une analyse comparative de la méthylation de l'ADN sur l'ensemble du génome entre les lignées modifiées et témoin. Cette analyse montre un remaniement d'environ 5 000 régions de l'ADN ou épimutations en condition de sécheresse. Les gènes associés à ces régions sont notamment impliqués dans la réponse aux contraintes environnementales, en particulier dans la réponse hormonale. Les modifications épigénétiques touchent notamment à deux voies hormonales, les cytokinines et l'acide salicylique, déjà connues pour intervenir dans la croissance ou la réponse à la sécheresse des plantes. Ces résultats montrent que, contrairement aux mutations génétiques qui se font au hasard dans le processus d'évolution de l'espèce, les modifications épigénétiques induites par un stress environnemental ciblent davantage des gènes directement impliqués dans la réponse au stress. Ainsi la méthylation de l'ADN participe à la capacité de l'arbre à s'acclimater aux conditions de sécheresse.

Des séquences ADN mobiles activées qui induisent des mutations génétiques

Mais ces remaniements de la méthylation de l'ADN dans les lignées modifiées affectent également l'activité d'éléments génétiques mobiles, ou éléments transposables. Existant chez tous les êtres vivants, ces séquences d'ADN sont capables de se déplacer de manière autonome dans un génome. En particulier, chez les plantes, elles peuvent constituer plus de 50 % de leur patrimoine génétique, et peuvent provoquer des mutations notamment dans des gènes.

Cette étude montre que les modifications épigénétiques induites par la sécheresse activent directement 89 de ces éléments transposables se situant à proximité des gènes impliqués dans la réponse aux stress environnementaux. Parmi eux, deux se sont réinsérés dans le génome, induisant des mutations génétiques qui pourraient se transmettre à la descendance. Cette diversité génétique acquise pourrait alors affecter la réponse des arbres aux contraintes environnementales dans un contexte d'adaptation au changement climatique.

En décrivant les mécanismes épigénétiques à l'œuvre lors d'une sécheresse et les mutations génétiques en découlant, cette étude apporte une meilleure compréhension des mécanismes d'adaptation des arbres aux conséquences du changement climatique. Elle ouvre ainsi de nouvelles perspectives pour les sélectionneurs et gestionnaires forestiers pour obtenir des forêts plus résilientes.

Les arbres : une mosaïque épigénétique

Chez les arbres qui vivent des centaines, voire des milliers d'années, chaque branche est porteuse d'un génome et d'un épi-génome qui lui est propre, et l'arbre représente une mosaïque de génomes et d'épi-génomes depuis le tronc jusqu'aux nouvelles branches. En effet, les modifications épigénétiques (épimutations qui sont 100 000 fois plus fréquentes que les mutations) et les mutations génétiques qui peuvent survenir une année se retrouvent dans le bourgeon donnant naissance à la nouvelle branche, l'année suivante. Cette étude montre que les épimutations surviennent en réponse à des changements environnementaux et peuvent induire à leur tour des mutations génétiques.

Référence

Mamadou Dia Sow, Anne-Laure Le Gac, Régis Fichot, Sophie Lanciano, Alain Delaunay, Isabelle Le Jan, Marie-Claude Lesage-Descauses, Sylvie Citerne, Jose Caius, Véronique Brunaud, Ludvine Soubigou-Taconnat, Hervé Cochard, Vincent Segura, Cristian Chaparro, Christoph Grunau, Christian Daviaud, Jörg Tost, Franck Brignolas, Steven H. Strauss, Marie Mirouze, Stéphane Maury. (2021) *RNAi suppression of DNA methylation affects drought stress response and genome integrity in transgenic poplar*. New Phytologist <https://doi.org/10.1111/nph.17555>

Etude menée dans le cadre du projet ANR EPITREE (ANR-17-CE32-0009-01)

Le projet vise à étudier l'impact de l'épigénétique (méthylation de l'ADN), de l'expression des gènes et de la variation allélique dans les mécanismes d'adaptation des arbres à l'environnement local et de leur plasticité phénotypique. Deux espèces seront analysées : le chêne et le peuplier.

Il s'inscrit dans les thématiques de l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes et notamment la forêt et les arbres. Il permettra de tester l'intérêt de l'apport des données d'épigénomique chez les arbres aussi bien en recherche fondamentale que pour la gestion des ressources génétiques forestières.

<https://www6.inrae.fr/epitree-project/>

**Contact scientifique :**

Prof. Stéphane Maury – stephane.maury@univ-orleans.fr

Laboratoire de Biologie des Ligneux et Grandes Cultures (INRAE, Université d'Orléans)

Département scientifique ECODIV

Centre INRAE Val de Loire

Contact presse :

Service de presse INRAE : 01 42 75 91 86 – presse@inrae.fr

A propos d'INRAE

INRAE, l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, est un acteur majeur de la recherche et de l'innovation créé le 1er janvier 2020. Institut de recherche finalisé issu de la fusion entre l'Inra et Irstea, INRAE rassemble une communauté de 12 000 personnes, avec 268 unités de recherche, service et expérimentales implantées dans 18 centres sur toute la France. L'institut se positionne parmi les tout premiers organismes de recherche au monde en sciences agricoles et alimentaires, en sciences du végétal et de l'animal, et en écologie-environnement. Il est le premier organisme de recherche mondial spécialisé sur l'ensemble « agriculture-alimentation-environnement ». INRAE a pour ambition d'être un acteur clé des transitions nécessaires pour répondre aux grands enjeux mondiaux. Face à l'augmentation de la population, au changement climatique, à la raréfaction des ressources et au déclin de la biodiversité, l'institut construit des solutions pour des agricultures multi-performantes, une alimentation de qualité et une gestion durable des ressources et des écosystèmes.

www.inrae/presse

A propos du CEA

Le CEA est un acteur majeur de la recherche, au service de l'État, de l'économie et des citoyens. Il apporte des solutions concrètes à leurs besoins dans quatre domaines principaux : transition énergétique, transition numérique, technologies pour la médecine du futur, défense et sécurité. Réunissant 20 000 collaborateurs et implanté au cœur des territoires sur 9 centres équipés de très grandes infrastructures de recherche, le CEA bénéficie d'un large éventail de partenaires académiques et industriels en France, en Europe et à l'international. Il se classe au 1er rang des organismes de recherche français en matière de dépôts de brevets en France et en Europe, selon le classement Clarivate 2019.

Pour en savoir plus : www.cea.fr

A propos de l'IRD

L'IRD est un organisme de recherche public français pluridisciplinaire et un acteur de l'agenda international pour le développement. Son modèle est original : le partenariat scientifique équitable avec les pays en développement.

Les priorités de recherche de l'IRD s'inscrivent dans la mise en œuvre des Objectifs de développement durable (ODD), avec pour ambition d'appuyer les politiques de développement et la conception de solutions adaptées aux défis environnementaux, économiques, sociaux et culturels auxquels les hommes et la planète font face.

www.ird.fr

<https://lemag.ird.fr/>

A propos de l'Université d'Orléans

L'Université d'Orléans se caractérise par sa pluridisciplinarité et son ouverture à l'International. Elle compte 3 Unités de Formation et de Recherche (UFR) : Droit Economie Gestion, Lettres Langues et Sciences Humaines, Sciences et Techniques et aussi 1 école d'ingénieurs (Polytech), 4 Instituts Universitaires de Technologie, 1 Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation (INSPÉ), 1 Observatoire des Sciences de l'Univers (OSUC) et 1 Ecole Universitaire de Kinésithérapie (EUK).

20 000 étudiants étudient sur les campus, répartis sur les 14 sites de l'Université implantés en région Centre Val-de-Loire.

L'Université d'Orléans est largement ouverte à l'International avec 14 % d'étudiants de nationalité étrangère, et près de 90 pays représentés.

Chaque année, près de 500 étudiants orléanais font le choix d'étudier ou d'effectuer un stage dans une des 150 universités ou entreprises partenaires localisées en Europe et hors Europe. Labélisée HRS4R (Stratégie des Ressources Humaines pour les chercheurs) et membre de l'alliance ATHENA Université Européenne, sa vocation internationale n'est plus à démontrer.

Sa capacité d'innovation se traduit par le dynamisme de sa Recherche et les transferts de technologie vers les entreprises régionales, nationales et internationales.

Son offre de formation, riche en filières professionnelles, se développe en lien fort avec la Recherche à travers des collaborations étroites avec les équipes de ses 25 laboratoires associés.

Les dispositifs d'accueil et d'aide à l'insertion professionnelle des étudiants et des adultes contribuent à faire de l'Université d'Orléans un acteur majeur du développement territorial.