

Miscanthus : l'essor d'une nouvelle culture en France

Maryse Brancourt-Hulmel

Botanique et origine¹

Le nom de *miscanthus* réunit deux mots grecs qui font référence à la particularité de sa fleur (Fig. 1) : « mischos » désigne une tige qui fait écho au pédoncule, c'est-à-dire une petite tige se situant au niveau de la fleur qui est elle-même regroupée avec d'autres fleurs au sein de la panicule, tandis que « anthos » désigne la fleur (Clifton-Brown *et al.*, 2008).



Figure 1 : Fleur de *miscanthus* ; en bas à gauche la tige qui est à l'origine du mot *miscanthus*

Le *miscanthus* est parfois appelé à tort « herbe à éléphant », dénomination réservée à l'espèce *Pennisetum purpureum* (Stapf, 1912).

Dans la famille des graminées (*Poaceae*), le genre *Miscanthus* appartient à la tribu des Andropogoneae, qui comprend également le maïs, le sorgho et la canne à sucre. Au sens large, il contient une vingtaine d'espèces (Scally *et al.*, 2001) ; mais des analyses phylogénétiques au niveau moléculaire en ont redessiné les contours dans un sens plus strict, certaines espèces s'étant avérées plus proches d'autres genres (Hodkinson *et al.*, 2002a) : *Miscanthus sensu stricto* comprend ainsi une dizaine d'espèces. A l'état naturel, il couvre une large aire géographique à l'Est et au Sud-Est de l'Asie (Fig. 2), les quelques espèces africaines ne faisant pas partie du genre au sens strict. Dans ce genre au sens strict, le génome comporte un nombre de base de 19 chromosomes.

¹ Ce texte fait partie des « Mots de l'agronomie », à retrouver à la page https://mots-agronomie.inra.fr/index.php/Miscanthus:_une_culture_nouvelle_en_France

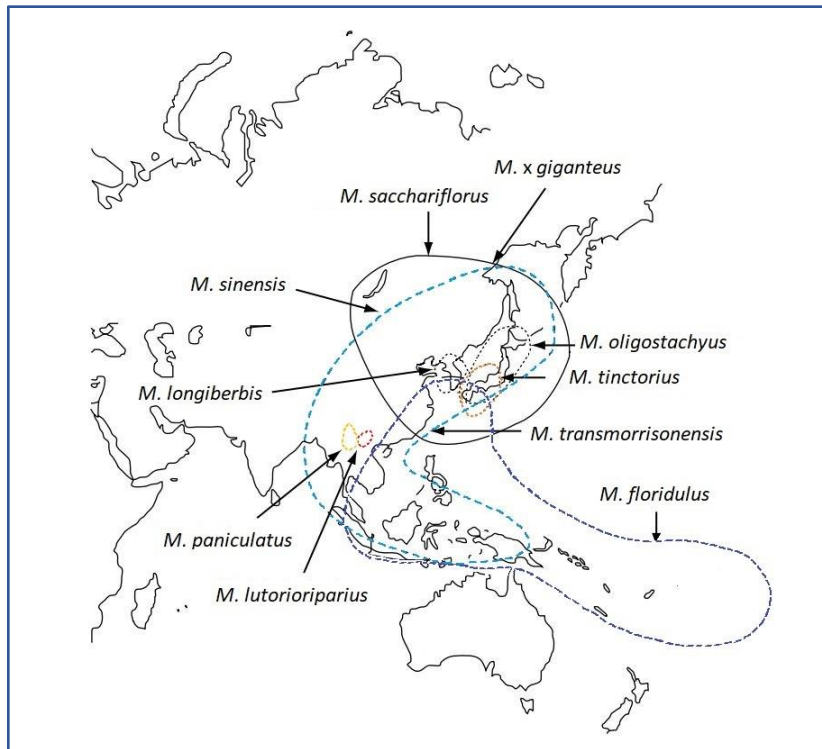


Figure 2. Distribution des principales espèces répertoriées en Asie (d'après Clifton-Brown et al., 2008). *M. x giganteus* se rencontre dans les aires où cohabitent *M. sacchariflorus* et *M. sinensis*.

Le miscanthus géant cultivé en France appartient à l'espèce *Miscanthus x giganteus*, issue du croisement naturel spontané entre *M. sacchariflorus* et *M. sinensis*. La plante d'origine, collectée par le botaniste danois Aksel Olsen dans une île au sud du Japon, fut apportée au Danemark en 1935 (Linde-Laursen, 1993). De nouveaux hybrides naturels ont été trouvés depuis (Tamura et al., 2016), plus particulièrement dans les aires où cohabitent ses deux espèces parentales.

Miscanthus x giganteus est triploïde (3×19 , soient 57 chromosomes) et donc stérile. Côté maternel, il provient d'un *M. sacchariflorus* tétraploïde (4×19 chromosomes). Côté paternel, il vient d'un *M. sinensis* diploïde (2×19 chromosomes), connu sous le nom de roseau de Chine. Le nombre chromosomique de base du miscanthus est quasiment le double de celui du sorgho qui est de 10. L'analyse comparative des génomes séquencés de *M. sinensis* et du sorgho montre que chaque chromosome du sorgho s'aligne sur une paire de chromosomes de *M. sinensis*, à l'exception d'un chromosome du miscanthus qui correspond à la fusion de deux chromosomes du sorgho (Mitros et al., 2020). Du fait que l'ordre des séquences nucléotidiques soit bien conservé entre les deux génomes, il est probable que la duplication du génome de *M. sinensis* soit très ancienne.

Enfin, une autre espèce, *M. floridulus*, se trouve dans les mêmes zones géographiques que *M. sinensis*. Du fait de sa relative sensibilité au gel (Clifton-Brown et al., 2011), elle pousse généralement dans des zones à basse altitude (Hodkinson et al., 2015).

M. x giganteus, *M. sinensis* et *M. sacchariflorus* ont été identifiées comme présentant le plus grand potentiel de production de biomasse et *M. floridulus* peut également atteindre des hauts rendements (Clifton-Brown et al., 2008).

Adoption et culture du miscanthus en agriculture en France

Le miscanthus est une graminée pérenne que l'on peut cultiver pendant plusieurs années, jusqu'à 20 voire 25 ans pour le miscanthus géant. La stérilité de celui actuellement cultivé en France réduit à zéro le risque d'invasivité par dispersion de graines dans l'environnement. Il possède un rhizome, organe souterrain de réserve à partir duquel la plante se développe et qui lui permet de se multiplier par voie végétative.



Figure 3. Vue d'une collection de miscanthus en cours de végétation comportant un miscanthus géant (*Miscanthus x giganteus*) à gauche, trois roseaux de Chine (*Miscanthus sinensis*) au centre et un *Miscanthus sacchariflorus* à droite.

Le rhizome est planté en avril-mai, puis il grossit d'année en année tout en restant compact. Il permet à la plante de recycler les éléments minéraux nécessaires à sa croissance. Ainsi, l'accumulation de l'azote dans les parties souterraines à l'automne et sa remobilisation au printemps permettent au miscanthus d'être productif avec très peu d'engrais azotés (Strullu *et al.*, 2011). Sa productivité élevée est due à une photosynthèse de type C4 capable de se dérouler en climat tempéré frais (Long & Spence, 2013). Aucune maladie ni aucun ravageur ne lui étant préjudiciables en France à ce jour, à l'exception du taupin, sa culture ne requiert pas de fongicides. Les deux premières années, elle nécessite un désherbage mécanique ou chimique.

Très ressemblant morphologiquement à la canne à sucre (Fig. 3), le miscanthus produit des tiges qui sont récoltées annuellement. La récolte se fait le plus souvent en fin d'hiver pour permettre à la plante un recyclage complet des nutriments des parties aériennes vers le rhizome. Le miscanthus, alors dépourvu de ses feuilles, est devenu très sec et peut contenir plus de 80-85 % de matière sèche. Les tiges peuvent être récoltées avec une ensileuse (comme pour le maïs) pour les réduire en copeaux de 10 à 50 mm (Fig. 4). Selon les usages, les copeaux peuvent être stockés en vrac, voire dépoussiérés et conditionnés en big bags ou en sacs de différents volumes. Ils peuvent aussi être densifiés sous forme de granulés après un nouveau broyage. Enfin, la récolte peut aussi s'effectuer avec une faucheuse puis être pressée en balles, à haute densité (280-300 kg/m³) en raison de la faible densité de la paille.



Figure 4. Récolte de miscanthus à maturité en fin d'hiver. L'ensileuse est cachée par le miscanthus, ce qui montre sa taille imposante.

Après chaque récolte, la plante émet de nouvelles tiges au printemps suivant pour une nouvelle saison de végétation. Elle voit alors son nombre de tiges et leur section augmenter au fil des années et les tiges peuvent mesurer jusqu'à 4 m de hauteur.

Les rendements moyens oscillent entre 8,4 et 11,3 tonnes de matière sèche par hectare au niveau national pour la période 2015-2021². Sur cette même période, les surfaces françaises ont quasiment doublé, passant de près de 4000 à 8500 hectares, et le nombre d'exploitations produisant du miscanthus a doublé aussi, passant de près de 1000 à plus de 2000 (A. Jeanroy, communication personnelle).

Les agriculteurs adoptent la culture du miscanthus pour diverses raisons. A partir d'une enquête réalisée auprès de dix producteurs de miscanthus en Côte d'Or (Martin, 2012), les dix agriculteurs enquêtés ont tous axé leur choix technique sur la base de l'adaptation de la culture aux territoires contraignants, de son itinéraire technique simple, de ses faibles besoins en intrants, de la pérennité de la culture et de l'amélioration des conditions de travail qui résulte des faibles contraintes liées à sa gestion dès lors qu'elle est implantée. Parmi les facteurs sociaux, les dix agriculteurs sondés ont tous cherché à diversifier leur métier et à répondre aux enjeux de l'énergie tandis que huit d'entre eux l'ont réalisé par goût pour l'innovation.

Utilisation et débouchés

En France, le miscanthus a été initialement utilisé en horticulture, la première parcelle agricole ayant été implantée en Alsace en 1993. C'est à partir des années 2000 qu'on a pu constater un intérêt croissant pour sa culture, les premiers débouchés ayant principalement visé la production de biocombustible. L'association France miscanthus (<https://france-miscanthus.org/>), créée en 2009 et qui regroupe les entreprises les plus actives dans le développement de cette culture en France, a recensé les premiers projets marquants, qui ont permis l'installation de chauffage collectif et domestique, voire le développement d'installations industrielles. Ces projets résultaient de la volonté d'une autonomie énergétique, étant donné le coût croissant de l'énergie et la prise de conscience de la raréfaction des énergies fossiles. Depuis lors, d'autres débouchés ont pris de l'ampleur. Le paillage horticole s'est surtout développé à partir des années 2010 et sa demande ne fait que croître auprès des collectivités territoriales et de leurs groupements. L'année 2017 marque une nouvelle étape car ces collectivités ne sont plus autorisées à utiliser des produits phytopharmaceutiques sur leur territoire. Le paillage intéresse également les viticulteurs pour réduire l'usage des produits phytosanitaires. Parallèlement, on assiste à une demande de miscanthus pour une valorisation en litière pour animaux, qui concerne l'aviculture, les chevaux, les bovins et les animaux de compagnie. Le pouvoir absorbant de la paille et une litière indemne de poussière, de produits phytosanitaires, voire de maladies, sont en effet des qualités recherchées. Enfin, des usages émergents tels les matériaux de construction et les composites à base de miscanthus commencent tout juste à se développer. L'essor de ces matériaux de construction devrait s'intensifier suite à la réglementation environnementale 2020 qui met les matériaux biosourcés comme solutions prioritaires dans les constructions neuves et par la mise en place d'un cadre normatif pour accompagner la production industrielle de tels matériaux (exemple du projet NG2B pour les granulats servant à produire des bétons biosourcés, <https://www.cerema.fr/fr/actualites/carte-identite-betons-vegetaux>). Du côté de l'industrie automobile, une formulation de composite à base de miscanthus a été validée par PSA Peugeot Citroën dans le cadre du projet Biomasse pour le futur, ce qui ouvre la voie à sa commercialisation (<https://anr.fr/ProjetIA-11-BTBR-0006>).

² Ces estimations ont été réalisées à partir de données rassemblées par France miscanthus pour la période 2015-2021, en excluant les surfaces en première année de culture car la première année correspond à l'installation de la culture et n'est pas récoltée.

Impacts environnementaux et services écosystémiques

Parallèlement à ces débouchés, la culture est de plus en plus valorisée pour ses services écosystémiques, c'est-à-dire pour les biens ou les services que les hommes peuvent tirer de la culture pour assurer leur bien-être. En 2017, le miscanthus a été reconnu comme surface d'intérêt écologique dans le cadre de la politique agricole. Cette culture pérenne permet de stocker du carbone dans le sol. Dans un essai de longue durée mené par l'INRAE dans la Somme, les stocks de carbone organique sous une culture de miscanthus sans apport d'azote et récoltée en fin d'hiver (comme le plus souvent chez les agriculteurs), ont augmenté en moyenne entre 2006 et 2019 de 0.98 t C/ha/an sur les 40 premiers centimètres de sol (Ferchaud *et al.*, 2022). Des initiatives sont conduites pour implanter la culture sur des aires d'alimentation de captages afin de protéger la ressource en eau car elle peut jouer un rôle tampon en prélevant des nitrates du sol et en limitant la lixiviation. Sous miscanthus sans apport azoté et récolté tardivement, Ferchaud et Mary (2016) mesurent un pic de nitrates dans le sol sur les deux premières années de culture (168.5 mg NO₃ L⁻¹ sur 150 cm de sol, soient 33.7 mg NO₃ L⁻¹ par horizon de 30 cm) mais la culture récupère ensuite ces nitrates car la concentration dans le sol devient dix fois plus faible et se stabilise à un niveau très faible de 16.7 mg NO₃ L⁻¹ sur 150 cm de sol, soient 3.3 mg NO₃ L⁻¹ par horizon de 30 cm (moyenne des 7 années suivantes). Le miscanthus peut aussi se cultiver en bandes pour limiter l'érosion des sols dans les zones sensibles aux inondations et aux coulées de boues. Ces bandes anti-érosion représentent un service particulièrement intéressant autour des zones habitées. Sur sol limoneux, Mazur *et al.* (2021) montrent en effet le rôle anti-érosion d'une bande cultivée perpendiculairement à des pentes moyennes (d'environ 11%) : le ruissellement est alors réduit de 17%, les volumes d'érosion sous forme de rigoles de 89.3 % et la perte de sol de 29%. Enfin, un autre service concerne la protection des zones habitées par une ceinture plantée en miscanthus. En raison de la hauteur de la culture et de ses faibles besoins en intrants azotés et produits phytosanitaires, le miscanthus crée une zone tampon non traitée qui peut faire écran vis-à-vis des cultures conventionnelles. En ce qui concerne les impacts environnementaux, ils ont fait l'objet d'une analyse de cycle de vie pour deux débouchés à base de miscanthus (projet Biomasse pour le futur). Pour la production de béton à base de miscanthus, cette analyse le place au même niveau que la production de brique, à l'exception de l'impact vis-à-vis du climat qui est meilleur. Quant au méthane produit à partir de miscanthus, il génère des impacts équivalents à ceux du gaz naturel, mais il se démarque également sur le climat où il est bien meilleur (Jury *et al.*, 2022). Dans chaque cas, la compétition pour le changement d'usage des sols a été prise en compte et l'impact environnemental s'améliore lorsque le miscanthus est cultivé sur des terres qui ne sont pas en compétition avec l'usage alimentaire. Ainsi, la culture du miscanthus sur les zones sensibles précitées présente un double avantage : au niveau écosystémique mais également au niveau des impacts environnementaux associés aux débouchés à base de miscanthus.

Réticences rencontrées vis-à-vis de cette nouvelle culture

En tant que nouvelle culture, le miscanthus nécessite l'apprentissage et la maîtrise de techniques inhabituelles. Ainsi, les dix agriculteurs enquêtés dans l'étude précitée ont évoqué leurs incertitudes quant aux modalités de récolte de la culture (Martin, 2018) ; la récolte hivernale exige notamment une portance de sol suffisante pour le passage des engins agricoles. A l'inverse, les agriculteurs enquêtés n'ont pas évoqué d'incertitude vis-à-vis de l'implantation car celle-ci a été externalisée. Ceci est d'ailleurs généralement le cas car elle nécessite un matériel spécifique, de surcroît peu utilisé sur l'exploitation étant donné le caractère pérenne de la plante. La réorganisation de l'assolement suite à l'introduction de cette plante pérenne ne semble pas être un frein majeur puisqu'elle n'a été évoquée que par deux agriculteurs sur les dix. Au niveau économique, c'est l'avance de trésorerie qui préoccupe les dix agriculteurs car il faut compter au moins deux années avant que la culture n'arrive à pleine production. A cela s'ajoute un coût d'implantation élevé en raison des rhizomes qui sont chers à produire. Mais dans les projets à visée de service écosystémique, ce coût est souvent pris en charge par les agences de l'eau ou les

collectivités territoriales. Des questionnements ont parfois été émis quant à la destruction de la culture, cette technique étant jusque-là assez peu répandue en agriculture. En 2016, un essai âgé de 9 ans a été détruit sur le site de l'INRAE dans la Somme et la culture de blé qui a suivi n'a pas montré de repousses de miscanthus (Fig. 5). Une fiche technique a d'ailleurs été développée sur la destruction d'une culture de miscanthus dans le cadre du réseau mixte technologique « Biomasse et Territoire » (<https://france-miscanthus.org/wp-content/uploads/2019/11/fiche-destruction-miscanthus.pdf>).



Figure 5. Après destruction d'un essai de miscanthus âgé de 9 ans, absence de repousses dans un champ de blé semé. Sur la partie droite, on aperçoit l'autre moitié de l'essai de miscanthus qui est encore en place.

Un autre élément peut freiner l'engagement des agriculteurs. Si l'implantation du miscanthus s'avère idéale dans les zones sensibles en raison des services écosystémiques qu'il peut rendre, il est cependant nécessaire de développer des débouchés à proximité de ces zones du fait de la faible densité de la paille de miscanthus. En effet, l'implantation dans les zones sensibles nécessite d'impliquer différents acteurs au niveau territorial, parfois nombreux, ce qui peut allonger la durée d'émergence de projets locaux et éteindre la motivation des agriculteurs.

Au niveau sociétal, la culture de miscanthus a parfois été la cible de préjugés. La question de l'invasivité s'est d'abord légitimement posée. La stérilité des miscanthus cultivés en agriculture réduit à zéro le risque de dispersion de graines dans l'environnement. La sélection à l'INRAE tient d'ailleurs compte de ce critère environnemental de non-invasivité. Si des variétés devaient être développées par la voie de graines en France afin de diminuer les coûts d'implantation, la sélection devrait alors y associer un mécanisme de stérilité par voie génétique. Le risque d'invasivité n'est cependant pas nul en horticulture, où les variétés commercialisées sont le plus souvent fertiles. Une étude américaine a en effet montré que des *M. sinensis* se sont naturalisés à partir de variétés horticoles (Clark *et al.*, 2014). Certaines entreprises françaises sont cependant sensibilisées à cette question et commencent à s'intéresser au développement de variétés horticoles stériles par le biais de l'INRAE. En outre, le caractère traçant du rhizome pourrait être un facteur d'invasivité. Si certaines espèces comme *M. sacchariflorus* sont connues pour avoir un rhizome traçant, d'autres présentent un rhizome compact (Fig. 6). C'est le cas de *M. x giganteus* tout comme *M. sinensis*, une autre espèce ciblée par la sélection pour élargir le pool de variétés (Fig. 3). On peut toutefois souligner ici que la sélection du miscanthus représente un des rares exemples où une demande sociétale de non-invasivité est intégrée comme critère de sélection.

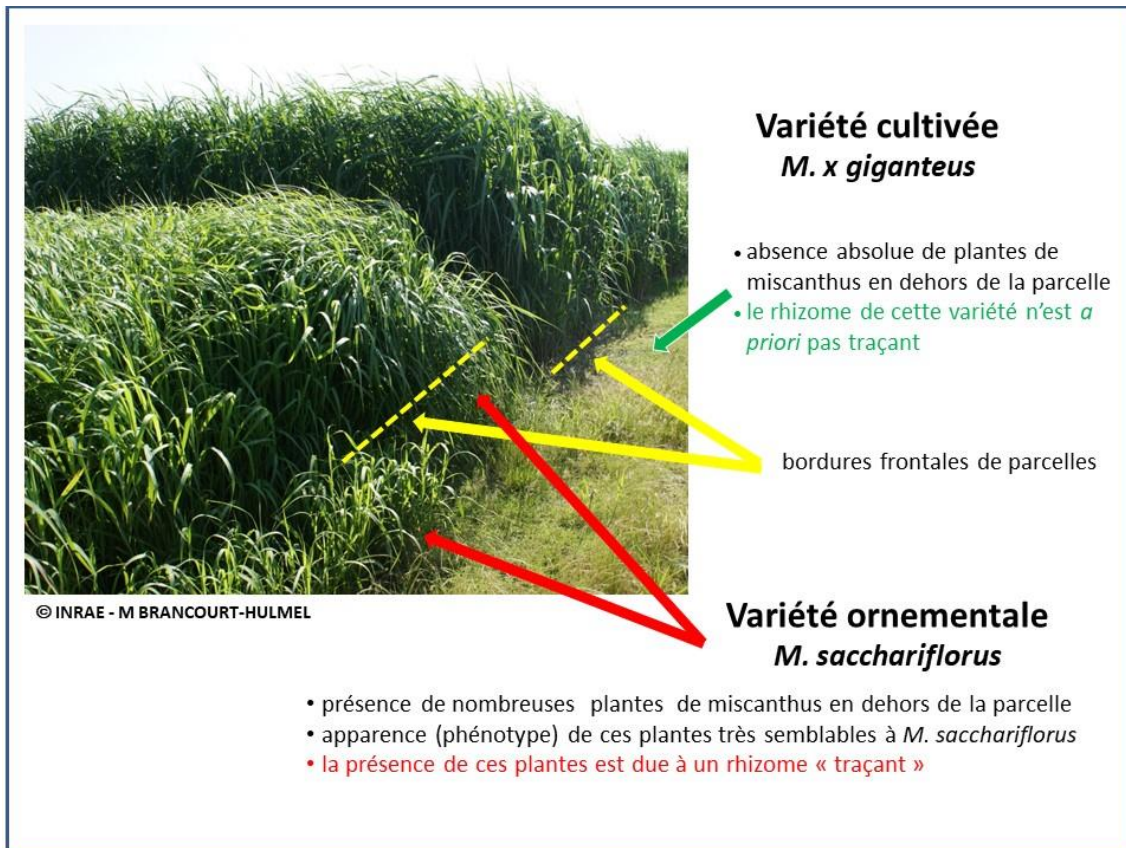


Figure 6. Illustration du caractère non traçant du miscanthus géant cultivé (à l'arrière) comparativement à un *Miscanthus sacchariflorus* (à l'avant).

Enfin, la question de la destruction du miscanthus interroge également le citoyen qui fait peut-être l'analogie avec le bambou. Non seulement, il est possible de détruire une culture de miscanthus comme évoqué précédemment, mais cette destruction représente un avantage environnemental puisqu'elle va générer un stockage supplémentaire de carbone dans le sol qui peut représenter jusqu'à 12 % du carbone organique du sol entrant dans l'humus (Ferchaud *et al.*, 2022).

Pour conclure, cette filière en pleine émergence nécessite des connaissances sur beaucoup de fronts, ce qui ouvre la voie à de nombreuses perspectives, en particulier pour la recherche à l'INRAE. Tandis que les surfaces cultivées ont rapidement augmenté et les usages et services se sont diversifiés, l'offre variétale est restée limitée à un seul clone cultivé à France, ce qui fragilise la culture au moindre aléa climatique ou phytosanitaire. Par conséquent, l'INRAE va continuer à progresser dans la connaissance de la génétique et de la diversité génétique des miscanthus. Des progrès en matière de sélection sont attendus pour prendre en compte les spécificités au sein du genre *Miscanthus* afin de répondre à une diversité de milieux, d'utilisations ou encore de services écosystémiques émergents. Chaque nouvel usage nécessitera en outre d'analyser la possibilité de création de valeur selon des performances qui soient favorables aux niveaux productif, technique, économique et environnemental. Enfin, on peut s'attendre à ce que la forte demande en services écosystémiques soit un élément moteur pour continuer à accompagner le développement futur de la culture mais des retours d'expérience restent encore largement à documenter pour la plupart.

Références

Clifton-Brown, J., Chiang, Y.-C., Hodkinson, T., 2008. Miscanthus: Genetic Resources and Breeding Potential to Enhance Bioenergy Production. In: W. Vermerris, ed., *Genetic Improvement of Bioenergy Crops*. Springer, New York: 295–308.

- Clifton-Brown J., Renvoize S.A., Chiang Y.-C., et al., 2011. Developing Miscanthus for Bioenergy. In: N. G. Halford, A. Karp, eds., *Energy Crops*. Royal Society of Chemistry, London: 301–321.
- Ferchaud F., Boissy J., Mouny J.-C., Duparque A., Marsac S., Chenu C., 2022. *Projet CE-CARB: cultures énergétiques et stockage de carbone dans les sols*. Rapport final, 125 p. (document interne). **[[Il n’y a pas d’éditeur car c’est un projet qui vient de se terminer (début 2022) et pour lequel un rapport final a été rédigé. Il y aura bien un article par la suite mais cette information est trop importante pour passer à côté.]]**
- Ferchaud F., Mary B., 2016. Drainage and Nitrate Leaching Assessed During 7 Years Under Perennial and Annual Bioenergy Crops. *Bioenergy Res.*, 9: 656–670.
- Hodkinson T., Chase M., Lledo M., Salamin N., Renvoize S., 2002a. Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (*Saccharinae*, *Andropogoneae*, *Poaceae*) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid trnL intron and trnL-F intergenic spacers. *J. Plant Res.*, 115: 381–392.
- Hodkinson T., Chase M., Takahashi C., Leitch I., Bennett M., Renvoize S., 2002b. The use of DNA sequencing (ITS and trnL-F), AFLP, and fluorescent in situ hybridization to study allopolyploid *Miscanthus* (*Poaceae*). *Am. J. Bot.*, 89: 279–286. [<https://doi.org/10.3732/ajb.89.2.279> Texte intégral].
- Hodkinson T.R., Klaas M., Jones M.B., Prickett R., Barth S., 2015. Miscanthus: a case study for the utilization of natural genetic variation. *Plant Genet. Resour.-Charact. Util.*, 13: 219–237. [<https://doi.org/10.1017/S147926211400094X> Texte intégral].
- Jury C., Girones J., Vo L.T.T., 2022. One-step preparation procedure, mechanical properties and environmental performances of miscanthus-based concrete blocks. *Mater. Today Commun.*, 31, (sous presse)
- Jury C., Thomas H.L., Carrere H., 2021. Life Cycle Assessment of Two Alkaline Pretreatments of Sorghum and Miscanthus and of Their Batch Co-digestion with Cow Manure. *Bioenergy Res.*
- Linde-Laursen I., 1993. Cytogenetic Analysis of *Miscanthus* ‘Giganteus’, an Interspecific Hybrid. *Hereditas*, 119 : 297–300.
- Martin L., 2018. *Modéliser l’insertion territoriale du Miscanthus x giganteus à partir des décisions des agriculteurs : une approche exploitant le modèle du raisonnement à partir de cas*. Thèse, Université de Lorraine, 264 p.
- Mazur A., Kowalczyk-Jusko A., 2021. The Assessment of the Usefulness of *Miscanthus x giganteus* to Water and Soil Protection against Erosive Degradation. *Resour.-BASEL* 10. [<https://www.mdpi.com/2079-9276/10/7/66/htm> Texte intégral].
- Mitros T., Session A.M., James B.T., et al., 2020. Genome biology of the paleotetraploid perennial biomass crop *Miscanthus*. *Nat. Commun.*, 11. [<https://doi.org/10.1038/s41467-020-18923-6> Texte intégral].
- Scally L., Hodkinson T., Jones M., 2001. Origins and Taxonomy of *Miscanthus*. In: M.B. Jones, M. Walsh, eds., *Miscanthus for Energy and Fibre*. James & James, London: 1–9.
- Stapf O., 1912. Elephant Grass. A New Fodder Plant. (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *Kew Bot. Garden Bull.*: 309–316.
- Strullu L., Cadoux S., Preudhomme M., Jeuffroy M.-H., Beaudoin N., 2011. Biomass production and nitrogen accumulation and remobilisation by *Miscanthus x giganteus* as influenced by nitrogen stocks in belowground organs. *Field crops Res.*, 121: 381–391.
- Sun Q., Lin Q., Yi Z.-L., Yang Z.-R., Zhou F.-S., 2010. A taxonomic revision of *Miscanthus* s.l. (*Poaceae*) from China. *Bot. J. Linn. Soc.*, 164: 178–220. [<https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2010.01082.x> Texte intégral].
- Tamura K., Uwatoko N., Yamashita H., Fujimori M., Akiyama Y., Shoji A., Sanada Y., Okumura K., Gau M., 2016. Discovery of Natural Interspecific Hybrids Between *Miscanthus Sacchariflorus* and *Miscanthus Sinensis* in Southern Japan: Morphological Characterization, Genetic Structure, and Origin. *Bioenergy Res.*, 9 : 315–325.



Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.