

# Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le Parc naturel régional de Lorraine



*Parcelle de Miscanthus à Ommeray - Crédit photo Julian Pichenot Cerema*

**RAPPORT D'ETUDE**

**Juin 2023**



N° NOVA : 21-ET-0366

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

**Site web :** [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

# Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le Parc naturel régional de Lorraine

Commanditaire : Parc naturel régional de Lorraine

Auteur : Cerema

Responsable du rapport

<b>Julian PICHENOT – DTMI – BANV</b>
Tél. : +33(0)3 87 20 46 38
Courrier : <a href="mailto:julian.pichenot@cerema.fr">julian.pichenot@cerema.fr</a>
Cerema - Direction territoriale Est – Bâtiment C, Île du Saulcy, CS 30855, 57045 METZ Cedex 1

## Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
V1	10/03/2022	Introduction et synthèse des connaissances
V2	24/11/2022	Rapport complété avec l'analyse des impacts potentiels sur la zone d'étude
V3	02/12/2022	Ajout des impacts paysagers
V4	10/02/2023	Ajout des recommandations et protocoles de suivis (version provisoire avant validation interne)
V5	31/05/2023	Relectures internes et apports du COPIL

## Références

N° d'affaire : 21-ET-0366

Partenaires : Agence de l'eau Rhin-Meuse, Région Grand Est

Convention de R&D-21-ET-0366

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
PICHENOT Julian	DTMI/BANV	Auteur principal	01/06/2023	
AUBRY Nadia	DTMI/TVT	Contributeur	01/06/2023	
CHRETIEN Luc	DTMI/BANV	Relecteur	01/06/2023	

## Résumé de l'étude :

Les chambres d'agriculture envisagent d'expérimenter la culture de *Miscanthus* sur le territoire du Parc naturel régional de Lorraine, en tant que culture à bas niveau d'impacts (protection de la ressource en eau), en remplacement du Maïs, et en vue d'une valorisation énergétique.

Le *Miscanthus* présente un risque d'invasivité et peut occasionner d'autres impacts écologiques relatés dans la bibliographie. Par ailleurs, il peut avoir une incidence sur le paysage car c'est une plante de grande taille, dont la culture est pérenne. Le PNR de Lorraine a donc souhaité évaluer ces risques et impacts potentiels, et définir des zones de sensibilités liées à l'implantation de cette culture sur son territoire.

Ce rapport fournit une synthèse des connaissances actuelles sur les risques et impacts écologiques et paysagers liés à l'implantation du *Miscanthus*. Puis, sur ces bases, il présente une analyse des sensibilités et impacts potentiels sur un périmètre d'étude concerné par des projets d'expérimentation de la culture : le bassin versant du Rupt de Mad.

Enfin, il propose des recommandations à prendre pour l'implantation de cette culture, en intégrant les enjeux écologiques actuels notamment ceux liés aux changements climatiques.

## 5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

Miscanthus	Parc naturel régional de Lorraine
Culture à bas niveau d'impact	
Impacts écologiques	
Impacts paysagers	
Risque invasif	

## Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- Accès libre : document accessible au public sur internet
- Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

# Sommaire

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Synthèse des connaissances actuelles sur les risques et impacts écologiques et paysagers liés à l'implantation de cultures de <i>Miscanthus X giganteus</i> .....</b>	<b>8</b>
2.1	<b>Présentation du <i>Miscanthus x giganteus</i> .....</b>	<b>8</b>
2.1.1	Systématique et origine .....	8
2.1.2	Morphologie et identification .....	9
2.1.3	Distribution .....	11
2.1.4	Reproduction.....	13
2.1.5	Ecologie et interactions biotiques.....	15
2.1.6	Usages du <i>Miscanthus</i> .....	19
2.1.7	Intérêts du <i>Miscanthus</i> dans une perspective de transition énergétique .....	21
2.1.8	Cycle cultural du <i>Miscanthus</i> et pratiques agronomiques.....	21
2.2	<b>Données sur le risque invasif de <i>Miscanthus x giganteus</i>.....</b>	<b>25</b>
2.2.1	Risque invasif lié à la dispersion des graines.....	25
2.2.2	Risque invasif lié à la propagation des rhizomes.....	26
2.2.3	Les populations échappées en Europe.....	27
2.2.4	Évaluations du risque invasif dans le monde .....	28
2.3	<b>Données sur les impacts écologiques du <i>Miscanthus</i> .....</b>	<b>33</b>
2.3.1	Impacts sur les espèces et les communautés animales natives.....	33
2.3.2	Impacts sur les espèces et les communautés végétales natives.....	34
2.3.3	Impacts hydrologiques et sur la ressource en eau .....	34
2.3.4	Autre impact écologique potentiel : le risque incendie .....	35
2.3.5	Synthèse des impacts écologiques connus et recommandations.....	35
2.4	<b>Données sur les impacts de la culture de <i>Miscanthus</i> vis-à-vis des paysages .....</b>	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>Analyse des sensibilités vis-à-vis de l'implantation de <i>Miscanthus x giganteus</i> sur le bassin versant du Rupt de Mad et recommandations.....</b>	<b>37</b>
3.1	<b>Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>37</b>
3.2	<b>Analyse des sensibilités écologiques de la zone d'étude et recommandations .....</b>	<b>38</b>
3.2.1	Méthodologie utilisée .....	38
3.2.2	Cartographie des sensibilités écologiques .....	41
3.2.3	Évaluation des impacts potentiels sur les continuités écologiques .....	41
3.2.4	Localisation des cultures hors zones sensibles sur des périmètres de protection de captage .....	42
3.2.5	Recommandations relatives à la biodiversité et aux continuités écologiques .....	44
3.3	<b>Analyse des impacts potentiels sur les paysages de la zone d'étude et recommandations.....</b>	<b>46</b>
3.3.1	Méthodologie utilisée .....	46
3.3.2	Perception visuelle du <i>Miscanthus</i> et de sa culture par l'homme .....	46
3.3.3	Évaluation des impacts sur le paysage.....	51
3.3.4	Recommandations paysagères pour les paysages identifiés depuis les différentes typologies de routes et chemins .....	58
<b>4</b>	<b>Définition de protocoles de suivi de l'implantation de la culture de <i>Miscanthus x giganteus</i>.....</b>	<b>68</b>
4.1	<b>Propositions de protocoles de suivi des effets sur la biodiversité.....</b>	<b>68</b>
4.2	<b>Propositions de protocoles de suivi hydrologique .....</b>	<b>69</b>
4.3	<b>Propositions de protocoles de suivi sur les paysages.....</b>	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>70</b>
5.1	<b>Bibliographie .....</b>	<b>70</b>

<b>5.2</b>	<b>Table des illustrations .....</b>	<b>75</b>
5.2.1	Photos .....	75
5.2.2	Illustrations .....	75
5.2.3	Tableaux.....	77

# 1 INTRODUCTION

Le *Miscanthus* (*x giganteus*) étant considéré comme une culture à bas niveau d'impact, son développement est recherché actuellement en vue d'améliorer la qualité de l'eau. Les chambres d'agriculture accompagnent et conseillent les agriculteurs pour son implantation.

Dans le cadre du Contrat de Territoire Eau et Climat (CTEC) Rupt de Mad, ces établissements envisagent d'expérimenter la culture du *Miscanthus*, en tant que Culture à bas niveau d'impact, dans le territoire du Parc naturel régional de Lorraine, au sein du bassin versant du Rupt de Mad. En testant d'abord l'implantation de la culture sur des petites surfaces, il s'agit d'étudier la faisabilité de remplacer le Maïs par du *Miscanthus*, pour protéger la ressource en eau, avec un suivi rigoureux des parcelles concernées.

Si cette expérimentation était positive, la culture de *Miscanthus* pourrait y être déployée, à la condition que la plante puisse être valorisée localement dans une chaufferie.

En effet, une valorisation de proximité semble indispensable car une analyse menée par la Chambre d'agriculture de Meurthe-et-Moselle a établi que cela pouvait être rentable si la distance de transport du *Miscanthus* vers la chaufferie était inférieure à 20 km (aller). Un projet de chaufferie est à l'étude à Thiaucourt (54) et pourrait offrir les conditions d'une valorisation de *Miscanthus* cultivé sur une partie du bassin versant du Rupt de Mad.

Dans le cadre de cette expérimentation, les Chambres d'agriculture de Meurthe-et-Moselle et de Meuse veillent à ce que l'implantation de cette nouvelle culture n'ait pas pour effet de mettre en culture des prairies. Mais, dans la réalité, si cette culture est intéressante sur le plan économique, comment les Chambres d'agriculture pourront-elles véritablement maîtriser son implantation, qui est une décision qui appartient aux agriculteurs ?

Le *Miscanthus* présente un risque d'invasivité. Par ailleurs, il peut aussi avoir une incidence sur le paysage car c'est une plante qui atteint 3 à 4 m de haut. Dans ce contexte, le Parc naturel régional de Lorraine souhaite que l'implantation de cette nouvelle culture soit appréhendée sur le plan écologique et paysager dans le cadre d'une étude.

Cette demande fait référence à la Charte du Parc pour la période 2015-2030 qui a posé un principe de précaution pour les nouvelles productions agricoles. Ce principe a pour effet de vérifier pour toute nouvelle production agricole, la faisabilité économique, sociale, mais également environnementale par rapport aux caractéristiques du territoire. Il est proposé de cibler l'étude sur un secteur du territoire du Parc correspondant au bassin versant du Rupt de Mad qui est considérée comme une zone humide sensible sur le plan environnemental.

Ce rapport fournit une synthèse des connaissances actuelles sur les risques et impacts écologiques et paysagers liés à l'implantation du *Miscanthus*. Puis, sur ces bases, il présente une analyse des sensibilités et impacts potentiels dans le bassin versant du Rupt de Mad. Enfin, il propose des précautions et établit des recommandations à prendre pour l'implantation de cette culture dans le Rupt de Mad, avant de définir des protocoles de suivis à mettre en place.

## 2 Synthèse des connaissances actuelles sur les risques et impacts écologiques et paysagers liés à l'implantation de cultures de *Miscanthus X giganteus*

### 2.1 Présentation du *Miscanthus x giganteus*

Dans ce rapport, l'appellation « *Miscanthus* », fait référence à l'hybride non fertile *Miscanthus x giganteus*. Pour présenter l'espèce et ses caractéristiques, il est nécessaire de présenter également les deux espèces parentes qui sont à l'origine de cet hybride : *Miscanthus sacchariflorus* et *Miscanthus sinensis*.

#### 2.1.1 Systématique et origine

*Miscanthus* Anderss est un genre de graminées (famille des *Poaceae*) rhizomateuses<sup>1</sup> et pérennes, dont l'aire de distribution naturelle se situe principalement en Asie. Parmi les *Poaceae*, le genre *Miscanthus* appartient à la sous-famille des *Panicoideae* et à la tribu des *Andropogoneae*, au sein de laquelle on retrouve d'autres plantes cultivées connues et importantes sur le plan économique : genre *Saccharum* (Canne à sucre), genre *Sorghum* (Sorgho) et genre *Zea* (Maïs). La proximité phylogénétique avec ces autres plantes cultivées a des implications en termes de sensibilité à certains ravageurs ou pathogènes.

Sur la base des analyses cytogénétiques et phylogénétiques, 14-20 taxons de *Miscanthus* sont reconnus par la plupart des organisations horticoles et botaniques (Hodkinson et Renvoize 2001, Clifton-Brown et al. 2008, Hodkinson et al. 2015), comprenant 11-12 espèces, mais aussi des cultivars<sup>2</sup> et des hybrides.

*Miscanthus x giganteus*, en français « le *Miscanthus* géant » ou encore « le Roseau de Chine », est un hybride spontané dit allopolyploïde<sup>3</sup> (triploïde), issu de deux espèces parentes : l'une tétraploïde, *M. sacchariflorus*, et l'autre diploïde, *M. sinensis* (Stewart et al. 2009). Il est parfois considéré comme une sous-espèce de *M. sinensis* (« *Miscanthus sinensis giganteus* »), ou comme un complexe d'espèces (« *Miscanthus* spp. *giganteus* ») (Carton et al. 2008), ce qui est inapproprié étant donné qu'il s'agit d'un hybride naturel. Le *Miscanthus* géant est aussi parfois nommé « Herbe à éléphant » (*'Elephant grass'* en anglais), alors que ce nom vernaculaire fait plutôt référence à autre plante, *Pennisetum purpureum*.

*M. x giganteus* comprend plusieurs génotypes, ou « clones » (individus génétiquement semblables). Le premier clone naturel a été découvert et prélevé dans l'aire de présence naturelle des deux espèces parentes, en 1935 à Yokohama (île au sud du Japon), par le botaniste danois Aksel Olsen, qui l'a ensuite introduit au Danemark (Nielsen 1990). Ce clone a rapidement été introduit dans d'autres pays d'Europe et en Amérique du Nord et serait à l'origine de la majorité des *Miscanthus* que l'on trouve aujourd'hui sur le marché (Linde-Laursen 1993).

Par la suite, des cultivars ont été créés artificiellement, en sélectionnant ou en hybridant des individus issus de différentes populations des deux espèces parentes. Par exemple, l'entreprise allemande TINPLANT commercialise deux cultivars de *M. x giganteus* : l'un nommé « Amuri » issu du croisement entre des populations nord-asiatiques de *M. sacchariflorus* et *M. sinensis* et l'autre nommé « Nagara » issus de populations japonaises des deux mêmes espèces. Le cultivar de *M. x giganteus* le plus répandu dans les grandes cultures en France serait un clone produit en Grande Bretagne par l'ADAS (Agriculture Development and Advisory Service) (Brancourt-Hulmel et al. 2019).

Plus récemment, trois nouveaux hybrides triploïdes ont été localisés au sein de populations sympatriques japonaises des deux espèces parentes, fournissant des nouveaux clones distincts appartenant à l'hybride *M. x giganteus* (Nishiwaki et al. 2011, Dwiyanti et al. 2013).

<sup>1</sup> Une plante rhizomateuse est caractérisée par une tige, généralement souterraine, appelée « rhizome » qui lui permet de pousser latéralement et de stocker des nutriments.

<sup>2</sup> Un cultivar est une variété de plante obtenue artificiellement, généralement par sélection, et que l'on cultive.

<sup>3</sup> Un organisme dit « allopolyploïde » possède un génome à plus de 2n chromosomes, suite au croisement de deux espèces qui produisent un hybride interspécifique. Dans le cas de *M. x giganteus*, l'hybride est triploïde : il dispose de 3n chromosomes. Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Notons que plusieurs autres hybrides, issus d'espèces parentes différentes, ont été créés par l'homme pour permettre de cultiver le *Miscanthus* sur des sols particuliers et dans des régions tropicales (Yamada 2015).

Lorsque l'on parle du « *Miscanthus* », on fait généralement référence au *Miscanthus* géant (*M. x giganteus*), qui est le taxon le plus largement utilisé et répandu dans le monde (Yamada 2015). En effet, après sa découverte en milieu naturel, des essais en culture ont montré qu'il était très productif en biomasse et facile à cultiver. Ces atouts l'ont rapidement fait connaître de par le monde.

## 2.1.2 Morphologie et identification

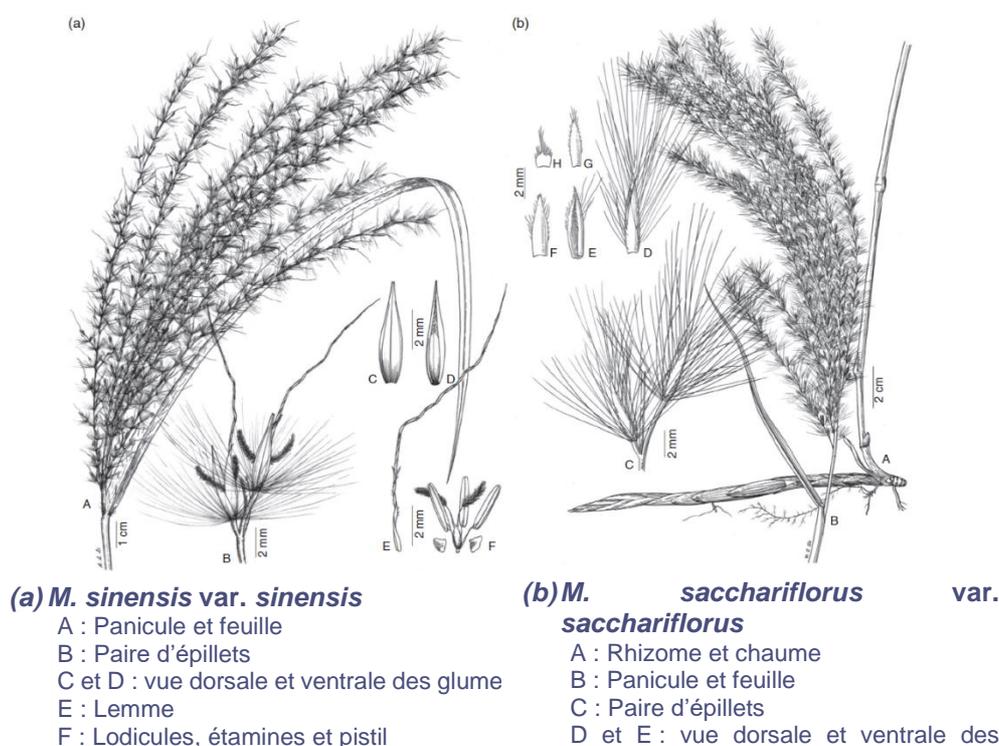
Les *Miscanthus* ressemblent beaucoup à notre Roseau commun *Phragmites australis*, avec qui ils peuvent facilement être confondus lorsqu'ils arrivent à maturité.

Les différents taxons de *Miscanthus* sont globalement difficiles à séparer morphologiquement. Ceci est d'autant plus vrai pour *M. x giganteus* qui, comme tous les hybrides, dispose de caractères intermédiaires ou similaires vis-à-vis de ses deux espèces parentes *M. sinensis* et *M. sacchariflorus*.

Les deux espèces parentes sont distinguables principalement en examinant des caractères visibles sur les épillets (Sun et al. 2010, Verloove 2022).

*M. sinensis* est une espèce morphologiquement variable. Il atteint une hauteur comprise entre 80 cm et 3 mètres, avec des tiges (chaumes) d'un diamètre de 3 à 10 mm. Contrairement à ceux de *M. sacchariflorus* et à *M. x giganteus*, ses épillets ont la particularité d'être longuement « aristés » (**Figure 1(a)E**) : ils sont munis d'une longue et fine arête prolongeant la lemme (glumelle inférieure).

*M. sacchariflorus*, espèce tétraploïde, est généralement plus grand que *M. sinensis* et dispose de tiges et de rhizomes plus épais et moins nombreux. Il peut largement dépasser les 3 m de hauteur et ses chaumes sont plus ramifiés. Ses épillets sont dépourvus d'arête (lemme non aristée ; **Figure 1 (b)F et G**). Par ailleurs, il développe généralement des tiges creuses pour s'adapter aux sols humides.



Source : Hodkinson et al. 2015, repris et modifié de Sun et al. 2010

Illustration 1 : Caractères morphologiques principaux des deux espèces parentes de *M. x giganteus* : à gauche, *M. sinensis* et à droite, *M. sacchariflorus*

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine



Photo 1 : *Miscanthus sinensis*



Photo 2 : *Miscanthus sacchariflorus*

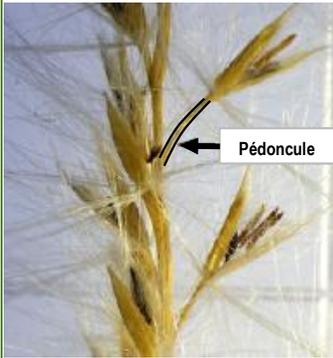
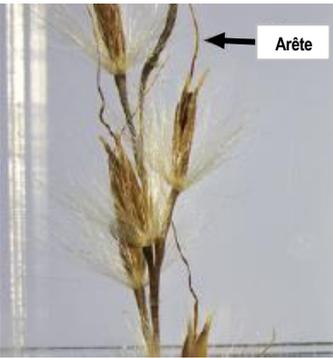


Photo 3 : *Miscanthus x giganteus* au Japon

Crédits photo : Toshihiko Yamada (Yamada 2015)

Chez l'hybride *M. x giganteus*, comme son nom l'indique, la principale caractéristique est le gigantisme : il peut atteindre une très grande hauteur (jusqu'à 4 mètres). Ce gigantisme est donc bien visible au-dessus du sol, mais il se manifeste aussi sous le sol, avec des rhizomes dont le diamètre peut atteindre 10 cm, et une longueur de plus de 2 mètres. Comme chez *M. sacchariflorus*, les épillets sont dépourvus d'une arête (lemme non aristée).

Un tableau d'identification des 3 taxons a été publié par le département d'agronomie de l'Université de l'Etat d'Iowa (Boersma et al. 2015). Une version modifiée est présentée ci-dessous (**Tableau 1**).

Caractéristiques	<i>M. x giganteus</i>	<i>M. sacchariflorus</i>	<i>M. sinensis</i>
Croissance des rhizomes	Rhizomes compacts	Rhizomes traçants	Rhizomes compacts ou faiblement traçants
Hauteur des tiges	2,5 à 3,5 (4) m	1,5 à 2,5 m	1 à 2 m
Tiges	Pleines, devenant creuses avec l'âge	Pleines ou creuses	Pleines
Graines fertiles	NON	OUI	OUI
Début de la floraison	Fin d'automne	Fin d'été, début d'automne	Fin d'été, début d'automne
Clé de détermination	<i>Epillets prolongés d'une longue arête (lemmes aristées)</i>		
	NON	NON	OUI
	<i>Longueur du pédoncule &lt; 3 mm</i>		
	NON	OUI	
			

**Tableau 1** : Tableau de comparaison de *M. x giganteus*, *M. sacchariflorus* et *M. sinensis* (adapté de Boersma et al. 2015)

Crédit photo : Boersma et al. (2015) / IOWA State University  
<https://store.extension.iastate.edu/Product/Identifying-Miscanthus-in-Iowa-pdf>

### 2.1.3 Distribution

*M. x giganteus* est potentiellement présent dans toutes les régions où les deux espèces parentes coexistent naturellement en sympatrie<sup>4</sup>, ou après une introduction (Hager et al. 2014) et où leur hybridation peut se produire sans intervention humaine (**Illustration 2**). Dans leur aire naturelle, les deux espèces parentes coexistent au Japon, en Corée ainsi que dans le sud, l'est et le nord-est de la Chine.

En dehors de leur aire naturelle, des introductions de ces taxons ou cultivars ont eu lieu en Europe (incluant la France) et en Amérique du Nord (Hager et al. 2014).

*M. x giganteus* est désormais cultivé dans de nombreux pays. En Europe, en 2009, des surfaces cultivées de plusieurs milliers d'hectares étaient déjà rapportées (Głowacka 2011) : par exemple 4 000 ha en Pologne et près de 13 000 ha en Angleterre. Aux Etats-Unis, les surfaces cultivées en *Miscanthus* étaient estimées à près de 40 000 ha la même année.

<sup>4</sup> Sympatrie : Se dit de deux espèces, animales ou végétales, qui occupent la même zone géographique  
Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

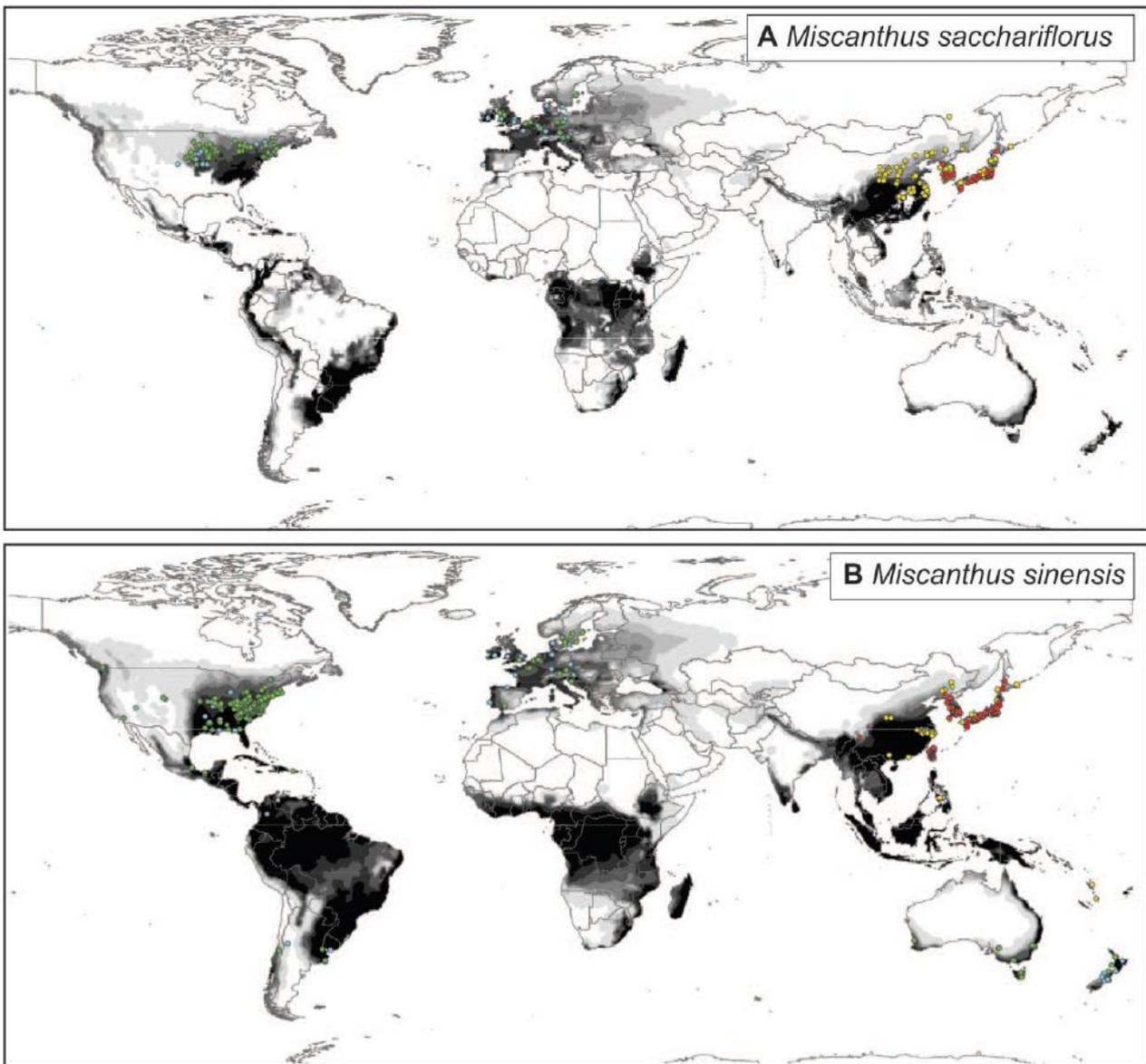


Illustration 2 : Distribution de *M. sacchariflorus* et *M. sinensis* et potentialités bioclimatiques pouvant permettre leur installation (figure extraite de Hager et al. 2004)

Points rouges : localisations natives avérées  
 Points jaunes : localisations natives inférées  
 Points verts : introductions avérées  
 Points bleus : introductions inférées  
 En échelle de gris : potentialités d'accueil en fonction des conditions bioclimatiques (blanc climat défavorable -> noir climat optimal)

En France, après 10 années d'essais en cultures expérimentales réalisés par l'INRA (1995-2005), *M. x giganteus* est désormais cultivé dans de nombreuses régions depuis 2005. France-Miscanthus<sup>5</sup>, une association créée en 2009 pour développer et structurer la filière économique du Miscanthus en France, évalue les surfaces cultivées à près de 7 500 ha en 2020, avec une progression de plus de 10% par an ces dernières années. Aujourd'hui, les cultures sont principalement localisées dans le quart nord-ouest du pays (**Illustration 3**), avec 2/3 des débouchés en bioénergie (chauffage), le tiers restant étant partagé entre le paillage horticole et la litière pour animaux d'élevage.

En Région Grand Est, après quelques essais conduits depuis 2006 (Bizot 2010), le département des Ardennes est aujourd'hui celui où les surfaces cultivées sont les plus importantes, suivi de près par la Marne (Figure 3), ces cultures étant surtout implantées au sein de la région naturelle de la Champagne Crayeuse.

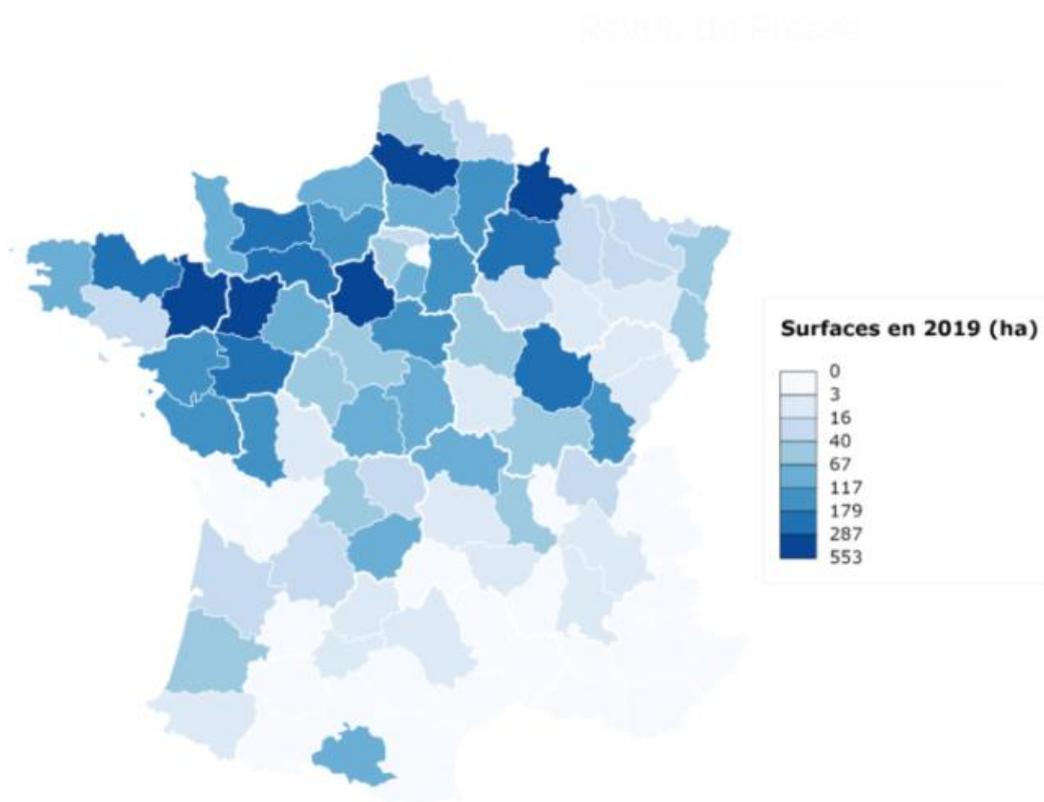


Illustration 3 : Distribution départementale des surfaces cultivées du Miscanthus en France en 2019 (source : France-miscanthus.org)

**NB : en complément de cette cartographie des surfaces cultivées, voir la Figure 6 p. 22 qui présente la distribution des populations échappées connues de *Miscanthus* spp. en Europe.**

#### 2.1.4 Reproduction

*M. x giganteus* est un hybride triploïde ( $3n = 57$  chromosomes) qui est réputé stérile (Greef et al. 1997, Hodkinson et al. 2002, Barney et DiTomaso 2008). En effet, le nombre de chromosomes étant impair, la méiose ne permet pas d'aboutir à deux moitiés égales, ce qui rend la reproduction impossible (Linde-Laursen 1993, Brancourt-Hulmel et al. 2019).

La reproduction de cette plante serait donc uniquement asexuée, via les rhizomes. C'est d'ailleurs de cette manière qu'elle est cultivée la plupart du temps : par la plantation de fragments de rhizomes munis de bourgeons (Besnard et al. 2012).

Les espèces parentes de l'hybride (*M. sacchariflorus* et *M. sinensis*) sont en revanche capables de reproduction sexuée.

<sup>5</sup> Les chiffres de la filière française | France Miscanthus (france-miscanthus.org, consulté le 24/02/2022)  
Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

- **Reproduction sexuée : formation et dissémination des caryopses (graines)**

Chez *M. sacchariflorus* et *M. sinensis*, la reproduction sexuée passe par la formation de panicules sur lesquels se développent de nombreux fruits secs typiques des graminées et nommés « caryopses » (**Illustration 1**). Chez *M. sinensis*, un individu peut produire plus de 100 panicules, chacun portant des milliers de caryopses pouvant être disséminés et féconder d'autres fleurs de *Miscanthus*. Des estimations ont été faites montrant qu'une plantation de cette espèce peut produire 6 500 à 140 000 graines par mètre carré (Quinn et al. 2011).

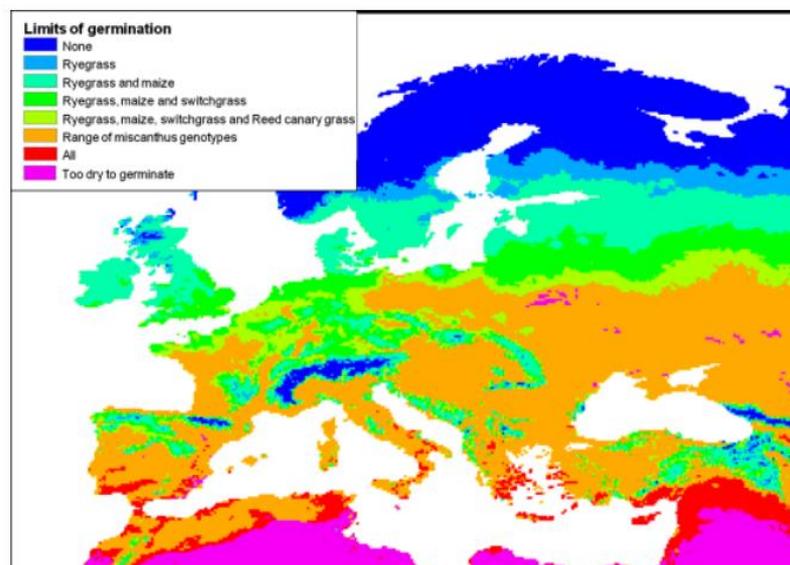
La dispersion des caryopses, lorsqu'ils arrivent à maturité, se fait principalement par le vent (anémochorie). Quinn et al. (2011) ont montré expérimentalement que, grâce au vent, ces propagules peuvent parcourir des distances pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres chez *M. sinensis* mais aussi chez *M. x giganteus*. Cependant, les auteurs insistent sur le fait qu'aucun caryopse fertile n'a encore été observé chez *M. x giganteus*.

Chez *M. sinensis*, la dispersion des graines à longue distance pourrait intervenir non seulement avec le vent, mais aussi par l'eau (Meyer 2003).

Cette reproduction sexuée chez les espèces fertiles via la dispersion des graines, est influencée par les conditions climatiques et, en particulier, les températures et les précipitations. En effet, dans les régions les plus froides, les propagules ne seraient pas viables lorsque la germination n'a pas pu avoir lieu avant le 15 mai (Clifton-Brown et al. 2011).

La floraison du *Miscanthus* peut s'étaler de juillet à octobre selon les conditions rencontrées (Jensen et al. 2011) et a même été observée en décembre en France chez certains clones tardifs (Arnoult et al. 2015).

La carte présentée ci-dessous (**Illustration 4**), illustre les régions qui sont favorables à la dissémination des graines chez le *Miscanthus* sur la base de modélisations (Clifton-Brown et al. 2011). La majorité de la France apparaît favorable (couleur orange).



*Illustration 4 : Carte des régions favorables à la dispersion des graines de plusieurs espèces utilisées pour la bioénergie, incluant le *Miscanthus* (Clifton-Brown et al. 2011)*

Les zones en orange représentent les régions qui sont estimées favorables pour la propagation des graines de *Miscanthus* et les zones en rouge, celles favorables pour le *Miscanthus* et toutes les autres espèces étudiées (Swithgrass, Baldingère faux-roseau, Maïs et Ray-grass anglais).

Le *Miscanthus* est dit « autoincompatible », ce qui signifie qu'il ne peut s'autoféconder par ses propres graines.

- **Reproduction asexuée : la voie végétative**

La reproduction asexuée est possible chez tous les *Miscanthus* et aboutit à la création de clones.

Stewart et al. (2009) établissent une synthèse sur la reproduction par voie végétative via les rhizomes chez *M. sinensis*. La propagation des rhizomes se fait dans plusieurs directions dans le sol, entre 10 et 60 cm de profondeur. Ces rhizomes sont munis de bourgeons qui donnent des tiges au début de l'été. Lorsqu'elles sortent du sol plus tôt en saison (printemps), ces tiges aériennes peuvent être impactées par les gelées. La date d'émergence et le climat sont donc des critères influençant la réussite de la propagation du *Miscanthus* par voie végétative (Arnoult et al. 2015). Il faut cependant des températures très basses, inférieures à -8°C, pour impacter ces tiges ou jeunes plantules (Zub et al. 2012).

Chez *M. sinensis*, l'expansion latérale des rhizomes atteint autour de 2,4 cm<sup>2</sup> par an. Au bout de quelques années, la propagation aboutit à la création de « couronnes » résultant d'une compétition intense au sein du dense réseau de rhizomes situés au centre d'un massif, qui finissent par mourir, ne laissant persister que les rhizomes périphériques (Stewart et al. 2009).

Chez *M. x giganteus*, cette multiplication végétative serait beaucoup moins efficace et plus lente, bien que certains cultivars puissent disposer de meilleures aptitudes que les hybrides naturels. La propagation des rhizomes de *M. x giganteus* serait d'environ 10 cm par an (Jørgensen 2011). En effet, contrairement à *M. sacchariflorus* dont les rhizomes sont « traçants », ils seraient plus compacts et moins aptes à se propager chez *M. sinensis* et *M. x giganteus* (Brancourt-Hulmel et al. 2019).

Un autre type de reproduction par voie végétative a été obtenu *in vitro* chez *M. x giganteus*, à partir des bourgeons situés sur les tiges, qui sont capables de produire des plants (Rambaud et al. 2013). Peu de données existent à ce jour concernant les possibilités de propagation de la plante via ces bourgeons aériens (Barney et DiTomaso 2010, Schnitzler 2011).

### 2.1.5 Ecologie et interactions biotiques

Dans leur aire de présence naturelle, les espèces parentes de *M. x giganteus* poussent dans des prairies plurispécifiques naturelles ou semi-naturelles. Il s'agit d'espèces pérennes. En Europe, la culture de *M. x giganteus* la plus âgée a atteint 25 ans au Danemark (Lewandowski et al. 2003b). Pour les espèces parentes, une longévité de 5 à 40 ans a été observée pour *M. sinensis* au Japon (Stewart et al. 2009) et des cultures de *M. sacchariflorus* exploitées pour l'extraction industrielle des sucres ligno-cellulosiques ont été productives pendant 30 ans (Clifton-Brown et al. 2008).

- **Exigences environnementales**

*M. sinensis* pousse principalement sur des sols argileux, secs ou bien drainés, avec un pH acide à neutre et il tolère bien les métaux lourds (Clifton-Brown et al. 2008). Il occupe une large gamme d'habitats, ayant en commun un bon ensoleillement. De son côté, *M. sacchariflorus* est plutôt liée à des sols fertiles et humides.

L'écologie de *M. x giganteus* en milieu naturel est beaucoup moins documentée. Il disposerait d'une tolérance beaucoup plus étendue que ses espèces parentes, notamment concernant les températures ambiantes (Lewandowski et al. 2000). Il serait ainsi en mesure de supporter des températures minimales de -12°C (Naidu et al. 2003b).

En culture, *M. x giganteus* pousse mieux sur des sols profonds et fertiles. La plante est peu exigeante vis-à-vis du pH du sol. En revanche, le stress hydrique (manque d'eau ou, au contraire, stagnation d'eau dans le sol), entraîne une baisse de production. Sur les sols drainants ou dont la réserve en eau est faible, ce besoin en eau peut parfois justifier un recours à l'irrigation, en particulier la première année (Winkler et al. 2020). Par ailleurs, pour assurer une haute productivité, le *Miscanthus* peut nécessiter davantage d'eau que d'autres cultures (notamment le blé, l'orge ou le maïs) et, une fois le feuillage bien développé, la densité de sa canopée contribue à réduire l'approvisionnement en eau du sol par les précipitations (Carton et al. 2008).

Ainsi, pour la culture de *M. x giganteus*, les sols qui sont déconseillés sont les suivants (Besnard et al. 2012) :

- Les sols hydromorphes, gorgés d'eau en particulier l'hiver, qui sont aussi sensibles au passage des engins lourds (février-mars) ;
- Les sols « marécageux », pour les mêmes raisons que les précédents ;
- Les sols caillouteux, qui rendent difficile la plantation et le développement des rhizomes en profondeur ;
- Les sols de craie superficiels, dont la réserve en eau est faible.

L'accumulation de l'azote dans les rhizomes à l'automne est la raison pour laquelle le *Miscanthus* est normalement peu demandeur en engrais lorsqu'il est cultivé. Il faut toutefois que la récolte soit réalisée à « surmaturité », c'est-à-dire en fin d'automne (fin octobre / début novembre) (Heaton et al. 2009, Anderson et al. 2011), afin que l'azote des feuilles et des tiges ait eu le temps de migrer vers les rhizomes (processus appelé « translocation »). Dans le cas contraire, la quantité d'azote disponible pour le cycle de culture suivant peut être insuffisante (Strullu et al. 2011). De manière générale, pour atteindre des hauts rendements, les agronomes préconisent une fertilisation des cultures, bien que celle-ci soit considérée comme restreinte par rapport à d'autres cultures (Winkler et al. 2020).

Les rhizomes des *Miscanthus* sont capables de stocker de grandes quantités de nutriments (azote et phosphore en particulier) et tous les produits de la photosynthèse qui sont issus des feuilles. Par ailleurs, plusieurs associations symbiotiques ont été décrites, impliquant des bactéries fixatrices d'azote dans les racines chez *M. x giganteus* (Eckert et al. 2001) et chez *M. sinensis* (Miyamoto et al. 2004), mais aussi via des mycorhizes arbusculaires<sup>6</sup> chez *M. sinensis* qui lui permettent de fixer l'azote et le phosphore du sol (An et al. 2008).

- **Interactions avec des mammifères**

La consommation des *Miscanthus* par les herbivores sauvages (cervidés, lagomorphes), a fait l'objet d'observations en Asie. En France, certains auteurs évoquent des possibles dégâts sur les cultures attribuables au Lapin de Garenne (*Oryctolagus cuniculus*) et au Sanglier (*Sus scrofa*) (Carton et al. 2008). Toutefois la majorité des études relatent une faible consommation par les mammifères herbivores, mais une possible appétence pour certains micromammifères (Stewart et al. 2009).

Dans le cadre d'un projet de recherche en cours dans les Ardennes<sup>7</sup>, portant sur l'impact d'infrastructures de transport sur plusieurs espèces de mammifères, il a pu être observé que les sangliers équipés de collier GPS allaient régulièrement se réfugier au sein de parcelles de *Miscanthus*. Il semble que cette culture soit appréciée par le Sanglier, qui y recherche le couvert en journée.

Une étude réalisée sur *M. x giganteus* en Angleterre a montré que les micromammifères trouvés dans les cultures occupent principalement les lisières de ces dernières et semblent davantage consommer d'autres plantes herbacées (Semere et Slater 2007a). Six espèces de micromammifères (rongeurs et insectivores) ont ainsi été capturées dans les cultures de *Miscanthus* étudiées en Angleterre, les plus fréquentes étant le Mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*) et le Campagnol agreste (*Microtus agrestis*).

Enfin, des recherches ont été conduites en Angleterre sur le Lièvre d'Europe (*Lepus europaeus*), associant un suivi télémétrique et une étude sur le régime alimentaire des individus (Petrovan et al. 2017). Les lièvres occupaient les parcelles de *M. x giganteus*, mais ne s'en nourrissaient pas. L'étude a ainsi mis en évidence un effet « refuge » potentiellement bénéfique de ces cultures pour les lièvres. *A contrario*, l'augmentation des surfaces en *Miscanthus* diminue potentiellement leur accès aux ressources alimentaires et augmente leurs déperditions énergétiques pour s'alimenter (forte augmentation de la taille des domaines vitaux individuels liée à l'augmentation des surfaces en *Miscanthus*). Ainsi, la mise en culture du *Miscanthus* sur des grandes superficies, associée à une homogénéisation des paysages agricoles, aurait un effet potentiellement délétère pour les populations de lièvres.

- **Interactions avec des oiseaux**

---

<sup>6</sup> Les mycorhizes arbusculaires, ou mycorhizes à arbuscules, sont des champignons symbiotiques (Gloméromycètes) qui vivent au contact de plantes vasculaires, en perçant les parois cellulaires de ces dernières. Ainsi, les mycorhizes aident les plantes à absorber l'eau et les nutriments pour récolter, en échange, du carbone et d'autres produits de la photosynthèse.

<sup>7</sup> Le projet ITTECOP EFACILT (2021-2024), conduit par l'URCA-CERFE, en collaboration avec le Cerema, le laboratoire REGARDS de l'URCA et la Fédération des chasseurs des Ardennes, vise à étudier l'impact de l'autoroute A34 et du canal des Ardennes sur le Cerf élaphe, le Sanglier, le Chevreuil, le Renard et la Martre des pins. En plus d'analyses génétiques et de suivis réalisés par piégeage photographique sur les infrastructures, des animaux sont équipés de colliers GPS afin de pouvoir suivre leurs déplacements sur la zone d'étude.

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Les prairies naturelles et les plantations de *Miscanthus* sont connues pour héberger des oiseaux pour la nidification (Stewart et al. 2009).

Au Japon *M. sinensis* attire notamment des passereaux paludicoles tels que :

- La Cisticole des joncs (*Cisticola juncidis*) ;
- La Rousserolle turdoïde orientale (*Acrocephalus arundinaceus orientalis*) ;
- Des bruants : le Bruant à longue queue (*Emberiza cioides*) qui est assez commun et ubiquiste et qui recherche une végétation buissonnante pour nicher, mais aussi le Bruant de Yéso (*Emberiza yessoensis*), espèce très proche de notre Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*) qui niche dans des milieux de type roselières.

Une seule espèce d'oiseau a été reportée comme se nourrissant de manière certaine des graines du *Miscanthus* (*M. sinensis*) : le Pic awakéra (*Picus awokera*) (Stewart et al. 2009).

En Europe, les études réalisées rapportent des effets contrastés, tantôt positifs, tantôt négatifs, de la culture de *Miscanthus* sur les oiseaux.

En Angleterre, plusieurs espèces d'oiseaux ont été observées au sein de plantations de *M. x giganteus* (Semere et Slater 2007a), où elles se nourrissaient de graines d'autres plantes (adventices) dans des cultures de *Miscanthus* de moins de 3 ans. Les graines de *M. x giganteus*, pourraient être consommées par ces oiseaux mais elles s'avèrent très peu nutritives.

Une autre étude sur les oiseaux, également réalisée en Angleterre, a montré que les cultures de *Miscanthus x giganteus* hébergeaient une plus grande diversité et abondance d'oiseaux que d'autres cultures telles que le blé (Bellamy et al. 2009). L'hiver, le *Miscanthus* attire les oiseaux qui y trouvent refuge (dortoirs) et des ressources alimentaires avec les autres plantes qui poussent dans les plantations. En période estivale, ces plantes adventices peuvent également attirer des insectes qui sont des proies des oiseaux. Cependant, ces insectes sont moins abondants que dans les autres cultures telles que le blé. Les bénéfiques éventuellement apportés aux oiseaux par les cultures de *Miscanthus*, par rapport à d'autres cultures, apparaissent temporaires puisqu'ils diminuent avec la croissance de la plante, mais aussi avec l'expérience des cultivateurs, qui tendent à vouloir éliminer les adventices dans les plantations (les ressources alimentaires offertes aux oiseaux étant essentiellement liées à ces adventices ou aux invertébrés qui vivent sur ces plantes).

Toujours en Angleterre, une étude a été conduite sur le régime alimentaire du Bruant jaune (*Emberiza citrinella*), en comparant les fèces d'individus nichant sur les bordures de parcelles de *Miscanthus*, avec celles d'individus nichant dans des Taillis à Courte Révolution (« TCR » : peupliers, saules) (Pringle et al. 2015). Les fèces collectées sur les bordures de cultures de *Miscanthus* contenaient moins d'invertébrés, mais davantage de coléoptères que celles collectées dans les TCR. Les cultures de *Miscanthus* étaient donc moins riches en ressources alimentaires pour les bruants, qui devaient compléter en nourriture leurs poussins en allant s'alimenter ailleurs. Ainsi, lorsque les parcelles de *Miscanthus* occupent une surface importante localement, cela peut conduire les bruants à dépenser davantage de ressources énergétiques pour s'alimenter.

En Pologne, une étude a montré que l'attractivité des parcelles de *Miscanthus* pour les oiseaux était toute relative, puisque seules quelques espèces utilisaient davantage le *Miscanthus* que d'autres habitats (Kaczmarek et al. 2019) : la Rousserolle verderolle (*Acrocephalus palustris*), le Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*) et le Tarier des prés (*Saxicola rubetra*). Pour la plupart des espèces la culture de *Miscanthus* constituait davantage un habitat sub-optimal et secondaire.

En France et en Allemagne, la nidification du Busard cendré (*Circus pygargus*) et du Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*) a été observée dans des cultures de *Miscanthus* (Leroux 2009). Ces rapaces seraient attirés en raison de la ressemblance de la culture avec d'autres formations végétales ou cultures qu'ils apprécient (roselières, cultures de céréales), de la hauteur et de la densité du couvert, leur assurant une certaine tranquillité qui est aussi liée à l'absence théorique d'interventions sur la culture en période de nidification (à partir de la troisième année).

- **Interactions avec des invertébrés**

De manière similaire, une étude ciblée sur les invertébrés dans des cultures de *Miscanthus* en Angleterre, a montré que l'abondance et la diversité de ce groupe était surtout liée à l'abondance et à la diversité des autres

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

espèces végétales (adventices) dans les plantations (Semere et Slater 2007b). Ainsi, l'abondance des invertébrés était influencée par certaines pratiques agronomiques, en particulier la densité de plantation, qui détermine l'abondance des adventices hôtes de ces invertébrés. Les auteurs soulignent cependant que les cultures de *Miscanthus* constituent également des sites d'hivernage pour les invertébrés, contrairement à la plupart des autres cultures qui ne permettent pas de maintenir un couvert hivernal. Ceci est surtout à considérer dans le cas d'une récolte printanière ou en fin d'hiver (février-mars) et non automnale (mi-octobre / novembre).

Une étude sur les populations de Coléoptères Carabiques dans les parcelles de *Miscanthus*, a été réalisée en France en région Centre (Bersonnet 2012). L'inventaire réalisé montre la présence de grandes espèces telles que *Carabus monilis* dans les parcelles, qui sont des prédateurs et indicateurs du bon fonctionnement des biocénoses. La richesse spécifique des parcelles semblait surtout influencée par leur emplacement et leur contexte écologique. L'une des recommandations pratiques de cette étude en vue de rendre les cultures de *Miscanthus* plus propices aux carabes et pour qu'elles bénéficient à l'enrichissement des cultures voisines, est d'insérer les parcelles sur des petites surfaces (inférieures à 10-12 ha), en bandes allongées de manière à favoriser les écotones, et entre des parcelles d'autres cultures annuelles.

Plus récemment, signalons qu'une étude similaire a été réalisée en Belgique (Paquet 2018). Dans le cadre de ce travail, 35 espèces de carabes ont été identifiées dans les bandes de *Miscanthus* étudiées. Les communautés observées sont proches de celles des tournières enherbées<sup>8</sup> et se différencient de celles des haies et d'autres cultures. Cinq espèces typiques de ces bandes de *Miscanthus* ont également été mises en évidence.

En Europe, au moins quatre papillons sont connus comme étant des consommateurs occasionnels du *Miscanthus* au stade larvaire (chenilles) : la noctuelle *Mesapamea saclis* (le Hiéroglyphe), *Hepialus humuli* (l'Hépiale du Houblon) (DEFRA 2001), la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis*) et *Spodoptera frugiperda* (Noctuelle américaine du Maïs).

Comme *Ostrinia nubilalis* et *Spodoptera frugiperda*, d'autres ravageurs associés au Maïs, sont connus pour coloniser le *Miscanthus*. En effet, compte tenu de leur proximité phylogénétique, les deux plantes sont susceptibles de partager certains organismes qui les consomment, et le *Miscanthus* pourrait ainsi constituer un réservoir pour certains de ravageurs d'autres cultures, dont le Maïs. Citons notamment un coléoptère d'origine nord-américaine, la Chrysomèle des racines du Maïs *Diabrotica virgifera virgifera* (Gloyne et al. 2011), mais aussi le Puceron du Maïs *Rhopalosiphum maidis* (Mekete et al. 2009), qui peuvent être retrouvés dans les parcelles de *Miscanthus*.

De même, les taupins (*Agriotes* spp. ; Coléoptères Elateridae) sont des ravageurs connus d'autres cultures qui seraient susceptibles de consommer le *Miscanthus*, en particulier le Taupin des moissons (*Agriotes lineatus*), qui est trouvé sur le Maïs.

Ainsi, des interrogations subsistent quant au rôle possible du *Miscanthus* en tant que réservoir ou refuge de ces insectes autochtones ou exotiques, connus pour être des ravageurs d'autres cultures. C'est le cas notamment pour *Diabrotica virgifera virgifera*, qui est un ravageur du Maïs (Spencer et Raghu 2009).

Un autre puceron, spécialiste des graminées et communément trouvé sur les cultures de céréales, *Rhopalosiphum padi*, est aussi connu pour coloniser les cultures de *Miscanthus* (Huggett et al. 1999, Bradshaw et al. 2010, Ameline et al. 2015). Cependant, *M. x giganteus* ne peut pas être considéré comme un réservoir pour ce puceron qui n'arrive pas à boucler son cycle de reproduction sur cette plante, tout comme sur *M. sinensis* (Ameline et al. 2015). En revanche, un cycle de reproduction complet de ce puceron est possible sur *M. sacchariflorus*, ce qui en fait un réservoir potentiel pour la propagation de ce ravageur des cultures.

Enfin la présence de nématodes (famille des Longidoridae) a aussi été mise en évidence sur le *Miscanthus* aux Etats-Unis (Mekete et al. 2009).

- **Maladies connues (virus et champignons)**

Les insectes et nématodes évoqués précédemment sont connus comme étant les principaux vecteurs de plusieurs maladies qui peuvent toucher le *Miscanthus* et d'autres cultures, en particuliers des virus (Bolus et al. 2020).

---

<sup>8</sup> Tournière enherbée : bandes de terres enherbées situées en lisière des parcelles agricoles, sur lesquelles les machines agricoles effectuent leur demi-tour lors des passages sur la culture.  
Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Le virus de la jaunisse nanisante de l'Orge (abrégé « BYDL » pour 'Barley Yellow Dwarf Luteovirus'), rencontré sur diverses graminées a ainsi été observé sur le *Miscanthus* (Walsh et McCarthy 1998, DEFRA 2001). D'autres Luteovirus principalement transmis par des pucerons ont été identifiés plus récemment (Bolos et al. 2020).

Parmi les autres maladies identifiées sur le *Miscanthus*, citons la fusariose causée par un champignon du genre *Fusarium* (Walsh et McCarthy 1998).

### Synthèse de l'écologie et des interactions biotiques connues chez *Miscanthus x giganteus*

#### Exigences environnementales :

*Miscanthus x giganteus* est une plante qui apprécie les sols profonds et fertiles, avec une bonne réserve en eau. Il n'est pas adapté aux sols gorgés d'eau, en particulier l'hiver, ni aux sols caillouteux. Il est peu exigeant vis-à-vis du pH. Les espèces parentes occupent une large gammes d'habitats en milieu naturel.

#### Interactions biotiques :

*Miscanthus x giganteus* est globalement très peu consommé par la faune. Les cultures constituent ainsi généralement un habitat sub-optimal ou secondaire pour la biodiversité.

Les espèces animales occupant la culture recherchent soit *i*) un support pour la nidification (oiseaux paludicoles, busards), *ii*) soit un couvert / refuge occasionnel ou saisonnier (exemples du sanglier, du lièvre ou encore des coléoptères carabiques), *iii*) soit des ressources alimentaires liées directement ou indirectement à la présence d'adventices (consommation de ces plantes ou des invertébrés qu'elles hébergent).

En fonction des pratiques culturales et du contexte, impactant la diversité et l'abondance des adventices, les parcelles de *Miscanthus* peuvent être plus ou moins attractives pour la biodiversité. Lorsque la faune trouve peu de ressources alimentaires dans ces parcelles (absence ou faible abondance / diversité des adventices), des répercussions peuvent être observées dans l'écologie des espèces : augmentation de la taille des domaines vitaux et des dépenses énergétiques (cas observés chez le Lièvre et le Bruant jaune).

Les cultures de *Miscanthus* peuvent constituer des refuges pour certains auxiliaires des cultures, tels que les grands carabes, en fonction des surfaces et des configurations (l'optimum étant observé sur des parcelles en allongées, inférieures à 10-12 ha, alternées avec d'autres cultures ou éléments paysagers).

Plusieurs insectes autochtones ou exotiques, connus pour être des ravageurs d'autres cultures proches (comme le Maïs), peuvent coloniser le *Miscanthus*. Ces ravageurs sont par ailleurs vecteurs de maladies (virus et champignons). Le *Miscanthus* est peu impacté par ces ravageurs et maladies, mais les parcelles pourraient constituer localement des réservoirs pour certains d'entre eux.

## 2.1.6 Usages du *Miscanthus*

Dans son aire de présence naturelle et notamment au Japon, le *Miscanthus* est depuis longtemps utilisé en tant que **fouillage** pour le bétail, comme **engrais vert** ou encore pour la **confection de toitures** traditionnelles en chaumes (Yamada 2015).

L'**usage ornemental horticole** s'est développé très tôt dans le monde, avec des cultivars ornementaux de *M. sinensis* et *M. sacchariflorus* qui étaient déjà cultivés dans ce but aux Etats-Unis à la fin des années 1800, avant d'être vendus au début du XXème siècle dans de nombreux pays (Quinn et al. 2010). Cette utilisation s'est développée en Europe à partir des années 1970, notamment en Allemagne (Schnitzler et Essl 2015). Le *Miscanthus* est aussi utilisé en France pour tout type d'aménagement paysagers : parcs, espaces verts, ronds-points... avec des pépinières qui se sont spécialisées dans la vente sous la forme de rhizomes, comme pour l'agriculture.



Photo 4 et Photo 5 : Massifs ornementaux de *Miscanthus sinensis*, sur le campus universitaire de l'île du Saulcy à Metz

Crédits photo : Julian Pichenot / Cerema

La culture de *Miscanthus* qui s'est développée en France depuis une vingtaine d'années, a des débouchés assez diversifiés.

L'utilisation pour le **chauffage (combustion)** a été le premier débouché. Les tiges sèches de *Miscanthus* (*M. sinensis* et *M. x giganteus*) sont récoltées, compactées puis ensilées. Elles peuvent ensuite alimenter directement des chaudières collectives ou de particuliers et des fours industriels. Après compactage, les tiges ont un pouvoir calorifique équivalent à celui du bois et des granulés de bois (environ 5 KWh par Kg de matière sèche). Selon France-Miscanthus, en comparaison avec un chauffage au fioul, un hectare de *Miscanthus* produirait jusqu'à 15 tonnes de matière sèche, qui fournissent l'équivalent de 6000 litres de fioul. Cette utilisation tend à devenir secondaire, au profit de la **litière animale** et du **paillage horticole** (Höfte et Trannoy 2020), avec le *Miscanthus* sous forme ensilée, en raison de sa bonne capacité d'absorption. Une toute petite partie de la production française de *Miscanthus* (<5%) est aussi utilisée en tant qu'**additif alimentaire pour les vaches laitières**, favorisant la rumination de ces dernières.

Le *Miscanthus* est aussi cultivé pour l'extraction industrielle des sucres ligno-cellulosiques et la production de l'éthanol pour les **agrocarburants** (Lee et Kuan 2015). Le « bioéthanol » est alors produit soit par voie biologique (fermentations), soit par voie thermo-chimique. Les fibres de *Miscanthus* peuvent également être utilisées pour la fabrication de la **pâte à papier**.

Les utilisations industrielles les plus récentes et qui montrent un essor important depuis quelques années concernent la production de **biogaz par méthanisation** et la production de **matériaux biosourcés** (exemples : béton « végétal » pour la confection de parpaings et composites biopolymères utilisées pour des pièces automobiles).

Enfin, citons des utilisations plus marginales ou à l'étude et qui n'ont pas une finalité économique première.

La **phytoremédiation**, ou traitement des sols pollués (Hayet et al. 2012, Nsanganwimana et al. 2014, Mazziotti 2017), en est un exemple. En effet, le *Miscanthus* est capable de pousser sur des sols pauvres et tolère bien les métaux lourds et d'autres polluants qu'il peut absorber. Il est ainsi possible de dépolluer un sol contaminé en y cultivant du *Miscanthus* et en exportant la matière produite chaque année. Cette utilisation reste pour l'instant expérimentale.

Notons que le *Miscanthus* est aussi de plus en plus mis en avant pour **améliorer la qualité de l'eau** ou atténuer l'impact de l'agriculture intensive, en tant que culture considérée comme étant « à bas niveau d'impacts » sur la ressource en eau. A ce titre, son implantation est localement encouragée dans les aires d'alimentation de captages, dans les bassins versants impactés par les nitrates et dans les milieux humides (bien que, pour ces

derniers, un sol trop humide ne soit normalement pas recommandé). Ceci implique bien sûr de bannir l'utilisation d'intrants dans ces contextes<sup>9</sup>.

Concernant la fertilisation du *Miscanthus*, elle serait suffisamment faible pour ne pas impacter la ressource en eau : la lixiviation des nitrates issues de la culture serait équivalente à celle des taillis à courte révolution et à la plupart des forêts ou autres zones naturelles (Jørgensen 2011). Cependant, dans les secteurs où une problématique nitrate est identifiée, cette fertilisation est généralement évitée.

Des utilisations à vocation cynégétique sont également à signaler, via des plantations qui sont censées remplacer les réseaux de haies disparues avec les remembrements et qui fourniraient des **refuges pour le petit gibier** (perdrix, lièvre) dans les vastes plaines cultivées.

De même, l'usage du *Miscanthus* est à l'étude pour **lutter localement contre l'érosion des sols** (coulées de boues) ou encore dans les **ouvrages de génie végétal** (ENGEES 2015, Combroux 2019).

Selon l'usage de la culture, la récolte a lieu à une période différente (voir § 2.1.8).

### 2.1.7 Intérêts du *Miscanthus* dans une perspective de transition énergétique

*M. x giganteus* suscite beaucoup d'espoirs et de convoitises en raisons de ses nombreux atouts sur le plan agronomique. En effet, des recherches conduites en Europe (Schwarz 1993, Lewandowski et al. 2000) et aux Etats-Unis (Heaton et al. 2008) ont évalué le potentiel de cette plante comme étant exceptionnel pour la production de biomasse.

Par rapport à d'autres plantes, *M. x giganteus* s'est avéré être un meilleur candidat compte tenu de :

- son cycle de photosynthèse en C4 très performant (Naidu et al. 2003a),
- son haut rendement sous des climats et dans des environnements variés, y compris dans des régions froides (Clifton-Brown et al. 2001, Chou 2009),
- sa capacité de fixation du carbone (Clifton-Brown et al. 2007),
- ses besoins en intrants réputés faibles (Lewandowski et al. 2003a),
- son utilisation efficace des ressources en eau du sol (Clifton-Brown et al. 2002),
- sa bonne résistance aux maladies et aux ravageurs (Clifton-Brown et al. 2008).

Ces éléments expliquent l'engouement grandissant pour cette plante, qui est vue autant comme une solution vertueuse d'avenir, en particuliers pour la production d'une énergie verte, que comme une manne économique qui lui vaut parfois le qualificatif d'« or vert ».

Notons que pour la méthanisation, le Sorgho est réputé être encore plus performant que le *Miscanthus* et tendrait à être privilégié sur ce dernier.

### 2.1.8 Cycle culturel du *Miscanthus* et pratiques agronomiques

Le cycle culturel du *Miscanthus* pour la production de biogaz (méthanisation : récolte « en vert » automnale) ou de biocombustibles (récolte « à sec » en fin d'hiver / début de printemps), a été schématisé par Winkler et al. (2020), suivant qu'il s'agisse d'une culture conventionnelle ou biologique (**Illustration 5**).

Notons que les pratiques sont évidemment sujettes à variations selon les pays, voire les régions.

Le caractère remarquable souvent mis en avant de la culture de *Miscanthus* est le fait qu'il soit réputé moins demandeur en intrants que d'autres cultures. La fertilisation pourrait être très réduite et l'utilisation des pesticides réduite de 90% par rapport aux cultures annuelles (Hohenstein et Wright 1994).

---

<sup>9</sup> Voir à titre d'exemple la fiche de retour d'expérience élaborée par la Chambre d'agriculture d'Alsace concernant l'AAC d'Ammertzwiller : <https://aires-captages.fr/connaissances-et-outils/documents/du-miscanthus-pour-prot%C3%A9ger-l%E2%80%99aac-d%E2%80%99ammertzwiller>

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Les paragraphes suivants développent les différents étapes et pratiques culturales.

**Notons qu'une fiche technique « culture » a été rédigée par le Chambre d'Agriculture de la Meurthe et Moselle** (Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle s. d.).

- Préparation du sol et plantation

Avant la plantation, le sol est travaillé de manière similaire à ce qui est réalisé pour les plantations de pommes de terre, à savoir l'obtention d'une terre fine à 10-15 cm de profondeur. Obtenir un sol meuble à cette profondeur est indispensable, ce qui implique d'adapter la technique de labour au type de sol.

La plantation peut intervenir dès que le sol est ressuyé et que les risques de fortes gelées sont passés (Besnard et al. 2012). Les rhizomes sont plantés à raison de 15 000 à 20 000 par hectare, aboutissant généralement à 12 000 à 15 000 pieds de la plante par hectare.

En fonction de l'humidité du sol au moment de la plantation, la profondeur d'implantation des rhizomes qui est préconisée se situe entre 5 cm (sol humide en surface) et 12 cm (sol desséché en surface).

L'irrigation est parfois préconisée sur des sols dont la réserve en eau est insuffisante, mais elle est considérée comme inutile lorsque le sol est bien choisi.

Un feutre ou film de paillage biodégradable est parfois utilisé la première année, permettant d'accélérer l'établissement des plantes tout en réduisant la compétition avec les adventices.

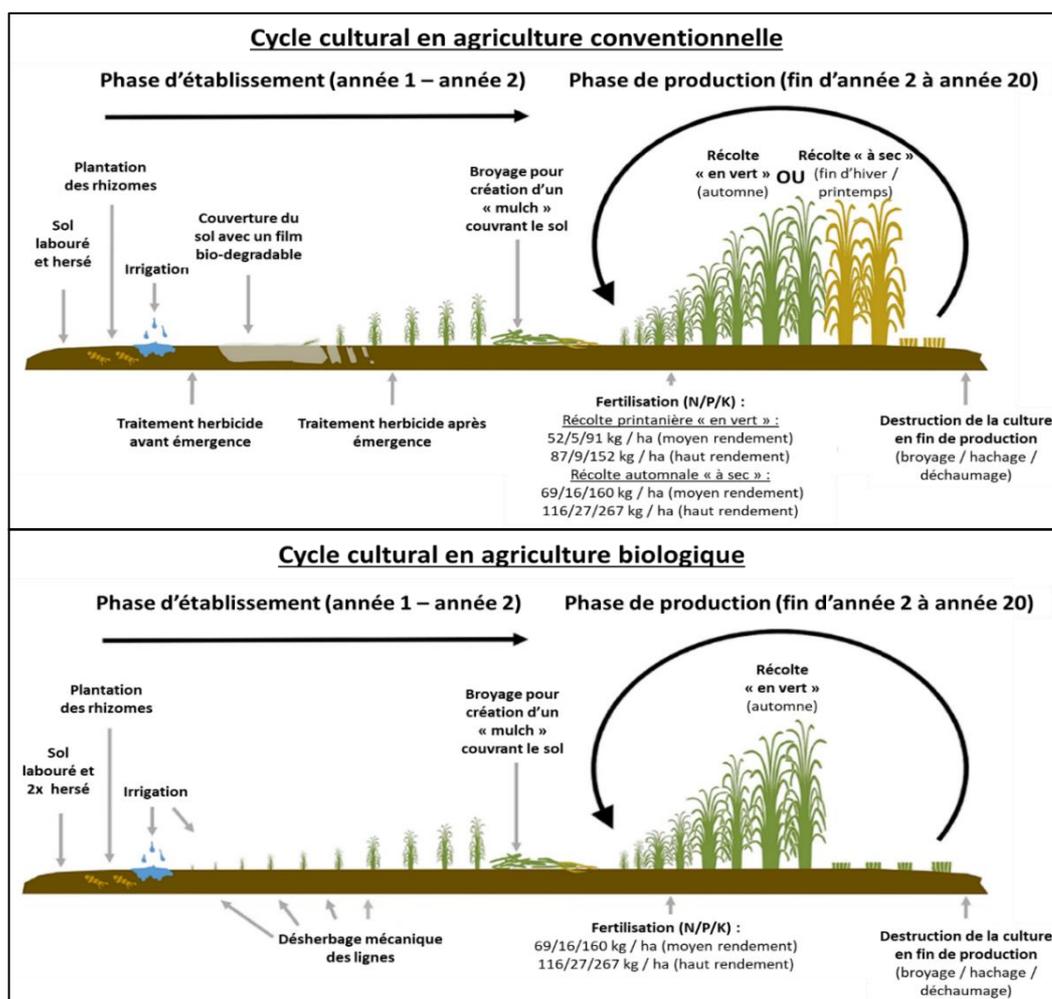


Illustration 5 : Représentation schématique du cycle culturel complet du *Miscanthus*, pour la production de biogaz ou de biocombustibles, dans le cas de pratiques conventionnelles (haut) ou biologiques (bas) (traduit de Winkler et al. 2020)

- **Dés herbage / contrôle des adventices**

Au cours de la phase d'établissement de la culture (les deux premières années), le développement du *Miscanthus* peut être fortement impacté par celui des adventices, qui entrent en compétition avec la culture pour l'accès aux ressources (eau, nutriments, lumière, espace) (Lewandowski et al. 2000, Anderson et al. 2011) et par le biais de la production par ces adventices de substances allélochimiques<sup>10</sup> ayant un effet néfaste sur le *Miscanthus* (Buhler et al. 1998).

Ainsi, le dés herbage intervient généralement à différentes périodes au cours de cette phase d'établissement et diverses techniques mécaniques, culturales ou chimiques sont préconisées, en prévention ou de manière curative, pour réduire le développement de ces adventices.

Parmi les mesures préventives signalons :

- Un travail fin du sol permettant d'éliminer les rhizomes d'autres plantes avant la plantation ;
- L'utilisation d'un feutre / film de paillage la première année, comme évoqué précédemment ;
- Un nettoyage des outils et équipements de plantation pour éviter de propager les graines de ces plantes ;
- Une période de plantation bien choisie afin d'éviter les périodes d'émergence des autres plantes susceptibles de pousser dans la culture.

Concernant les traitements chimiques, des herbicides sont utilisés dans certains cas, avant ou après l'émergence des pousses (Anderson et al. 2010). Un traitement par le glyphosate est parfois réalisé préalablement à la plantation (Huisman et al. 1997). Le paraquat (gramoxone) est aussi parfois appliqué sur les premières pousses émergentes de la culture (Anderson et al. 2010).

Même si plusieurs herbicides sont parfois utilisés pour traiter les cultures de *Miscanthus* (voir la liste des herbicides présentée dans Anderson et al. 2011), dans l'ensemble, leur utilisation est réputée être réduite voire absente dans le cadre de certains usages de la culture (Anderson et al. 2011). Par exemple, aux Etats-Unis, aucun herbicide ne serait actuellement utilisé pour traiter les cultures vouées à la production de bioéthanol (Anderson et al. 2011).

En Europe, cette non utilisation d'herbicides ou autres pesticides sur les cultures de *Miscanthus* est moins clairement rapportée. Différents herbicides utilisés sur le Maïs, le seraient également sur les cultures de *Miscanthus* (Huisman et al. 1997, Lewandowski et al. 2000) et certains agronomes recommandent leur application pendant la première saison de la culture et après chaque récolte (Venturi et al. 1999). Par exemple, Huisman et al. (1997) suggèrent d'utiliser l'atrazine la première année et le glyphosate avant l'émergence des pousses la deuxième année.

En France, la culture de *Miscanthus* dispose d'une extension d'homologation des herbicides utilisés sur le Maïs. Les dés herbages par traitement chimique sont préconisés la première année, en pré et post-levée de la culture (respectivement contre les graminées, puis contre les vivaces et les dicotylédones), puis en fin d'hiver de la deuxième année avant reprise de la végétation (Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle s. d.).

Comme alternative ou de manière complémentaire au dés herbage chimique, selon le type de pratiques, une intervention mécanique peut aussi être réalisée (Chambres d'Agriculture de l'Aisne de la Marne et de Picardie 2011). Elle consiste à utiliser une houe rotative, une herse étrille ou une bineuse dans l'inter-rang plusieurs fois par an, au cours des deux premières années (Schwarz et al. 1994).

A l'issue de la première année, la culture est généralement broyée afin de constituer un « mulch » qui participe naturellement à réduire la colonisation par les adventices. Ce processus intervient ensuite naturellement lorsque les feuilles de la plante tombent au sol en fin de saison, en particulier dans le cas d'une récolte à sec (Winkler et al. 2020).

De plus, lorsque les plantes sont suffisamment développées, la densité de la culture entraîne une fermeture importante de la canopée et réduit fortement l'accès à la lumière pour les éventuelles autres plantes qui pousseraient dans la culture.

---

<sup>10</sup> Une substance allélochimique est un composé émis par la plante qui agit sur d'autres organismes (attraction, répulsion, immobilisation, inhibition de croissance, altération de tissus...).

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

- **Fertilisation**

La fertilisation n'est pas nécessaire tant que la culture n'est pas entrée en pleine production, c'est-à-dire au cours de la première année (Besnard et al. 2012). En effet, la culture est alors peu demandeuse en azote, phosphore et potassium, mais elle le devient davantage à partir de la 2<sup>ème</sup> année et une fertilisation est alors généralement réalisée (Besnard et al. 2012). Dans ce cas, il est recommandée qu'elle soit réalisée de manière raisonnée afin de compenser les exportations en N, P et K de la récolte (Besnard et al. 2013).

Par la suite, les périodes de récolte, liées aux différents usages, ont potentiellement des effets sur les pratiques de fertilisation (Strullu et al. 2011). En effet, dans le cas d'une récolte automnale (pour la production de fibres ligno-cellulosiques et la méthanisation), une fertilisation augmenterait significativement les rendements et serait donc privilégiée au lancement d'un nouveau cycle de culture, puisque les plantes n'ont généralement pas eu le temps, avant la récolte, d'effectuer la translocation qui permet aux rhizomes de récupérer l'azote en provenance des feuilles.

A l'inverse, dans le cas d'une récolte printanière de tiges sèches (pour le biocombustible, le paillis, la litière), cette fertilisation n'est généralement pas nécessaire car la translocation permet aux rhizomes de récupérer l'azote et un apport d'engrais n'améliore que très faiblement le rendement.

Plusieurs études conduites en Europe ont montré que la fertilisation azotée n'avait aucun effet sur les rendements de *M. x giganteus* lorsque la culture était implantée sur des sols fertiles et dans des conditions climatiques propices : en Autriche (Schwarz et al. 1994), en Angleterre (Christian et al. 2008) et en Allemagne (Himken et al. 1997). Cependant, d'autres études ont mis en évidence une augmentation du rendement en lien avec une fertilisation azotée dans des contextes moins favorables à la culture : en Italie, en association avec une irrigation (Ercoli et al. 1999) ou encore en Angleterre, dans des conditions climatiques non optimales (Clifton-Brown et al. 2007).

Ces résultats différents suggèrent que la fertilisation peut être optimisée ou adaptée (jusqu'à une non fertilisation) en tenant compte du type de sol et du climat de la région dans laquelle se situe la culture (Anderson et al. 2011), ce qui souligne de nouveau l'importance du choix de la parcelle où le *Miscanthus* est implanté.

- **Récolte**

Selon la destination de la production, la récolte du *Miscanthus* est réalisée à différentes périodes de l'année :

- Récolte automnale (de mi-octobre à novembre) sous forme d'ensilage, dans le cas de la production d'éthanol (agro-carburants), de pâte à papier et pour la méthanisation (biogaz) ;
- Récolte printanière ou en fin d'hiver des tiges sèches (février-mars), pour le biocombustible (chauffage), le paillage et la litière.

La récolte « à sec » printanière (ou en fin d'hiver) était jusqu'à peu la plus répandue compte tenu de la valorisation thermochimique qui était prépondérante.

La récolte « en vert » à l'automne, qui serait privilégiée dans le cas de la méthanisation, est donc actuellement moins courante en France mais tendrait à se développer. Elle demande des adaptations de fertilisation, voire de désherbage et pourrait réduire la pérennité de la culture (Besnard et al. 2012). Ce mode de production pouvant affaiblir la culture, une récolte tous les deux ans est préconisée (Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle s. d.).

- **La destruction de la culture**

En fin de production, avant remise en culture de la parcelle, l'exploitant doit procéder à une destruction du *Miscanthus*. En France, un protocole basé sur le mode de destruction de la canne à Sucre de Provence, a été présenté par RMT Biomasse et Territoire (Besnard et Nguyen 2017).

Sur des zones « à fortes contraintes environnementales » un protocole « tout mécanique » est recommandé. Ce protocole consiste d'abord à broyer la culture en juin, lorsque les réserves dans les rhizomes sont au plus bas et afin de produire un « mulch » qui étouffe les repousses. 15 jours à 3 semaines après ce broyage, un déchaumage des rhizomes au rotavator est réalisé en deux passages, pour détruire les repousses et fragmenter les rhizomes

restant. Enfin, un nouveau passage (chisel / cultivateur) est réalisé de fin juillet à août pour conduire au dessèchement des rhizomes.

Une alternative combinant ce protocole avec l'usage d'un désherbant total systémique est aussi évoquée dans d'autres cas, avec une application de l'herbicide en fin d'été, sur les repousses après le broyage en juin (Besnard et Nguyen 2017).

## 2.2 Données sur le risque invasif de *Miscanthus x giganteus*

Comme pour toute plante exotique et en raison de l'engouement que suscite le *Miscanthus* pour la production de biomasse, il est important de se questionner sur le risque d'établissement de populations férales<sup>11</sup> de la plante, voire d'invasion. Plusieurs études consacrées à ce sujet ont été publiées et sont résumées dans les paragraphes suivants.

### 2.2.1 Risque invasif lié à la dispersion des graines

Le clone stérile de *M. x giganteus* est réputé non envahissant (Barney et DiTomaso 2008, Yamada 2015). Des études cytogénétiques soulignent la difficulté pour ce triploïde d'acquérir la fertilité naturellement (Linde-Laursen 1993) pour les raisons évoquées précédemment (voir le paragraphe sur la reproduction : § 2.1.4. p.9).

En France, plusieurs notes rassurantes sur le sujet de la non invasivité ont ainsi été diffusées par la filière *Miscanthus* (Brancourt-Hulmel et Besnard 2013, Besnard et Nguyen 2016, Besnard et al. 2017, Brancourt-Hulmel et al. 2019).

Sur la base d'observations réalisées sur des cultures expérimentales en France, il est indiqué qu'en plus de la stérilité, qui est normalement associée à la triploïdie, la fécondation des fleurs pourrait de toute façon difficilement intervenir en raison des conditions climatiques rencontrées. En effet, si une panicule pouvait éventuellement se former tardivement (fin d'automne) chez *M. x giganteus* en cas de climat propice (Arnoult et al. 2015), les graines atteindraient alors difficilement la maturité (Besnard et al. 2017).

Notons que ces remarques sur la phénologie tardive de la floraison ne tiennent pas compte des importantes modifications qui sont attendues sous l'effet des changements climatiques. En effet, il est fort probable que l'augmentation des températures puisse favoriser un avancement relativement important de la date de floraison du *Miscanthus* sous nos latitudes. A notre connaissance, ce point n'a pas encore été abordé dans les publications traitant de la phénologie du *Miscanthus* et de son potentiel invasif en Europe.

Par ailleurs, la stérilité n'est pas considérée comme totale chez la plupart des triploïdes (Raghu et al 2006), qui peuvent émettre, bien qu'en faible proportion, des gamètes haploïdes ou diploïdes, pouvant contribuer à créer des individus tétraploïdes s'ils viennent à se combiner avec des diploïdes (Gray et al. 1991, Ramsey et Schemske 1998).

En dehors de ces mécanismes qui seraient susceptibles de conduire naturellement et accidentellement à la fertilité de l'hybride *M. x giganteus* en milieu naturel, des expérimentations sont également réalisées en laboratoire pour rendre les hybrides fertiles. En effet, l'hybride *M. x giganteus* étant un clone, il est génétiquement uniforme. De ce fait, il ne répond pas à toutes les attentes en termes de résistance aux maladies, aux ravageurs et aux stress environnementaux (Clifton-Brown et al. 2001). Aussi des tentatives de restauration de sa fertilité ont été réalisées par le biais d'une polyploïdisation, c'est-à-dire en modifiant le nombre de chromosomes, par traitement des cellules à la colchicine (Głowacka et al. 2009, 2010, Yu et al. 2009, Hodkinson et al. 2015).

Ainsi, de vastes programmes de reproduction et de sélection des *Miscanthus* pour l'horticulture et pour l'agriculture ont été mis place afin d'améliorer les caractéristiques des plantes (Greef et al. 1997) et ces programmes peuvent contribuer à augmenter le potentiel invasif de ces plantes (Barney et DiTomaso 2008, Quinn et al. 2010). A titre d'exemple, une étude réalisée aux Etats-Unis, sur un hybride fertile de *M. x giganteus* appelé « *PowerCane* », a montré que ce dernier pouvait tout à fait s'établir en dehors des cultures, via la dispersion de ses graines et ainsi devenir invasif (Miriti et al. 2017).

---

<sup>11</sup> Une population férale est une population d'une espèce exotique, qui persiste à l'état sauvage là où elle a été introduite. Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

D'après Brancourt-Hulmel et al. (2019), au Pays de Galles, aux Pays-Bas et en France, ces programmes d'amélioration des cultivars s'orienteraient principalement vers la création d'hybrides de *M. sinensis* qui peuvent fleurir en Europe (Clifton-Brown et al., 2019). Mais pour éviter tout risque d'invasivité, la France privilégierait la culture de clones stériles de *M. x giganteus*.

En France, le risque invasif de *M. x giganteus* via la reproduction sexuée serait donc théoriquement faible. Encore faudrait-il pouvoir garantir l'origine et l'identification stricte des plantes vendues (pépinières, fournisseurs de semences / rhizomes) et cultivées pour éviter l'implantation d'autres espèces ou clones fertiles existants, qui disposent d'un potentiel invasif plus élevé.

En effet, une récente étude génétique menée en Alsace (Bas-Rhin) a mis en évidence que les cultures de *M. x giganteus*, normalement censées héberger uniquement un cultivar très répandu dans le monde et nommé 'Illinois', contenaient également, bien qu'en faible quantité, un second génotype qui a été attribué à *M. sacchariflorus* (Perrier et al. 2019). En complément, les auteurs de cette publication ont également observé des erreurs d'identification des *Miscanthus* vendus dans des pépinières.

Il n'est donc pas possible de conclure à une « non invasivité » du *Miscanthus* cultivé en France, non pas tant pour des raisons de fertilité possible de l'hybride, comme cela est régulièrement rappelé par la filière, mais davantage :

- en raison de la présence, au sein des rhizomes vendus, de fragments issus d'autres espèces fertiles ;
- du fait des risques possibles de dissémination accidentelle des rhizomes.

### 2.2.2 Risque invasif lié à la propagation des rhizomes

Le risque qu'une plante devienne invasive est souvent sous-estimé dans le cas d'une reproduction par voie végétative. Or les exemples d'invasivité liés à ce type de reproduction sont nombreux chez les plantes (Raghu et al. 2006). Pourtant, le clone stérile de *M. x giganteus* est souvent d'emblée considéré comme étant à faible risque invasif (Barney et DiTomaso 2008, Gordon et al. 2011).

Selon diverses publications scientifiques, en trente années d'essais réalisés en cultures expérimentales en Europe, il n'y aurait eu aucune observation rapportée de colonisation de milieux adjacents aux parcelles cultivées chez *M. x giganteus* (Lewandowski et al. 2000, Barney et DiTomaso 2008, DiTomaso et al. 2010). Pourtant, des cas de populations échappées ont été rapportés en Allemagne (Brennenstuhl 2008, Jørgensen 2011, Schnitzler et Essl 2015), suggérant la possibilité de propagation des rhizomes après une fragmentation et une reproduction végétative.

Le projet GERIHCO (Gestion des Risques, Histoire, Coulées de boues), conduit par l'UMR Irstea / ENGEES (ENGEES, 2015), a abordé la problématique d'utilisation de *Miscanthus x giganteus* pour des dispositifs de génie végétal visant à lutter contre les coulées d'eau boueuses. Dans le cadre de ce projet, les bordures de 71 parcelles ont été surveillées et il n'a pas été constaté de dispersion au-delà d'1 mètre. De plus, aucun fragment de *Miscanthus* n'a été repéré lors d'expériences en contexte de coulées d'eau boueuse.

Si la propagation des rhizomes depuis un pied de *M. x giganteus* apparaît très limitée (rhizomes dits « compacts »), deux facteurs principaux sont susceptibles de leur permettre de coloniser l'extérieur des parcelles dans lesquelles la plante est cultivée (Matlaga et Davis 2013, Schnitzler et Essl 2015) :

- La fragmentation des rhizomes par des interventions mécaniques (qui favoriserait surtout la colonisation des bordures de parcelles, sauf si ces rhizomes sont transportés au-delà) ;
- La dispersion des rhizomes ou fragments par les cours d'eau, en particulier lors des crues ou par d'autres moyens de transports, naturels ou non.

Les travaux de Matlaga et Davis (2013) ont permis d'évaluer ces risques qui seraient largement sous-estimés. Leur étude, a consisté à simuler mathématiquement le développement d'une population férale de *M. x giganteus* dans le contexte de l'Illinois (Etats-Unis), pour des clones stériles ou fertiles, en faisant varier plusieurs paramètres influençant la démographie : propagation des rhizomes, survie des fragments de rhizomes, survie des graines, nombre de graines produites...

Les résultats de ces simulations montrent qu'une population stérile de *M. x giganteus* peut augmenter en nombre et en espace sous certaines conditions, liées notamment à l'importance de la multiplication des rhizomes.

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Concernant les clones fertiles de *M. x giganteus*, même de faibles taux de viabilité, de survie et de germination des graines, soutiennent des populations en expansion rapide.

Les auteurs identifient ainsi deux types d'environnements à risques, y compris pour les clones stériles : les bordures de cultures et les bordures de cours d'eau.

En effet, comme indiqué dans le paragraphe 2.2.2, dans le cas d'une multiplication par les rhizomes, les perturbations liées, soit aux interventions mécaniques (bordures de cultures), soit à la dynamique des cours d'eau (inondations qui érodent le sol ou qui déstabilisent les berges), peuvent favoriser une fragmentation des rhizomes, associée à leur déplacement à plus ou moins longue distance. Ces perturbations engendrent donc un potentiel de dispersion et de fondation d'une population férale.

La principale recommandation faite par les auteurs, qui invitent à la prudence, est donc d'éviter de cultiver le *Miscanthus* dans ces zones à risque et, le cas échéant, de prévoir **une bande tampon enherbée rase d'au moins 5 mètres**, qui est régulièrement surveillée pour éviter toute colonisation par le *Miscanthus*.

En Alsace, dans le cadre de l'expérimentation de l'utilisation du *Miscanthus* sur des périmètres de protection de captages, il est suggéré de **ne pas implanter les cultures sur des pentes supérieures à 10%**.

Notons que d'autres types de perturbations pouvant conduire à une fragmentation et à un déplacement des rhizomes, ne sont pas abordés dans ces publications. En effet, la question pourrait notamment se poser vis-à-vis du comportement de certains animaux fouisseurs, tels que le Sanglier ou le Lapin de Garenne (tous deux considérés comme des ravageurs potentiels de la culture) ou encore le Blaireau européen, qui sont capables de creuser et de retourner le sol pour rechercher leur nourriture (invertébrés, végétaux) ou simplement constituer des terriers ou des latrines (Blaireau), et qui pourraient ainsi contribuer à fragmenter et à déplacer des rhizomes de *Miscanthus*. Cela reste toutefois hypothétique en l'absence d'études conduites sur le sujet.

### 2.2.3 Les populations échappées en Europe

Une synthèse sur la distribution des populations de *Miscanthus* spp. échappées de plantations horticoles ou de cultures a été établie (Schnitzler et Essl 2015). Elle rapporte l'observation de 215 stations dans 10 pays d'Europe (**Illustration 6**). Parmi ces stations, 11 ont été attribuées à *M. x giganteus*, toutes ayant été découvertes en Allemagne. En France seul *M. sinensis* a été trouvée (19 stations).

Ces populations échappées ont été trouvées principalement dans des prairies (généralement humides), au bord de cours d'eau ou de routes, ou encore dans des habitats rudéraux divers (sites d'extraction, proximité de jardins...).

En Europe (Allemagne uniquement), les populations échappées de *M. x giganteus*, ont été trouvées principalement près de plantations ou près de jardins, ce qui suggère que le dépôt de parties de la plante (par exemple les rhizomes), jouerait un rôle important pour la fondation de ces populations férales (Schnitzler et Essl 2015).

La découverte de ces populations échappées de *M. x giganteus* uniquement en Allemagne, pourrait avoir plusieurs explications :

- Une pression de prospection plus importante et/ou des observateurs plus aguerris dans ce pays pour rechercher les populations échappées,
- Des plantations ou pratiques favorisant le risque invasif plus ou moins répandues (exemple : usage horticole avec une mauvaise gestion des matériaux exportés à l'issue des travaux d'entretien des plantations),
- L'utilisation de clones fertiles de *Miscanthus x giganteus* (exemple « *PowerCane* »).

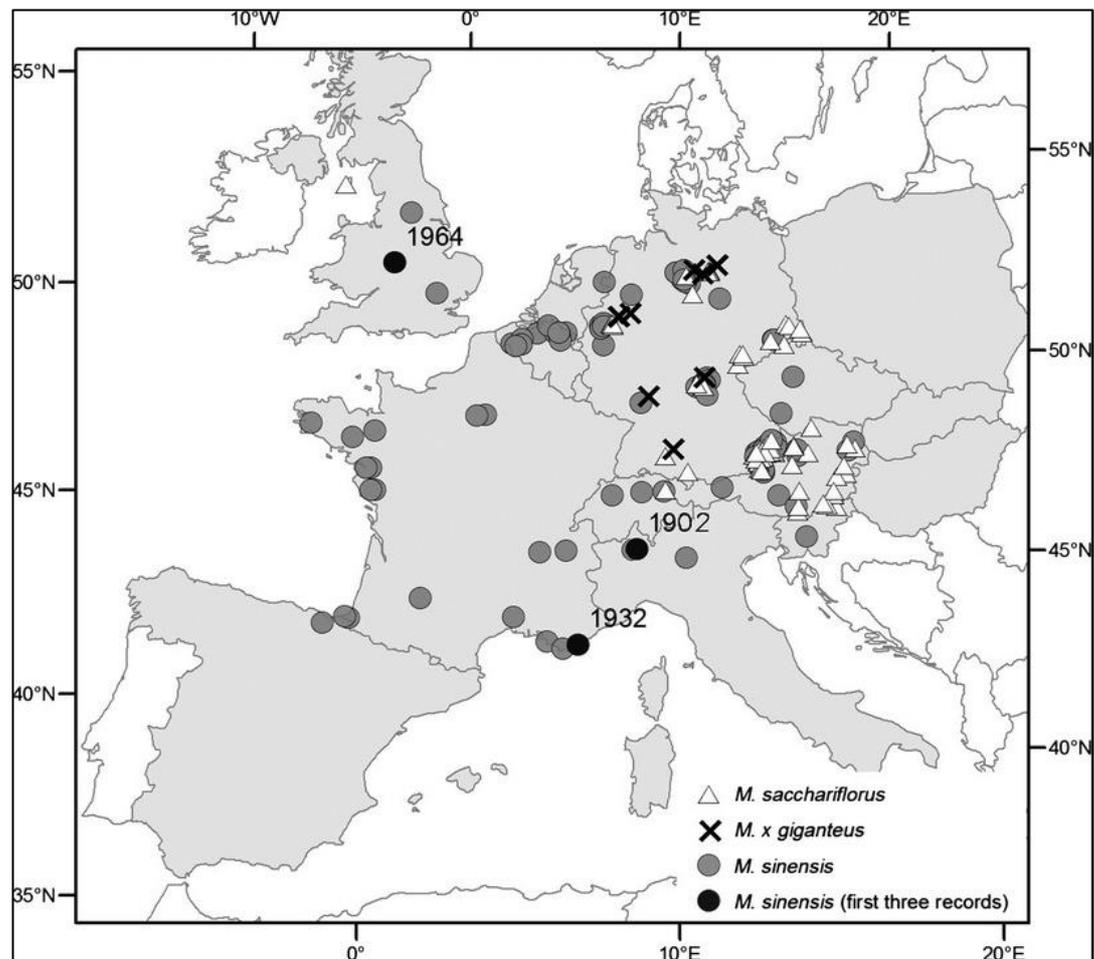


Illustration 6 : Représentation schématique du cycle cultural complet du *Miscanthus*, pour la production de biogaz ou de biocombustibles, dans le cas de pratiques conventionnelles (haut) ou biologiques (bas) (traduit de Winkler et al. 2020)

## 2.2.4 Évaluations du risque invasif dans le monde

Différents protocoles d'évaluation du risque invasif des plantes ont été mis au point, certains ayant un point de vue plutôt agronomique (risque pour les cultures), d'autres ayant une approche davantage écologique (risque pour les écosystèmes).

- **Le 'Weed Risk Assessment' ('WRA')**

L'un des premiers protocoles de ce type est celui du 'Weed Risk Assessment' ('WRA') (Pheloung et al. 1999). A la base, son utilisation avait un objectif très précis. Il a été conçu pour contrôler les risques liés à l'importation / mise en quarantaine de plantes en Australie et en Nouvelle-Zélande.

La méthode consiste à attribuer un score à une plante testée, en se basant sur 49 questions, en lien avec sa biogéographie, son histoire (naturalisation notamment), ses préférences climatiques, ses traits biologiques / écologiques, etc.

Afin d'évaluer le risque invasif que représente une plante, il n'est pas nécessaire de répondre à toutes les questions du test WRA et cela n'est pas toujours possible selon les informations disponibles. Cependant, plus le nombre de questions traitées est grand, plus le test est considéré comme fiable.

Le score obtenu est compris entre -14 (Faible risque d'envahissement) et 29 (Risque maximal d'envahissement) et, en Nouvelle-Zélande et en Australie, il est interprété comme représenté sur l'**Illustration 7**.

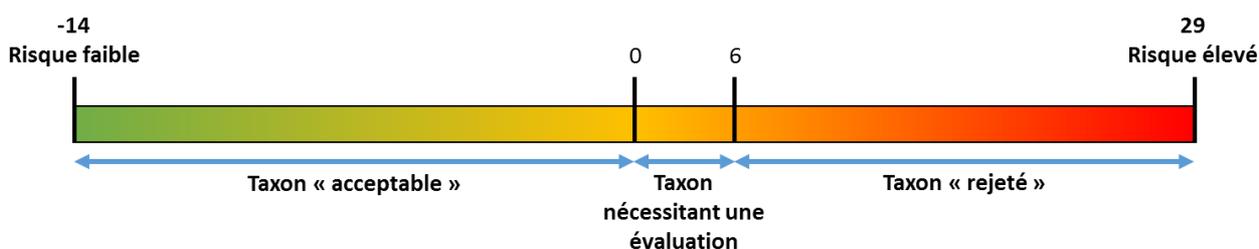


Illustration 7 : Recommandations pour l'importation de plantes exotiques en Nouvelle-Zélande et en Australie, sur la base du score obtenu avec la méthode 'WRA' (Pheloung et al. 1999)

Un seuil a été considéré par les auteurs pour « accepter » (valeurs <0) ou « rejeter » (valeurs >6) l'importation de la plante évaluée. Une valeur comprise entre 0 et 6, implique de réaliser une évaluation complémentaire, soit en utilisant des nouvelles données pour répondre à des questions non traitées, soit en réalisant des expérimentations sur le terrain.

Ce test a ensuite été adapté et appliqué dans d'autres régions du monde.

Le **Tableau 2** présente les résultats de l'application de ce protocole et de ses déclinaisons, dans différentes régions du monde pour évaluer le risque invasif des *Miscanthus*.

Référence	Pays	Région / localité	Taxon testé	Score WRA	Evaluation	Remarques
Barney et DiTomaso, 2008	Etats-Unis	-	<i>M. x giganteus</i> (stérile)	-2	"Accepté"	Pour les auteurs, une reproduction uniquement par voie végétative confère un risque mineur d'invasivité. Ils précisent aussi qu'il n'y aurait qu'un seul cas rapporté de population férale en Europe (Lewandowski et al. 2020). Or, la publication plus récente de Schnitzler et Essl (2015), en rapportait 11.
Crosti et al. 2010	Italie	-	<i>M. sinensis</i>	11	"Rejeté"	<i>M. x giganteus</i> non testé
Gordon et al. 2011	Etats-Unis	-	<i>M. x giganteus</i> (stérile)	-9	"Accepté"	Même conclusion que Barney et DiTomaso (2008) : la reproduction par voie végétative limiterait le potentiel invasif de <i>M. x giganteus</i> .
	Etats-Unis	Floride	<i>M. x giganteus</i> (stérile)	-8	"Accepté"	
Smith et al. 2015	Etats-Unis	-	<i>M. x giganteus</i> (stérile)	?	"Evaluation complémentaire"	
	Etats-Unis	-	<i>M. x giganteus</i> (fertile / "Powercane")	?	"Evaluation complémentaire"	
	Australie	-	<i>M. x giganteus</i> (stérile)	?	"Evaluation complémentaire"	
	Australie	-	<i>M. x giganteus</i> (fertile / "Powercane")	?	"Rejeté"	
	Etats-Unis	-	<i>M. sacchariflorus</i>	?	"Haut risque"	
	Australie	-	<i>M. sacchariflorus</i>	?	"Rejeté"	
	Etats-Unis	-	<i>M. sinensis</i>	?	"Haut risque"	
	Australie	-	<i>M. sinensis</i>	?	"Rejeté"	
Combroux, 2019	France	Alsace	<i>M. x giganteus</i> (stérile)	-4	"Acceptable"	
			<i>M. x giganteus</i> (fertile)	6	"Rejeté"	

**Tableau 2** : Résultats d'évaluations du risque invasif des *Miscanthus* spp., basé sur le protocole WRA ou une forme adaptée

Sur la base de ce protocole, la plupart des tests appliqués dans différents pays ou différentes régions, ont conduit à considérer le clone stérile de *M. x giganteus* comme étant à faible risque invasif et « acceptable » pour la culture, en lien avec le risque considéré comme faible pour une reproduction par voie végétative (mais voir les remarques à propos de la probable sous-estimation du risque dans le paragraphe 2.2.2).

Il est intéressant de constater que ce test reste très subjectif et aboutit à des résultats différents lorsqu'il est appliqué pour une même région géographique. D'ailleurs, l'un de ces tests appliqué pour les États-Unis (Smith et al. 2015), conclut à la nécessité d'apporter une évaluation complémentaire pour le risque lié au clone stérile de *M. x giganteus*.

En France, ce test a été appliqué pour des cultures en Alsace (Combroux 2019) et a conclu à une acceptabilité de ce clone stérile, largement basée sur des observations réalisées en cultures expérimentales, tandis que le clone fertile obtenait l'évaluation « Rejeté » en raison de son risque invasif considéré comme trop important. Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Notons que les limites de ce test ont été précisées (Barney et al. 2016) et qu'il est notamment reproché que ce protocole ne prenne pas du tout en compte l'impact écologique des plantes testées, qui reste largement méconnu dans la plupart des cas.

- **L'évaluation européenne de Weber et Gut (2004)**

Cette méthode d'évaluation a été mise au point pour estimer le potentiel invasif de plantes exotiques dans le contexte de l'Europe centrale (Weber et Gut 2004). L'approche est basée sur 12 questions posées de manière dichotomique, sur des sujets qui concernent : la distribution de l'espèce, la viabilité de ses propagules et son mode de reproduction et différents autres traits biologiques.

La note finale est comprise entre 3 (« faible risque invasif ») et 39 (« haut risque invasif »). Entre 20 et 27, le risque est considéré comme étant « intermédiaire » (**Illustration 8**).

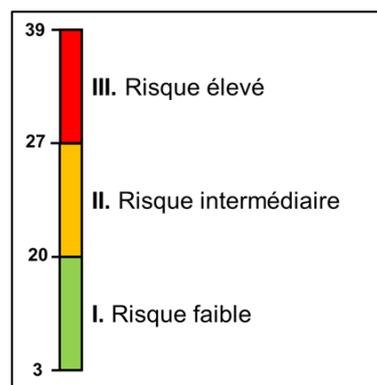


Illustration 8 : Représentation de l'échelle proposée par Weber et Gut (2004) pour l'évaluation du potentiel invasif de plantes exotiques

Les auteurs ont testé 193 plantes exotiques, mais pas de *Miscanthus* spp.

En revanche, Combroux (2019) a appliqué cette évaluation à *M. x giganteus* dans le contexte alsacien et obtient les résultats suivants :

- *M. x giganteus* clone stérile : score = 25, « Risque intermédiaire »
- *M. x giganteus* clone stérile en mélange avec un taxon fertile, clone fertile, score = 29, « Risque élevé ».

Sur la base de ce test, contrairement à celui du WRA, le risque invasif lié à la culture de *M. x giganteus* apparaît donc comme non négligeable, en raison de la présence de *Miscanthus* fertile dans l'approvisionnement.

- **L'évaluation de l'European and Mediterranean Plant Protection Organization ('EPPO')**

L'organisation européenne et méditerranéenne de protection des plantes (EPPO), a établi plusieurs listes relatives aux plantes invasives ou potentiellement invasives :

- Une liste d'espèces considérées comme absentes (catégorie A1) ou seulement localement présentes (A2) dans les pays membres et pour lesquelles une mise en quarantaine est recommandée lors d'une importation (principe de précaution) ;
- Une liste d'espèces reconnues comme étant invasives (liste contenant notamment les Renouées, Buddleias, Solidages, ..., mais pas de *Miscanthus* spp.)
- Une liste d'espèces « à observer » pour leur risque invasif, considéré comme potentiel ('medium risk'). *M. sinensis* est inscrit dans cette liste ;
- Une « liste d'alerte » pour des espèces pouvant présenter un risque futur.

Seul *M. sinensis* est donc inscrit sur l'une de ces listes ('Observation List'). Curieusement, *M. sacchariflorus* et *M. x giganteus* ne sont pas considérés dans ces listes, alors que les cas de populations échappées se multiplient en Europe (Schnitzler et Essl 2015).

- **Autres évaluations nationales en Europe**

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Selon (Besnard et al. 2017) deux autres pays considèrent le *Miscanthus* comme non invasif : le Danemark (Jørgensen 2011) et les Pays-Bas (Matthews et al. 2015).

Concernant les Pays-Bas, Matthews et al. (2015) apportent un avis qui n'est pas aussi tranché en fonction de l'espèce considérée, tout en soulignant que des erreurs d'identifications sont fréquemment commises. Cet avis est basé sur l'évaluation croisée de la distribution connue ('*Invasion stage*') et du risque écologique ('*Ecological impact*') (Illustration 9).

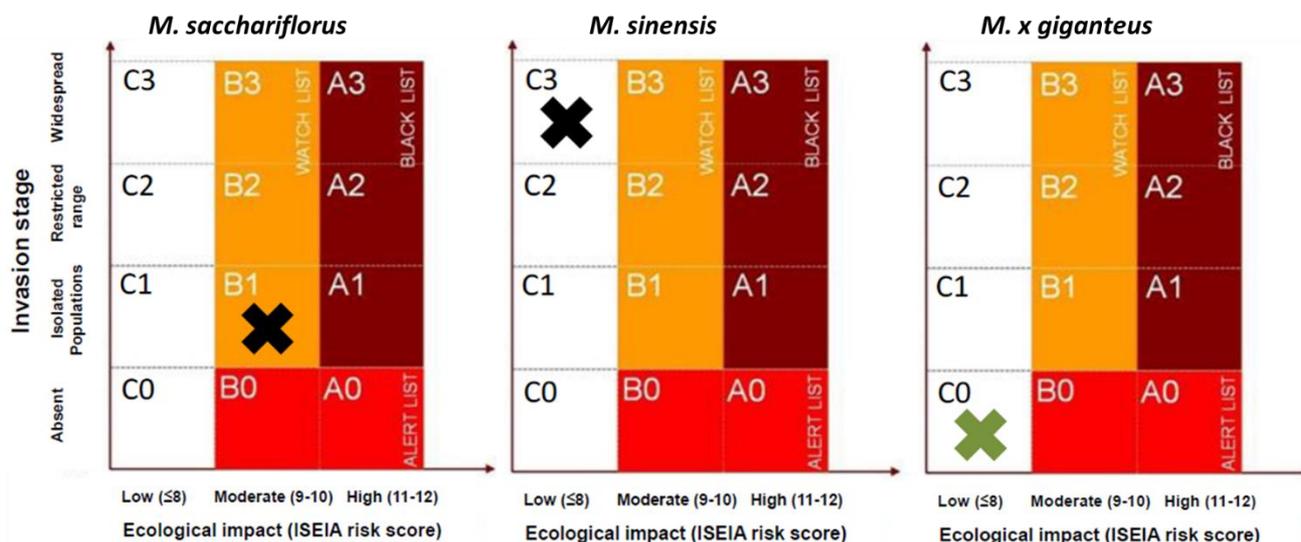


Illustration 9 : Evaluation du risque associé aux *Miscanthus* spp. aux Pays-Bas, en confrontant la distribution des populations dans le Pays avec les impacts écologiques potentiels (Matthews et al. 2015)

L'évaluation est différente pour les trois taxons (*M. x giganteus* et ses espèces parentes) :

- *M. sacchariflorus* : Populations isolées et impact écologique considéré comme « modéré » (B1) ;
- *M. sinensis* : Populations largement distribuées et impact écologique considéré comme « faible » (C3) ;
- *M. x giganteus* (seul le clone stérile est évalué) : Populations non connues et risque écologique considéré comme « faible » (C0).

En Allemagne, *M. sinensis* et *M. sacchariflorus* ont été placés sur une liste d'observation des espèces potentiellement invasives (Nehring et al. 2013).

Enfin, en Italie, des restrictions sont proposées pour *M. sinensis* (Crosti et al. 2010).

- **Liste des espèces végétales exotiques envahissantes de la région Grand Est**

Le Pôle lorrain du futur Conservatoire Botanique National Nord-Est et les conservatoires botaniques d'Alsace et du Bassin parisien (antenne de Champagne-Ardenne), ont établi une liste des espèces végétales exotiques envahissantes de la région Grand Est (Duval et al. 2020).

Cette liste, qui n'aborde que les espèces susceptibles d'avoir ou ayant des impacts environnementaux, a été construite sur la base de la méthodologie décrite dans l'illustration 10.

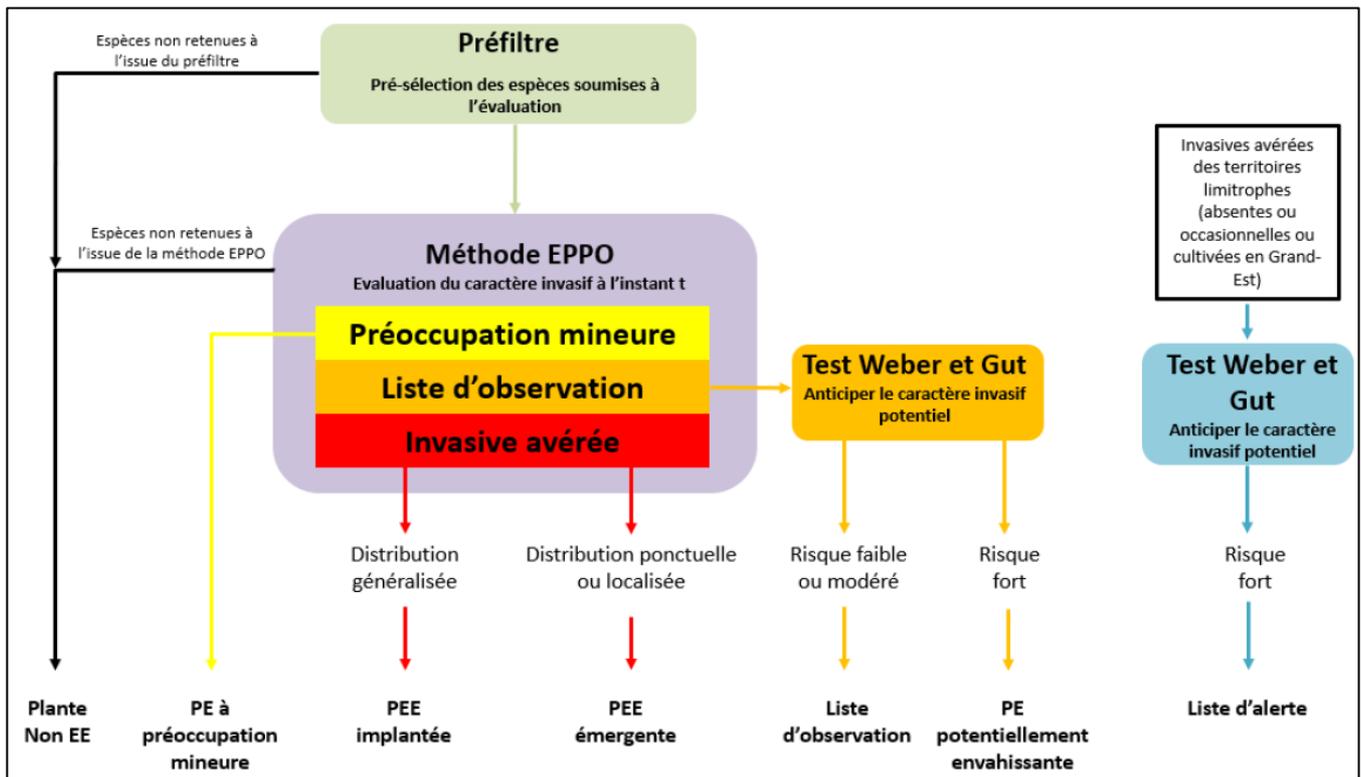


Illustration 10 : Méthodologie d'établissement de la liste catégorisée des espèces exotiques envahissantes de la région Grand Est (source : Duval et al. 2020)

L'approche prend en compte successivement les listes de l'EPPO (voir paragraphe précédent) et le test de Weber et Gut (2004). Cependant, un « préfiltre » est préalablement appliqué à toutes les plantes vasculaires du Grand Est, sur la base du catalogue établi par les trois Conservatoires botaniques du territoire.

**Aucune espèce de *Miscanthus* n'a été retenue comme plante exotique envahissante dans la région à l'issue de l'application de cette méthode. Précisons que ce travail ne traite pas des hybrides et que *M. x giganteus* ne pouvait donc pas être évalué. Cependant, l'évaluation pourrait être pertinente pour les espèces parentes, *a minima*.**

### Synthèse des données disponibles sur le risque invasif de *Miscanthus x giganteus*

Plusieurs clones de *Miscanthus x giganteus* existent dans le monde. Certains sont issus de l'hybridation naturelle entre les deux espèces parentes et sont naturellement stériles, tandis que d'autres ont été créés artificiellement à des fins agronomiques et peuvent s'avérer fertiles. Le clone utilisé en France pour les cultures de *Miscanthus* est réputé stérile et non envahissant.

Chez ce clone stérile, la fécondation des fleurs et donc, la dispersion de graines, n'est théoriquement pas possible en raison de ses caractéristiques cytogénétiques. Toutefois, une faible probabilité existe que des individus fertiles puissent apparaître accidentellement, sous l'effet de mécanismes naturels (production et combinaison de gamètes) pouvant conduire à la formation d'individus tétraploïdes fertiles.

Chez le clone stérile de *Miscanthus x giganteus* les rhizomes sont dits « compacts », ce qui signifie que leur propagation est normalement très limitée. Cependant, deux facteurs sont susceptibles de permettre aux rhizomes de coloniser l'extérieur des parcelles cultivées : la fragmentation par des mécanismes naturels ou anthropiques (exemples : interventions mécaniques, actions d'animaux fouisseurs) et la dispersion des rhizomes (cruie des cours d'eau, transport par des animaux).

Si les essais réalisés en champs n'ont pas permis d'observer la colonisation des milieux adjacents aux parcelles cultivées, des populations échappées de *Miscanthus x giganteus* existent en Allemagne, ce qui interroge sur la possibilité pour cette plante de s'établir en dehors des cultures.

De plus, une récente étude génétique conduite en Alsace dans des parcelles cultivées de *Miscanthus x giganteus*, a mis en évidence la présence, bien qu'en faible quantité, d'une autre espèce fertile de *Miscanthus*. La présence de ce dernier serait liée à des erreurs d'identification au sein des pépinières qui approvisionnent la filière pour la culture de *Miscanthus x giganteus*.

Le risque invasif de *Miscanthus x giganteus* a été évalué dans plusieurs pays, à l'aide de divers protocoles basés sur des critères agronomiques ou écologiques. Ces protocoles et leurs variantes, donnent des résultats différents selon les pays et les appréciations de leurs utilisateurs.

Le risque invasif est jugé faible en France, mais il ne peut pas être qualifié de « nul », puisque plusieurs facteurs peuvent favoriser la propagation de la plante (par les rhizomes en particuliers) et que des cultivars fertiles ont été trouvés occasionnellement dans les parcelles de *Miscanthus x giganteus*.

## 2.3 Données sur les impacts écologiques du *Miscanthus*

Comme le soulignent Barney et DiTomaso (2008), bien que le risque invasif du *Miscanthus* ait été évalué dans différentes régions du monde, ses impacts écologiques restent relativement méconnus.

Dans ces paragraphes, sont abordés les principaux impacts écologiques trouvés dans la bibliographie consultée.

### 2.3.1 Impacts sur les espèces et les communautés animales natives

Comme indiqué le paragraphe 2.1.5, des impacts positifs de la culture du *Miscanthus* sont fréquemment mis en avant par la filière et en particulier le fait de fournir aux espèces animales un refuge (couvert végétal, y compris en hiver si la récolte est tardive), voire plus indirectement, des ressources alimentaires grâce à la présence d'adventices dans la culture les deux premières années, puis sur ses bordures (Brancourt-Hulmel et al. 2019).

L'utilisation de ces cultures en tant qu'habitat de reproduction (support de nids) est surtout notable chez quelques espèces d'oiseaux, mais les parcelles de *Miscanthus* sont généralement moins attractives que d'autres habitats pour la reproduction (Kaczmarek et al. 2019). Pour les busards, l'observation de nicheurs dans les parcelles de *Miscanthus* reste assez anecdotique a priori et a été peu documentée.

Le principal aspect positif de la culture de *Miscanthus*, par rapport à d'autres cultures qui peuvent attirer la faune en général et les oiseaux en particulier, est sa date tardive de récolte, qui réduit fortement les risques de mortalité associés aux interventions de machines en période de reproduction.

Cependant, cette vision vertueuse de la culture de *Miscanthus*, comme refuge de biodiversité est rarement contrebalancée par les impacts négatifs qui ont également été mis en évidence de manière rigoureuse.

En effet, les études ayant comparé l'intérêt des cultures de *Miscanthus* par rapport à d'autres cultures, pour différents groupes faunistiques, aboutissent généralement à trois conclusions :

- En dehors de quelques organismes ravageurs, souvent connus sur d'autres cultures comme le Maïs (papillons, pucerons et coléoptères, dont certains sont introduits), très peu d'espèces animales natives consomment le *Miscanthus* et cette plante n'est donc pas une ressource alimentaire notable pour la faune (c'est d'ailleurs ce qui en fait un bon candidat pour la culture compte tenu du faible nombre de ravageurs) ;
- La présence d'adventices dans les parcelles, éventuellement les deux premières années, ou plus généralement sur les bordures, peut fournir indirectement des ressources alimentaires à différentes espèces (oiseaux : Bellamy et al. 2009, Pringle et al. 2015 ; Lièvre d'Europe : Petrovan et al. 2017 ; micromammifères : Semere et Slater 2007a ; invertébrés : Semere et Slater 2007b), mais cela va être fortement dépendant des pratiques culturales (en particulier la lutte mécanique ou chimique contre les adventices) ;
- Les grandes parcelles de *Miscanthus* contribuent à homogénéiser le paysage et à réduire l'accès aux ressources alimentaires pour certaines espèces, induisant de ce fait des dépenses énergétiques plus importantes voire une augmentation de la taille des domaines vitaux individuels (cas du Lièvre et du Bruant jaune notamment), pouvant avoir des répercussions potentielles sur la condition corporelle, la survie ou encore le succès reproducteur de ces espèces.

Ainsi, le bénéfice apporté à la faune par les cultures de *Miscanthus* est globalement discutable, contexte-dépendant et à confronter aux impacts négatifs qui ont été mis en évidence. Autrement dit, **les cultures de *Miscanthus* ne sont pas forcément plus attractives que d'autres cultures ou habitats et l'impact positif ou négatif de la culture de *Miscanthus* va surtout dépendre des pratiques agricoles, des surfaces cultivées et de la diversité des paysages au sein de laquelle se trouve la parcelle.**

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Plusieurs études ont notamment mis en évidence un effet « localisation de la parcelle », accompagné d'un effet « surface », sur les diversités biologiques inventoriées (voir par exemple Bersonnet 2012 pour les coléoptères). Ainsi, il est généralement préconisé de cultiver le *Miscanthus* sur des petites bandes <10-12 ha et en alternance spatiale avec d'autres cultures pour limiter cet effet négatif lié à la réduction des ressources alimentaires et à l'homogénéisation des paysages.

### 2.3.2 Impacts sur les espèces et les communautés végétales natives

En dehors des adventices qui peuvent se développer sur les parcelles cultivées (en fonction des pratiques culturales), peu d'informations existent sur les impacts possibles du *Miscanthus* sur d'autres plantes ou communautés végétales.

Cependant, il est établi que *M. x giganteus* est une espèce très compétitive et qui est capable d'étouffer totalement la végétation herbacée au bout de quelques années lorsqu'elle pousse en massifs denses.

Ce processus intervient avec le développement de la canopée du *Miscanthus*, qui réduit drastiquement l'accès à la lumière pour les autres plantes. Par ailleurs, l'abondante litière formée par les feuilles, mise en avant dans les pratiques culturales (« mulch ») comme étant un atout pour lutter contre les adventices, empêche la plupart des autres plantes de se développer dans les massifs de *Miscanthus*, qui sont généralement monospécifiques.

En complément, la libération de substances à effets allélopathiques (substances inhibant la croissance des autres végétaux) est connue chez les espèces parentes, à la fois chez *M. sacchariflorus* (Matthews et al. 2015) et chez *M. sinensis* (Awty-Carroll et al. 2020), ce qui a pour effet de réduire la richesse et la diversité de la végétation et de la banque de graines du sol.

Ainsi, comme chez d'autres espèces exotiques envahissantes, le développement des populations échappées de *M. x giganteus* pourrait conduire à un déclin local des populations d'espèces végétales natives et à une forte diminution de la biodiversité associée.

### 2.3.3 Impacts hydrologiques et sur la ressource en eau

La culture de *Miscanthus* est considérée comme étant à « bas niveau d'impacts » en raison du fait qu'elle nécessite un apport d'intrants moins important que certaines autres cultures. A ce titre elle garantirait un impact limité sur la ressource en eau, en particulier vis-à-vis de l'azote et des phytosanitaires, et ce quel que soit l'itinéraire technique. Pour ces raisons, le *Miscanthus* fait partie des cultures faisant l'objet d'une promotion pour une amélioration de la qualité de l'eau. Son implantation est ainsi encouragée en remplacement d'autres cultures, en particuliers le Maïs sur les aires d'alimentation des captages. En toute rigueur, bien qu'il soit potentiellement moins impactant pour la qualité de l'eau que d'autres cultures, notons que le *Miscanthus* ne peut être perçu comme étant strictement neutre ou positif pour la ressource en eau compte tenu de l'utilisation quasi systématique d'herbicides au cours de son implantation (voir § 2.1.8 sur le cycle cultural). Le bilan sur l'amélioration de la qualité de l'eau doit être considéré en comparaison avec les autres cultures uniquement.

Concernant l'utilisation « efficace » des ressources en eau du sol par le *Miscanthus*, elle est souvent présentée comme un atout de la culture. Cependant, même si ces besoins de la plante sont inférieurs à ceux de quelques rares autres cultures telles que les Taillis à Courte Révolution (peupliers, saules) ou encore le Switchgrass, ils sont supérieurs à la plupart des cultures annuelles : blé, orge et même le maïs pourtant réputé très consommateur en eau (Dohleman et Long 2009, Rowe et al. 2009). Cette forte demande s'explique par : une croissance importante et rapide de la plante, une période de croissance saisonnière plus longue que la plupart des autres cultures, une forte évapotranspiration de la plante et un développement racinaire important. Par ailleurs, une fois le feuillage bien développé, la densité de sa canopée contribue à réduire fortement l'approvisionnement en eau du sol par les précipitations (Carton et al. 2008).

Les expérimentations conduites ont également permis de montrer que l'évapotranspiration annuelle moyenne était supérieure dans les cultures de *Miscanthus* par rapport à des prairies permanentes ou à du blé d'hiver (Rowe et al. 2009). De plus, compte tenu de leur densité et de leur profondeur d'établissement dans le sol, les rhizomes du *Miscanthus* peuvent assécher le sol à des profondeurs importantes (2 à 3 mètres). Cette caractéristique est, elle aussi, mise en avant comme un service rendu possible de la plante pour la gestion locale des crues.

Cependant, ces besoins importants du *Miscanthus* pourraient aussi impacter les communautés végétales proches des cultures en réduisant leur accès à la ressource en eau.

Des publications mettent en avant la meilleure efficacité du *Miscanthus* pour l'utilisation de l'eau en comparaison du Maïs, dans le cas spécifique de l'utilisation de ces deux cultures pour les biocarburants (Zhuang et al. 2013), tandis que d'autres rapportent une efficacité équivalente (Maleski et al. 2019). A titre de comparaison, Zhuang et al. (2013) donnent les chiffres suivants pour les pertes en eau par évapotranspiration (non pondérées par la surface) : 200-550 mm pour le Maïs, contre 300-800 mm pour le *Miscanthus*.

Ainsi les besoins importants en eau de cette culture peuvent questionner quant à la gestion de la ressource, dans le contexte des changements climatiques, avec des sécheresses de plus en plus fréquentes et une disponibilité en eau qui tend à diminuer dans les sols.

A ce sujet, une étude prospective récente a été conduite en Pologne, afin d'évaluer l'impact des changements climatiques sur les besoins en eau de la culture de *Miscanthus* (Rolbiecki et al. 2021). Compte tenu de l'augmentation des températures et des déficits hydriques, sur la période 2021-2050, une augmentation de 10% des besoins en eau de la plante apparaît probable, avec des pics à +16% sur le mois d'août et +23% en septembre. Il apparaît donc nécessaire d'intégrer également ces enjeux pour anticiper ces changements et garantir une gestion rationnelle future de la ressource en eau.

### 2.3.4 Autre impact écologique potentiel : le risque incendie

Au stade sénescence, c'est-à-dire en fin d'hiver, le *Miscanthus* devient très sec, de même que l'importante couche de litière au sol formée par les feuilles qui s'accumulent à chaque fin de cycle cultural. Ainsi les cultures de *Miscanthus* seraient à haut risque vis-à-vis des incendies. Un incendie qui se produirait dans une culture de *Miscanthus* pourrait ensuite se propager dans les milieux naturels voisins et ainsi menacer des écosystèmes.

Ce risque est considéré comme faible sous les climats frais et humides du Nord de l'Europe mais il peut être plus important sous des climats plus arides (Rowe et al. 2009). Il est aussi important d'anticiper l'accroissement probable de ce risque, avec les changements climatiques qui sont attendus dans les prochaines décennies, comme l'année 2022 a pu nous le rappeler en France. En effet, cette évolution du risque semble actuellement peu abordée dans les scénarios relatifs à l'implantation de cette culture.

L'une des solutions proposées pour réduire ce risque d'incendie est de privilégier la récolte « en vert » de la plante (fin d'automne). Des bandes coupe-feu sont également préconisées entre les parcelles ou à leur périphérie, pour éloigner la culture des zones à risque proches. Les bandes enherbées qui sont préconisées pour réduire le risque invasif, peuvent également jouer ce rôle et cette mesure apparaît donc doublement utile.

Il faut également noter que la pratique de l'écobuage et des feux de chaumes devraient être évitées aux abords des parcelles de *Miscanthus*.

### 2.3.5 Synthèse des impacts écologiques connus et recommandations

Les impacts écologiques, positifs et négatifs du *Miscanthus* sont résumés dans la figure ci-dessous. Ces impacts concernent différentes thématiques et il ne nous semble peu pertinent de les hiérarchiser, car tous peuvent avoir des répercussions sur les fonctionnalités écologiques et sur les services écosystémiques associés au bon fonctionnement des écosystèmes (incluant la protection de la ressource en eau).

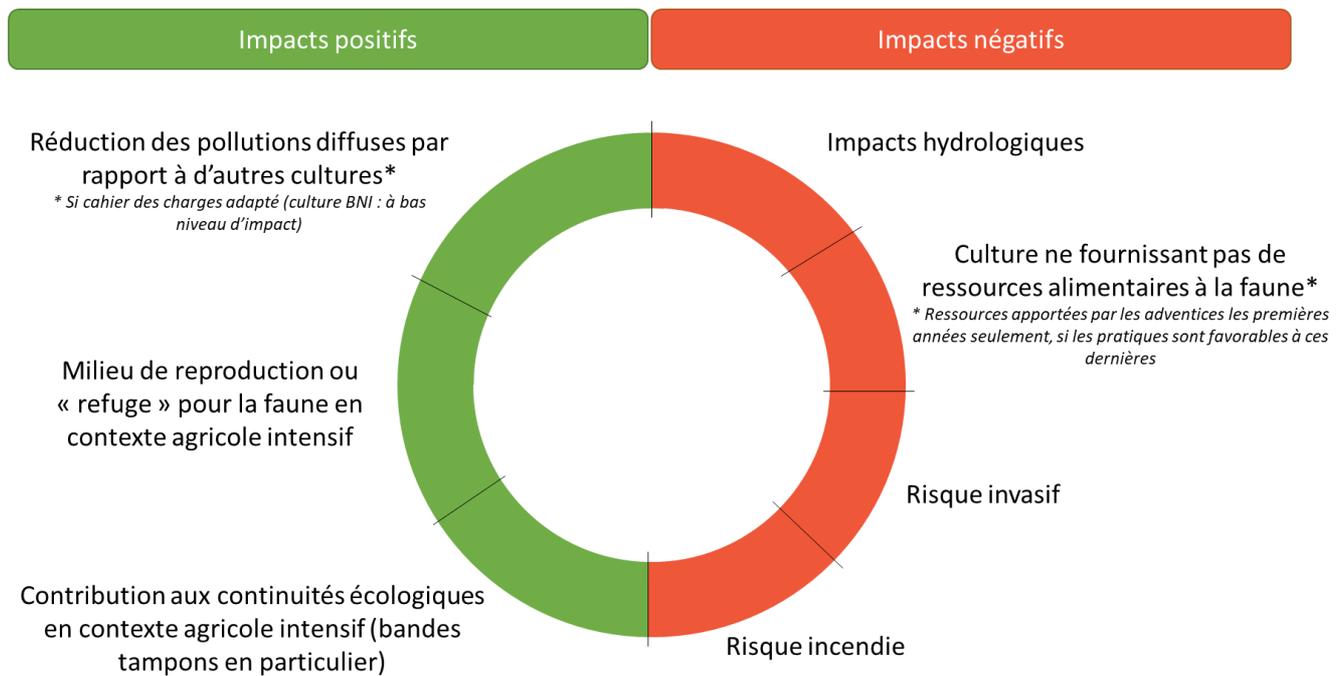


Illustration 11 : Synthèse des impacts écologiques du Miscanthus

## 2.4 Données sur les impacts de la culture de Miscanthus vis-à-vis des paysages

L'impact du Miscanthus sur les paysages est globalement peu abordé dans la littérature scientifique.

Les principaux enjeux identifiés sont les mêmes que pour les Taillis à Courte Révolution par exemple et concernent l'obstruction des vues, les impacts sur la structure du paysage et les changements rapides de l'apparence visuelle causés par la récolte (Rowe et al. 2009).

### 3 Analyse des sensibilités vis-à-vis de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* sur le bassin versant du Rupt de Mad et recommandations

#### 3.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est composée des périmètres des communes du PNR de Lorraine, qui appartiennent au bassin versant du Rupt de Mad (Illustration 12).

La superficie totale de ce périmètre est d'environ 571 km<sup>2</sup> (57 100 ha), ce qui représente près du tiers de l'ensemble de la superficie du PNR de Lorraine (environ 210 000 ha). La superficie du bassin versant du Rupt de Mad, incluse dans cette zone d'étude, est un peu inférieure, avec 38 500 ha.

Il s'agit d'un secteur situé dans la partie ouest du PNR de Lorraine, dont le paysage est relativement diversifié : forêts, prairies, cultures, pelouses calcaires, zones humides, incluant le lac de Madine. Le relief est également bien présent, puisque la zone d'étude est délimitée à l'ouest par les Côtes de Meuse et, au nord-est par les Côtes de Moselle, avec une partie centrale relativement plane (plaine de la Woëvre), qui débouche sur la vallée du Rupt de Mad.

Le Rupt de Mad est un affluent en rive gauche de la Moselle, dont la source se situe dans les Côtes de Meuse, sur la commune de Geville (extrême sud de la zone d'étude). Il s'écoule sur 54,6 km vers le nord-est, où il rejoint la Moselle à Arnaville.

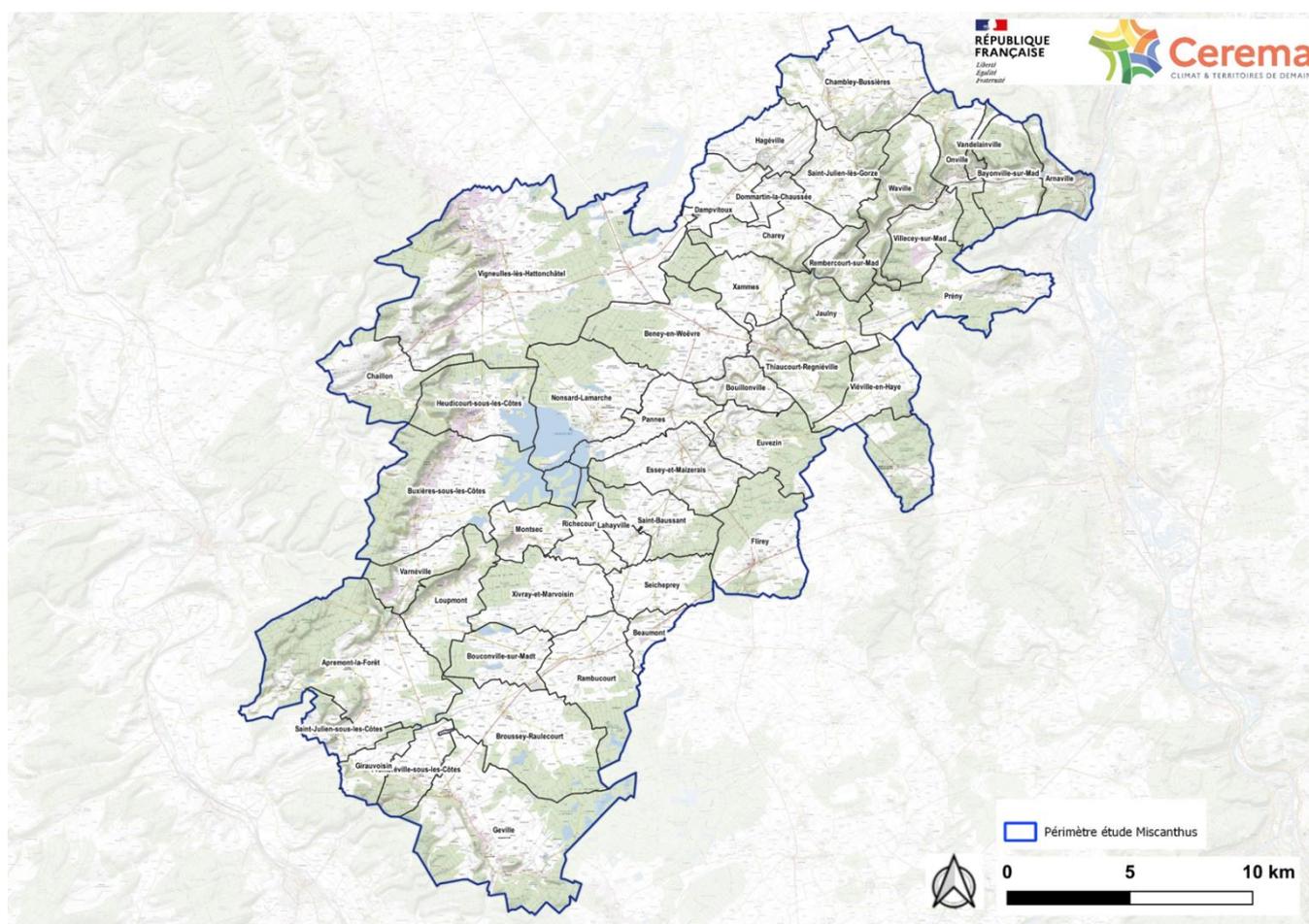


Illustration 12 : Périmètre d'étude des impacts et sensibilités liés à l'implantation du *Miscanthus* sur le bassin versant du Rupt de Mad

## 3.2 Analyse des sensibilités écologiques de la zone d'étude et recommandations

### 3.2.1 Méthodologie utilisée

Sur la base de la synthèse bibliographique présentée dans les paragraphes précédents, une méthodologie est proposée afin de délimiter les secteurs sensibles vis-à-vis de l'implantation du *Miscanthus*. Notons qu'il ne nous paraît pas possible, ni souhaitable, d'établir une gradation entre ces critères

Les critères utilisés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Zonage	Source des données	Impacts écologiques potentiels	Sensibilité à l'implantation du <i>Miscanthus</i>
Cultures, jachères et autres terres agricoles hors prairies permanentes ou remarquables et vergers	RPG	Pas d'impact négatif pour la biodiversité, voir impact positif en cas de pratiques culturales extensives, sur de petites surfaces cultivées en mosaïque et avec un contrôle du risque invasif.	NON
Prairies permanentes ou remarquables et vergers	RPG	Impact négatif fort par suppression d'habitats d'espèces déjà fortement menacées et altération des fonctions écologiques	OUI
Espaces naturels et leurs abords immédiats (zone tampon de 10 m)	couche "reservoirs_biodiversite_agreges_MAH2021" + zone tampon de 10 m	Homogénéisation des habitats naturels en cas de colonisation	OUI
Cours d'eau et leurs abords immédiats (zone tampon de 10 m)	couche "Tcours_eau-lineaire_PNRL_2012" + zone tampon de 10 m	Risque invasif accru lié à la dispersion de rhizomes ou graines par le cours d'eau ou les crues	OUI
Mares et leurs abords immédiats (zone tampon de 10 m)	couche "ProgrammeMares_PNRL_2022" + zone tampon de 10 m	Risque invasif potentiel (établissement de populations) en cas de colonisation des ceintures de végétation héliophytiques	OUI
Etangs et leurs abords immédiats (zone tampon de 10 m)	couche "Etangs_PNRL" + zone tampon de 10 m	Risque invasif potentiel (établissement de populations) en cas de colonisation des ceintures de végétation héliophytiques	OUI
Zones humides	Pré localisation des zones humides du PNRL	Impacts hydrologiques (approvisionnement des nappes, assèchement des sols)	OUI
Pentes >10%	MNT IGN	Risque invasif lié à des coulées de boues	OUI
Risque incendie	?? (à définir)	Propagation d'incendies si culture située au contact ou à proximité immédiates de zones à risques	OUI

**Tableau 3** : Résultats d'évaluations du risque invasif des *Miscanthus* spp., basé sur le protocole WRA ou une forme adaptée

Le risque d'incendie n'a pas pu être pris en compte, en l'absence de données exploitables sur le sujet localement. La démarche complète qui a été suivie, est détaillée ci-dessous et résumée sur l'**Illustration 13**.

- Etape 1 : Sélection des surfaces agricoles

Dans un premier temps, il s'agit de délimiter les surfaces agricoles de la zone d'étude, qui seraient susceptibles d'accueillir la culture. Pour cela, les données utilisées sont celles du RPG (Registre Parcellaire Graphique). Ces données permettent d'identifier les parcelles, en fonction de leur usage agricole : cultures, prairies permanentes et temporaires, estives et landes, vergers.

Le tableau ci-dessous détaille les surfaces agricoles concernées sur la zone d'étude, sur la base du RPG de 2019.

	<b>Surface (ha)</b>
<b>Périmètre d'étude</b>	<b>57116</b>
<b>Surfaces agricoles (RPG)</b>	<b>30240</b>
Cultures, jachères et divers usages agricoles	21593
<i>dont Maïs grain et ensilage</i>	<i>2585</i>
Prairies temporaires	452
Prairies permanentes	6818
Estives et landes	3
Vergers	480

**Tableau 4** : Détail des surfaces agricoles de la zone d'étude (source : RPG, 2019)

Les prairies remarquables du PNR représentent au total 507 ha sur le périmètre et elles sont réparties pour 349 ha sur des prairies permanentes et pour 158 ha sur des prairies temporaires. Le Maïs (grain et ensilage) représente 2585 ha.

- Etape 2 : Définition des zonages sensibles

Une fois les surfaces agricoles retenues, d'autres données sont prises en compte de manière itérative, avec une exclusion en cas de recoupement surfacique avec les surfaces agricoles. Ces données permettent de définir les zones sensibles, par rapport au risque invasif ou écologique du *Miscanthus*, pour lesquels une exclusion est recommandée.

Il s'agit :

- Des prairies permanentes ou remarquables,
- Des vergers,
- Des cours d'eau,
- Des mares,
- Des étangs,
- Des espaces naturels (tous les périmètres classés en réservoirs de biodiversité du PNR de Lorraine : APPB, sites en propriété ou gestion par le Conservatoire d'espaces Naturels de Lorraine ou le Conservatoire du Littoral, Espaces Naturels Sensibles de Meurthe et Moselle et de Meuse, Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage, Réserve Naturelle Régionale, Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique)
- Des pentes supérieures à 10%.

Les zones humides potentielles du PNR Lorraine, classes 4 à 6 (Brasselle et al. 2020) sont ajoutées pour réduire les impacts hydrologiques de la culture.

Concernant les espaces naturels, notons des recouvrements importants entre certains périmètres d'aires protégées, conduisant à des sites qui cumulent un grand nombre de statuts (exemple du Lac de Madine). Les zones d'exclusion ne sont donc pas nécessairement multipliées dans ce cas.

Enfin, notons que, dans certains contextes, le remplacement de cultures existantes (Maïs en particulier) dans des espaces naturels par des cultures de *Miscanthus* pourrait éventuellement être étudié, en particulier pour l'amélioration de la qualité de l'eau, en tant que culture bas niveau d'impact (en réduisant autant que possible la fertilisation et le recours aux traitements chimiques).

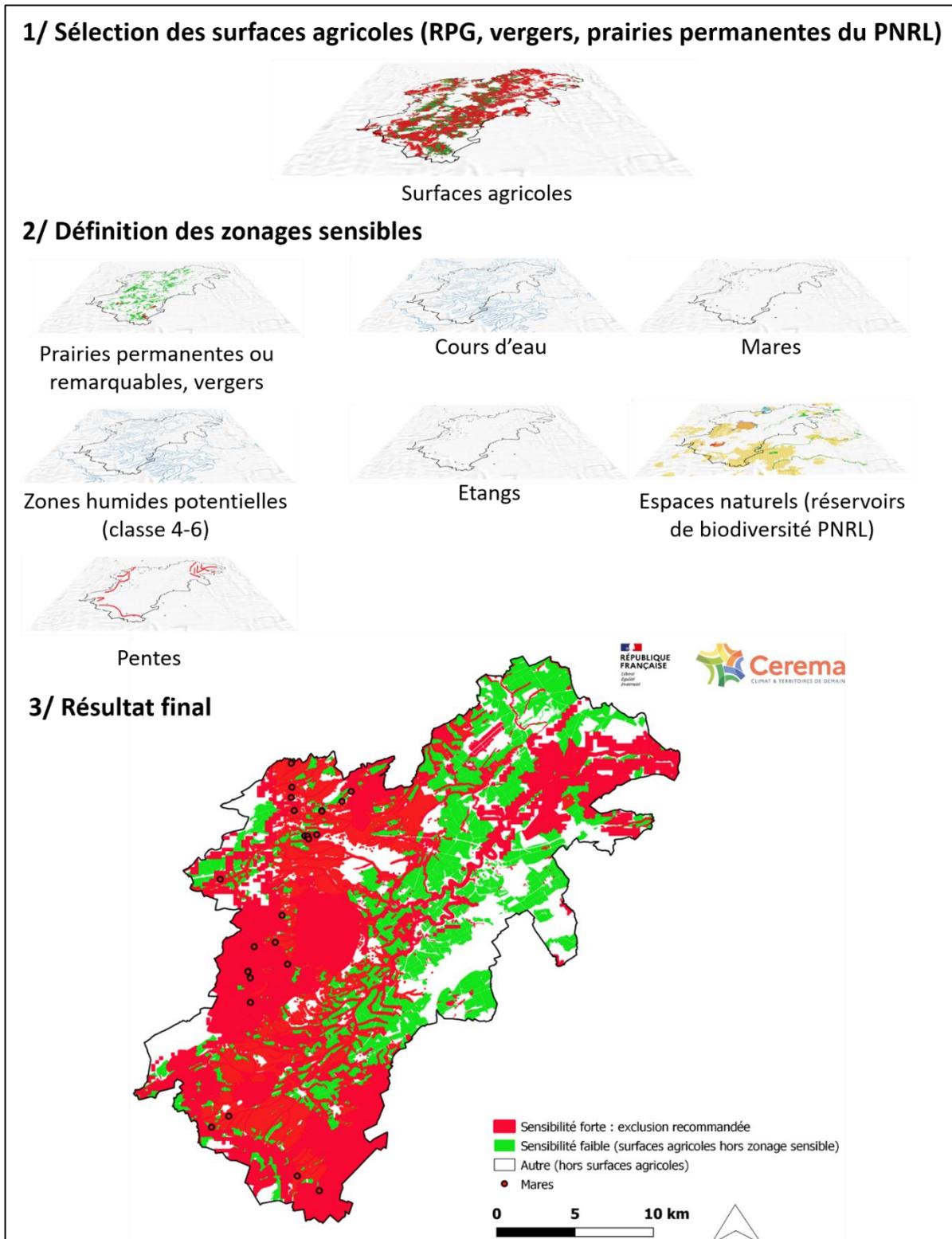


Illustration 13 : Démarche suivie pour la définition des sensibilités et la proposition de zones d'exclusion pour l'implantation du *Miscanthus* sur le bassin versant du Rupt de Mad

### 3.2.2 Cartographie des sensibilités écologiques

La cartographie obtenue (**Illustration 13**) présente les zones sensibles dont l'exclusion est recommandée sur la base des critères écologiques précédents (en rouge). Ces zones sensibles se concentrent principalement sur les têtes de bassin, riches en petits cours d'eau et en zones humides et où les principaux réservoirs de biodiversité se concentrent (partie ouest du périmètre d'étude). En complément le fond de vallée du Rupt de Mad et le secteur d'Arnaville, sont également concernés par des enjeux écologiques et apparaissent également en zone sensibles.

A l'inverse, les surfaces agricoles qui ne présentent pas d'enjeu particulier, après prise en compte de ces critères, sont considérées comme étant à « sensibilité faible » (en vert).

**Ces surfaces agricoles à sensibilité faible représentent un total de 15 000 ha (69% du total des surfaces agricoles de la zone d'étude), tandis que 6593 ha (31%) sont considérées comme étant à sensibilité forte vis-à-vis de l'implantation du Miscanthus.**

Sur les 2585 ha de Maïs grains et ensilage figurant dans le RPG sur ce périmètre (données de 2019), 1590 ha (62%) se situent dans les surfaces à sensibilité faible, tandis que 995 ha (38%) se situent dans les surfaces à sensibilité forte.

Tout le reste de la zone d'étude (en blanc) est considéré comme non concerné, puisque n'appartenant pas aux surfaces agricoles.

Notons que cette cartographie exclut d'emblée les parcelles agricoles situées dans des espaces naturels. Une réflexion pourrait cependant être menée sur l'intérêt de remplacer localement certaines surfaces cultivées existantes dans ces périmètres, en particulier le Maïs, par une culture de Miscanthus, avec un objectif d'amélioration de la ressource en eau, en tant que culture à bas niveau d'impact, comme dans le cas des périmètres de protection des captages.

### 3.2.3 Evaluation des impacts potentiels sur les continuités écologiques

L'impact des cultures de Miscanthus sur les continuités écologiques est difficile à établir, en raison de l'absence d'études spécifiques menées sur cette problématique.

La culture en elle-même ne constitue probablement pas une barrière infranchissable pour la plupart des espèces, sauf peut-être celles fuyant les milieux trop denses et fermés.

A l'inverse, dans les openfields où les haies et autres milieux de transition peu perturbés par les activités anthropiques sont plutôt rares ou absents, les parcelles de Miscanthus pourraient jouer un rôle de corridor écologique pour certaines espèces qui apprécient le couvert de la culture (voir § 2.1.5). Il faut toutefois noter que cet intérêt est à relativiser dans les paysages diversifiés qui sont rencontrés sur la majeure partie de l'aire d'étude.

De manière indirecte, les bandes tampons préconisées autour des parcelles, pourraient favoriser la circulation des espèces inféodées aux milieux ouverts herbacés (type prairie). En gérant ces bandes de manière raisonnée, elles pourraient donc contribuer à maintenir ou améliorer la connectivité écologique dans les milieux agricoles, à l'instar des bords de routes, lorsqu'ils sont gérés de manière raisonnée. Une gestion écologique de ces bandes tampons peut donc être très intéressante et apporter une plus-value non négligeable aux parcelles de Miscanthus en termes de contribution aux continuités écologiques.

L'**Illustration 14** montre les potentialités offertes par les zones tampons du parcellaire agricole, dans les zones à sensibilité faible vis-à-vis de l'implantation du Miscanthus : représentation des bandes de 10 m de largeur qui sont préconisées en périphérie des parcelles.

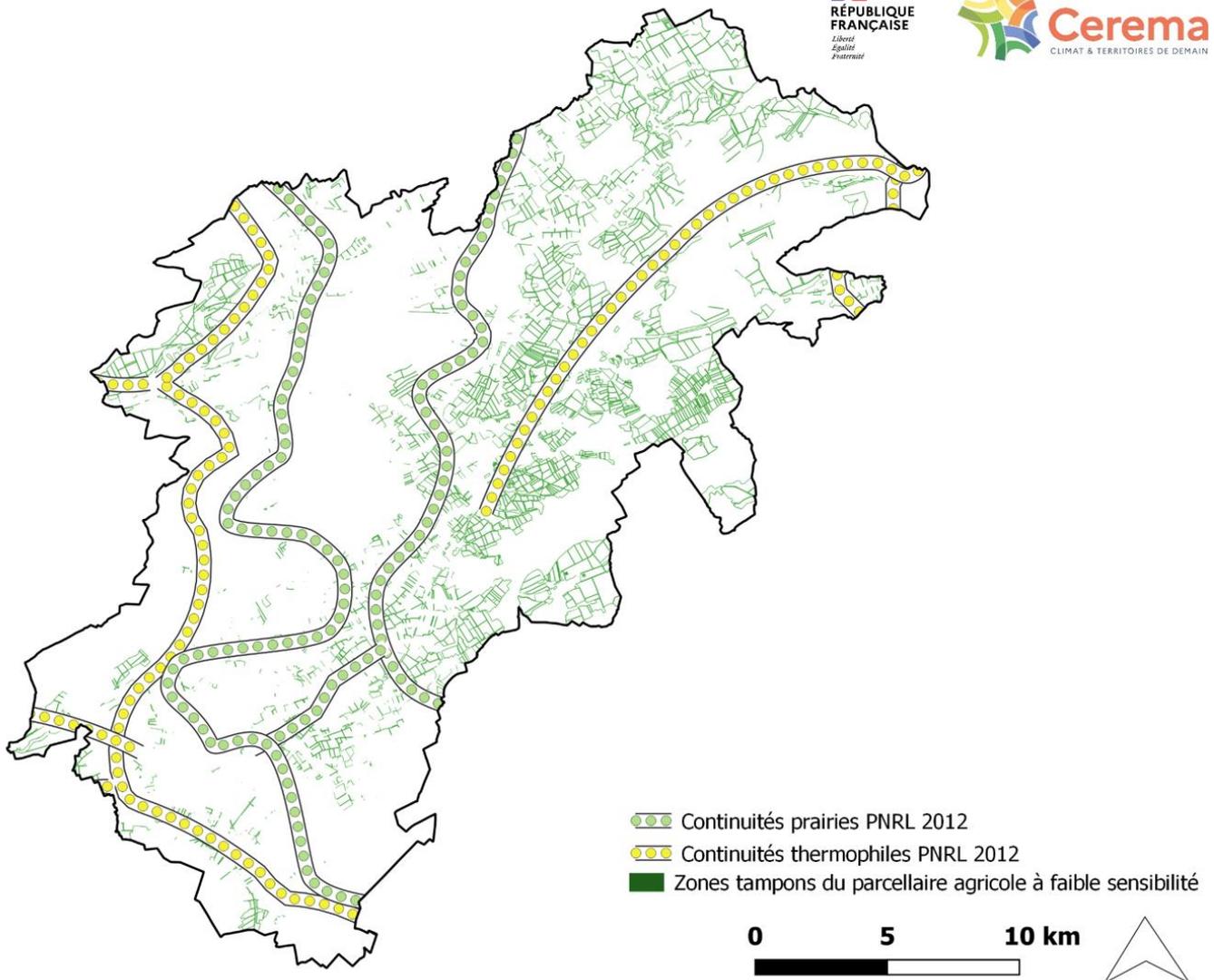


Illustration 14 : Cartographie de la contribution potentielle aux continuités écologiques du PNR de Lorraine des bandes tampons du parcellaire agricole en zone de sensibilité faible

### 3.2.4 Localisation des cultures hors zones sensibles sur des périmètres de protection de captage

L'Agence de l'Eau Rhin Meuse, en partenariat avec les Chambres d'Agriculture, souhaite expérimenter l'utilisation de cultures à bas niveaux d'impacts sur les périmètres de protection des captages, dans un objectif de protection de la ressource en eau. Il peut donc être intéressant d'identifier des parcelles agricoles situées sur les périmètres de protection des aires de captage, après avoir tenu compte des sensibilités écologiques.

L'**Illustration 15** localise les aires d'alimentation de captages et les périmètres de protection associés (PPR et PPE), sur le périmètre d'étude. L'**Illustration 16** localise les parcelles situées sur ces périmètres et en dehors de zones de sensibilité forte par rapport aux critères écologiques.

Au total, ces surfaces agricoles représentent 1488 ha sur le périmètre d'étude, avec environ 826 ha situées sur des PPR et 662 ha sur des PPE (certaines parcelles sont « à cheval » sur ces deux périmètres, ou seulement en partie sur l'un des deux).

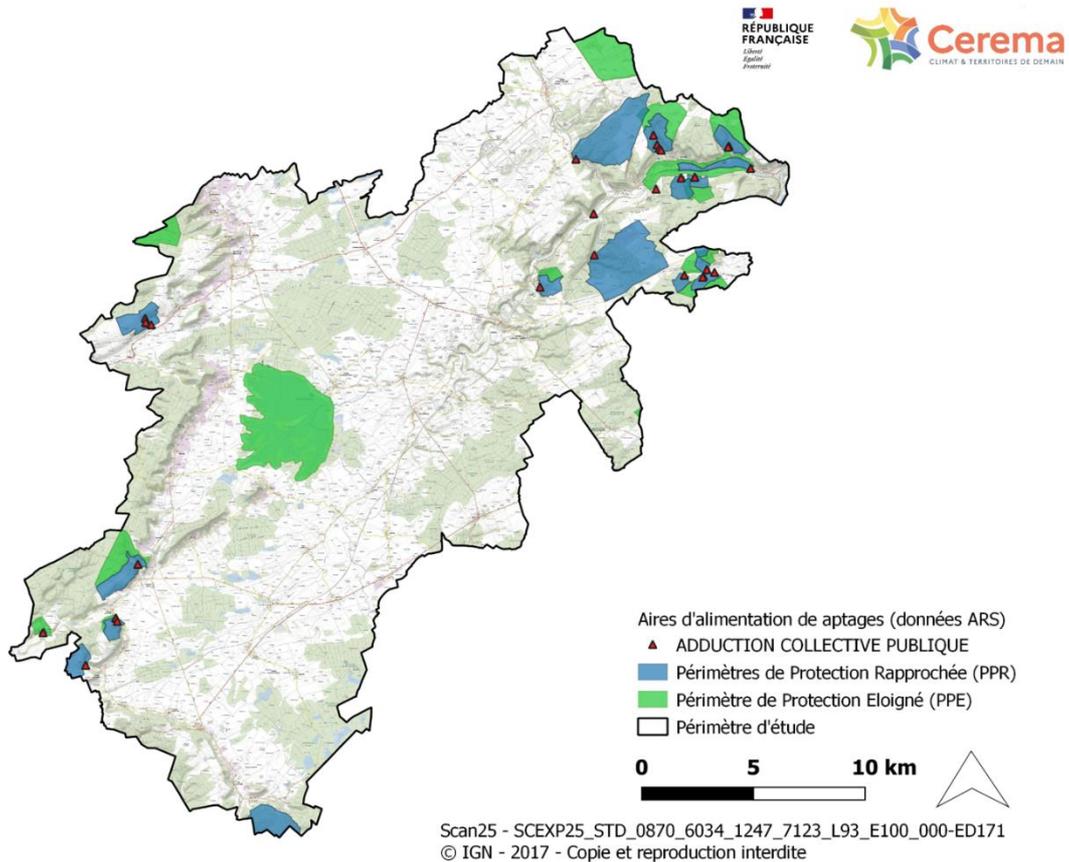


Illustration 15 : Localisation des périmètres de protection de captages sur le périmètre d'étude (données ARS)

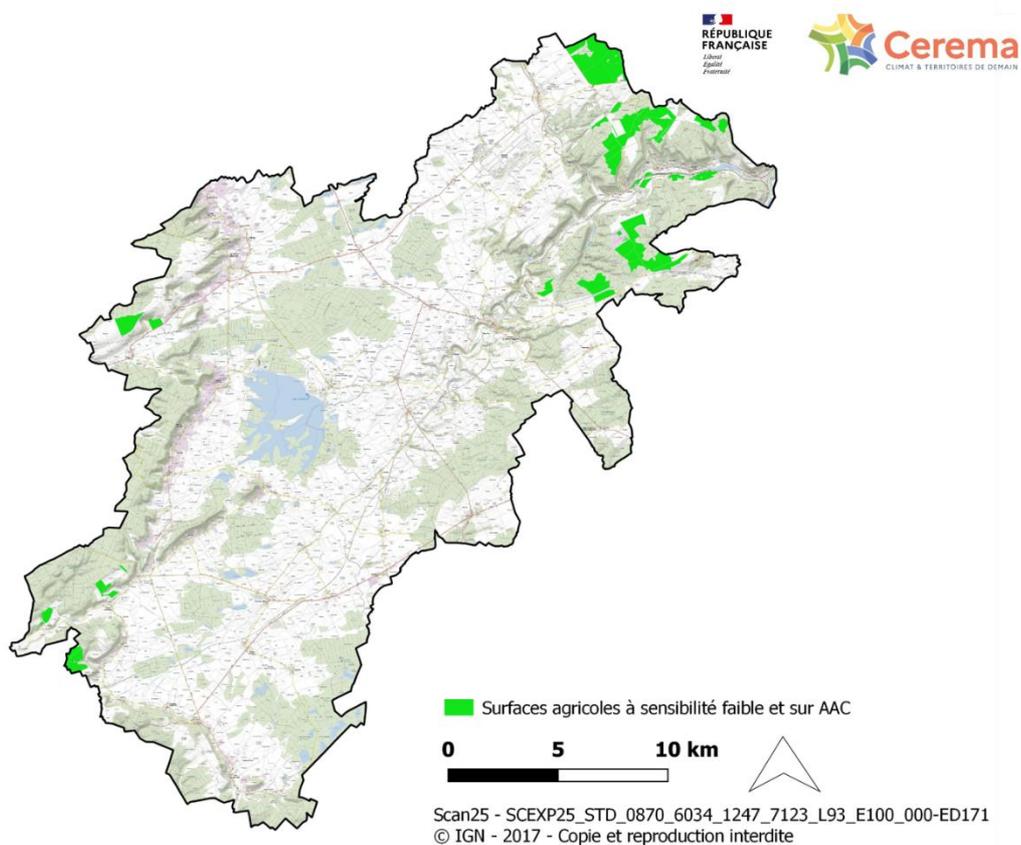


Illustration 16 : Localisation des surfaces agricoles à sensibilité faible, situées sur des périmètres de protection rapprochée (PPR) ou éloignée (PPE)

### 3.2.5 Recommandations relatives à la biodiversité et aux continuités écologiques

Les principales recommandations issues de la synthèse bibliographique précédente, sont résumées dans le tableau ci-dessous.

<b>Impact positif</b>	<b>Impact négatif</b>	<b>Recommandations pour favoriser les impacts positifs et éviter ou réduire les impacts négatifs</b>
Amélioration de la qualité de l'eau dans les régions agricoles intensives, en substituant le Miscanthus à d'autres cultures (cas des bassins versants impactés et des zones de captage)		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Définir un cahier des charges rigoureux (pas d'intrants si possible).</li> <li>▶ Cultiver le Miscanthus uniquement sur des surfaces déjà cultivées (ne pas convertir des prairies ou vergers en cultures de Miscanthus).</li> </ul>
Fournit un habitat refuge et des ressources alimentaires pour la biodiversité (adventices) dans un contexte agricole intensif ou anthropisé		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Favoriser des pratiques culturales peu intensives : bannir les traitements phytosanitaires et permettre l'installation d'adventices dans la parcelle au moins les deux premières années.</li> <li>▶ Limiter les interventions mécaniques en bordure de parcelles pour permettre une colonisation par les adventices.</li> </ul>
Maintien ou amélioration des continuités écologiques dans les contextes agricoles intensifs		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mêmes recommandations que ci-dessus + mise en place de bandes tampons périphériques, gérées de manière raisonnée (fauche tardive, choix de semences locales, en fonction des contextes, cahier des charges de type MAE "bandes refuges")</li> </ul>
	Réduction des ressources alimentaires et homogénéisation des domaines vitaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Cultiver des petites surfaces, &lt;10-12 ha, en bandes et en alternance spatiale avec d'autres cultures.</li> <li>▶ Introduire des plantes nectarifères entre les cultures pour favoriser le maintien des pollinisateurs (plantes autochtones)</li> </ul>
	Risque d'incendie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Eviter de cultiver le Miscanthus à proximité d'une végétation à risque (forêt ou végétation arbustive, landes, pelouses calcaires, milieux tourbeux).</li> <li>▶ Privilégier une récolte "en vert" (fin d'automne).</li> <li>▶ Mettre en place une bande tampon autour des cultures.</li> <li>▶ Proscrire l'écobuage et les feux de chaumes aux abords des parcelles de Miscanthus.</li> </ul>
	Impact hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Exclure les parcelles situées en zone humide potentielle selon la pré-localisation du PNR de Lorraine (classes 4-6)</li> </ul>
	Risque invasif lié à la dispersion des graines	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Cultiver uniquement le clone stérile <i>M. x giganteus</i> obtenu à partir d'une filière sûre</li> </ul>
	Risque invasif lié à la propagation des rhizomes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Eviter la culture à proximité des cours d'eau, des zones soumises aux inondations, des réservoirs de biodiversité.</li> <li>▶ Mettre en place des bandes enherbées de 10 mètres autour des cultures et contrôler la non dispersion de la culture.</li> <li>▶ Eviter les interventions mécaniques susceptibles d'entraîner une fragmentation des rhizomes sur les bordures de la culture</li> <li>▶ Eviter les pentes &gt;10%</li> </ul>

**Tableau 5** : Impacts écologiques positifs et négatifs de la culture de Miscanthus issues de la synthèse bibliographique et recommandations

Afin de réduire au maximum le risque invasif, la première recommandation nous semble être d'**utiliser uniquement des rhizomes issus de clones stériles (triploïdes) et non traçants de *M. x giganteus*, obtenus**

**à partir d'une filière d'approvisionnement sûre.** Il est recommandé de se rapprocher des Chambres d'Agricultures pour bien choisir le fournisseur / producteur.

Après avoir exclu les zones à sensibilité forte définies précédemment, il est proposé de mettre en place de manière systématique **une bande tampon (bande enherbée, ou de type prairie fleurie) d'une largeur de 10 m :**

- Sur la périphérie de la parcelle,
- En bordure d'une mare, d'un étang, d'une roselière (qui sont à exclure),
- En bordure du lit majeur d'un cours d'eau (les zones humides qui se situeraient sur le lit mineur sont exclues),
- En bordure d'une zone à risque pour les incendies qui aurait été identifiée.

Comme suggéré par la Chambre d'agriculture, il est également nécessaire d'éviter d'implanter la culture dans les pentes supérieures à 10%.

### 3.3 Analyse des impacts potentiels sur les paysages de la zone d'étude et recommandations

L'évaluation des impacts du *Miscanthus x giganteus* sur les paysages repose avant tout sur une approche visuelle qui implique de confronter les traits physiques de cette espèce, de sa mise en culture aux caractéristiques spécifiques des paysages du territoire du Rupt de Mad.

Le périmètre d'étude comprend une diversité de paysages présentant des degrés de sensibilité variables face à l'implantation de *Miscanthus*. Ces paysages, appréhendables depuis une multitude de points de vue, qu'ils soient dynamiques (depuis la route) ou statiques (belvédère et chemins), rendent l'approche du sujet d'autant plus complexe. Aussi, les paragraphes suivants tentent, d'une part, de comprendre en quoi une culture de *Miscanthus* peut avoir un impact sur les paysages du Rupt de Mad et d'autre part, d'identifier des grands principes et formuler des recommandations permettant de prévenir des impacts paysagers potentiels.

#### 3.3.1 Méthodologie utilisée

Le peu de données et de littérature sur le sujet nous a amenés à proposer une méthodologie basée sur l'observation du *Miscanthus*, dans ses caractéristiques physiques, sa phénologie, et d'envisager ses différents modes de cultures dans les différentes situations paysagères du territoire que nous avons identifiés. L'aspect visuel étant privilégié, il nous fallait définir l'observateur et les points de vue les plus riches d'enseignement.

Le profil de l'observateur est celui d'un habitant du territoire ou d'un visiteur qu'il soit automobiliste, cycliste ou piéton/randonneur. Pour ce territoire à dominante rurale, la perception et la découverte du paysage s'effectue essentiellement depuis son réseau de routes et de chemins. Aussi, les points de vue à partir des grands types de voies eux même caractéristiques d'un certain type de paysage nous semblaient être le moyen le plus pertinent pour une mise en situation.

De plus, comme il n'est pas toujours aisé de se représenter et d'évaluer quel serait l'impact visuel d'une culture de *Miscanthus* dans les différents paysages qui composent le territoire du Rupt de Mad à partir de cartographie (vue 2D), nous avons travaillé à partir de mises en situation et nous avons privilégié le mode graphique en coupe, photomontage et bloc diagramme. Après quelques essais, la technique du photomontage présentant l'avant et l'après la mise en culture nous a semblé être 'la plus parlante' pour exprimer l'impact visuel. L'observation de ces simulations sur les paysages du Rupt-de-Mad, croisées avec des recommandations exprimées sur d'autres territoires (Chambre d'Agriculture d'Indre et Loire notamment) nous a alors permis de confronter les points de vue avec le commanditaire et ses partenaires et de proposer un certain nombre de recommandations.

Quant aux blocs diagrammes ou blocs paysagers qui retracent un 'morceau de territoire' dans les grandes structures paysagères qui le caractérisent, ils sont particulièrement adaptés pour synthétiser un ensemble de critères à la fois paysagers et environnementaux à prendre en considération.

#### 3.3.2 Perception visuelle du *Miscanthus* et de sa culture par l'homme

- **Rapport d'échelle entre l'homme et *Miscanthus X giganteus* sur un cycle végétatif annuel**

Dans un premier temps, l'observation d'une culture du *Miscanthus* sur le terrain (parcelle cultivée à Ommeray), croisée avec des données issues de la Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle et de fiches techniques de produits fournisseurs ont permis de d'établir un profil type pour l'espèce, à savoir : sa hauteur moyenne (dans des bonnes conditions de culture), son aspect, sa courbe de croissance, les types de mise en culture, les différents débouchés et leur incidence sur la période de récolte.

De plus, l'observation du *Miscanthus* et de ses caractéristiques tout au long de son cycle végétatif permet d'évaluer l'impact visuel sur les paysages à différents niveaux. Comme précisé plus haut, l'impact sur le paysage se mesure essentiellement par la perception visuelle des traits physiques du *Miscanthus*. Les plus significatifs retenus sont la hauteur, le volume et la texture mais aussi le temps, la période dans l'année où il atteint sa hauteur maximale et sa persistance. Il s'agit, aussi, au-delà de l'effet d'écran développé ci-dessous, d'évaluer le degré de

sensibilité paysagère de cet effet pour chaque type de paysage afin d'en dégager des recommandations spécifiques adaptées à chaque contexte.

Le schéma ci-dessous présente la croissance du miscanthus sur une année, la représentation du rapport d'échelle, soit un cerne pour 50 cm, permet de visualiser la période de l'année et la durée où la culture vient modifier notablement la perception du paysage (valeurs nationales moyennes à partir des fiches techniques des Chambres d'Agriculture et fournisseurs).

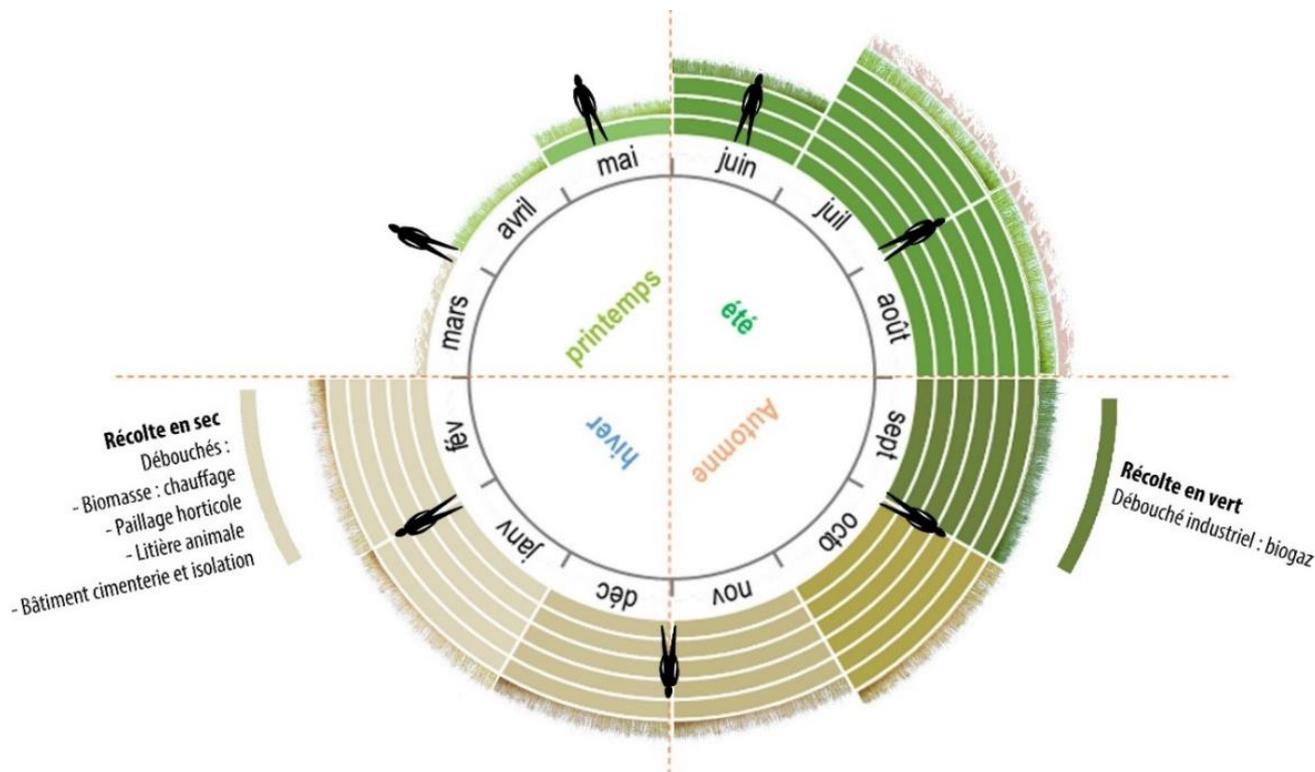


Illustration 17 : Rapport d'échelle entre l'homme et la culture du *Miscanthus x giganteus* sur un cycle végétatif annuel (Schéma Cerema Est - Nadia Aubry 2022)

Un autre mode de culture a été évoquée par la Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle avec une possibilité d'une récolte tous les deux ans.

- Conséquences des caractéristiques d'une culture de *Miscanthus* sur la perception de l'espace et des paysages par l'homme

#### Impact lié à la hauteur de l'espèce

De par sa hauteur supérieure à l'homme, le *Miscanthus* peut créer un écran entre l'observateur et le paysage depuis un point fixe (belvédère) ou le long d'un axe de déplacement (route, sentier...). Ainsi, entre  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{3}{4}$  de l'année, des sites, des points de vue offrant un intérêt en termes de découverte, de lecture des paysages mais aussi de visibilité seront occultés et nomment pendant la période estivale, période la plus propice au tourisme et à la découverte des paysages du PNR. Il convient alors d'identifier les situations où la culture du *Miscanthus* peut être impactante visuellement ou dans le cas inverse, offrir un écran intéressant.



Photo 6 : Parcelle de *Miscanthus* à Ommeray (57) – Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema

Impact lié à la texture



La texture est homogène, que la plante soit en vert ou en sec.

La figure ci-contre rend compte de l'échelle, mais aussi de la croissance et senescence du Miscanthus sur une année entière jusqu'à sa récolte. Ainsi, à partir de septembre sa couleur va prendre une teinte brune allant en s'éclaircissant à la fin de l'hiver. Cet aspect homogène additionné à la hauteur et au volume qui demeure imposant en sec, va venir contraster avec les autres parcelles en dormance ou au réveil végétatif au début du printemps.

Photo 7 : Parcelle de Miscanthus à Ommeray (57) – Crédit photo : Julian Pichenot / Cerema

- Comparaison avec d'autres cultures traditionnelles locales et cultures expérimentales ou émergentes



Illustration 18 : Comparaison du rapport d'échelle entre l'homme et dix espèces cultivées (Illustration Nadia Aubry / Cerema)

L'illustration ci-dessus montre le rapport d'échelle entre l'homme et les différentes cultures, qu'elles soient traditionnelles ou expérimentales. Si les photomontages présentent la culture au moment où elle atteint sa hauteur  
Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

maximale, les schémas qui leur sont associés en dessous renseignent sur le temps d'occupation du sol jusqu'à la récolte (commençant entre la fin du premier quadrant et le milieu du second pour la plupart des récoltes en vert). Le mois de mars situé à midi sur le cercle la limite d'une récolte avant la reprise d'un nouveau cycle de culture pour le Miscanthus.

Les espèces pérennes (vivaces) sont signalées par un pictogramme central vert (Kernza, Chanvre, Silphie et Miscanthus). Les hauteurs de chaque espèce sont issues d'une moyenne de culture nationale calculée à partir des fiches techniques des Chambres d'Agriculture et fournisseurs.

➤ Conséquences de la culture de Miscanthus par rapport à des cultures traditionnelles

L'illustration permet de remarquer que, parmi les espèces citées, le Miscanthus du fait de sa récolte tardive et de sa hauteur, peut occulter le paysage pendant une large période, de plus, le caractère homogène du graphisme de son feuillage et la discrétion de ses inflorescences ne permettent pas d'apporter des variations remarquables sur toute la durée de l'été comme d'autres espèces telles le Sorgho, la Silphie ou le plus identifiable par l'observateur : le tournesol. La question de la fermeture du paysage se pose également pour le Chanvre et la Silphie, deux espèces vivaces et d'une hauteur supérieur à l'homme à la fin du printemps mais avec une récolte en fin d'été.

• Rapport d'échelle entre l'homme et *Miscanthus x giganteus* sur un cycle végétatif annuel

Comme listé précédemment, le Miscanthus offre un panel de débouchés répartis en deux classes de produits en fonction de l'époque de récolte se situant soit en début d'automne pour une récolte dite en vert soit en fin d'hiver pour une récolte en sec. Le Miscanthus peut produire de l'énergie selon différents procédés, être utilisé en tant que matière biosourcée dans le bâtiment ou broyé à des fins de paillage en espaces verts ou litière en élevage.

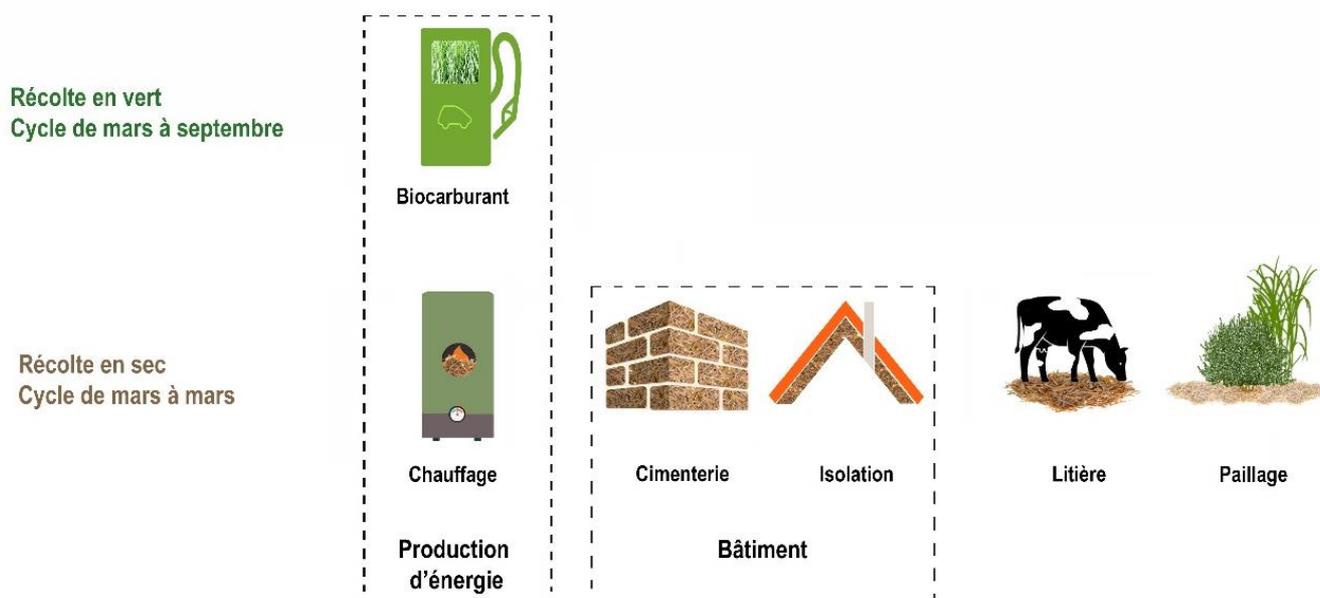


Illustration 19 : Les différents débouchés du *Miscanthus x giganteus* en fonction des deux périodes de récolte (Illustration : Nadia Aubry / Cerema)

Si la récolte en vert offre plus de rendement qu'en sec, les débouchés en sec sont plus variés. La production approximative est exprimée en tonne par hectare. A l'échelle nationale, selon France Miscanthus, la récolte en sec, à des fins énergétiques (chauffage) représente 2/3 des débouchés. L'autre tiers est partagé entre paillage d'espaces verts et litière.

Rendement en vert	Tonne/Hectare	Sources
Dans des conditions maximales	≈ 25 à 35 T/Ha	Fournisseurs divers
Dans des conditions limitées (sol sec par exemple)	≈ 10 à 18 T/Ha	Chambre d'Agriculture 54
Rendement en sec		
Dans des conditions maximales	≈ 15 à 25 T/Ha	Chambre d'Agriculture 54
Dans des conditions limitées (sol sec par exemple)	≈ 7 à 12 T/Ha	Fournisseurs divers

**Tableau 6** : Comparaison des rendements en fonction du type de récolte

➤ Conséquences des modes de cultures spécifiques au type de débouché sur le paysage

Le type de valorisation implique une durée variable de mise en culture ce qui peut avoir un impact non négligeable sur la perception des paysages. Ainsi, une récolte en vert permet une 'réouverture de l'espace' à la fin de l'été tandis qu'une récolte en sec implique une occultation jusqu'en mars de l'année suivante, soit environ neuf mois de fermeture visuelle.

En conclusion, l'impact visuel lié à la fermeture de l'espace est donc non seulement lié aux traits physiques de l'espèce :

- ⇒ Hauteur notable de la culture à l'âge adulte par rapport à l'homme et aux éléments du paysage

Mais aussi au croisement entre son mode de culture liée à ses exigences au regard de la parcelle, le tout dépendant du type de débouché :

- ⇒ Positionnement de la culture dans le paysage
- ⇒ Caractère pérenne de la culture qui va s'inscrire dans le paysage sur un pas de 10 à 20 ans et qui exclut toute rotation de culture
- ⇒ Géométrie et taille de la parcelle au regard du parcellaire existant mais aussi des besoins de la culture
- ⇒ Choix du débouché qui va avoir un impact sur la durée de fermeture du paysage sur un cycle annuel végétatif

A l'effet occultant s'ajoute celui du contraste visuel avec les motifs paysagers du territoire ou celui de l'uniformisation reposant quant à lui sur

- ⇒ La texture du feuillage de par son graphisme homogène au regard de la diversité apportée par une mosaïque de milieu
- ⇒ Le volume très géométrique (perception du grand parallélépipède de culture homogène)
- ⇒ La Teinte fauve en sec au début du printemps

En effet, sur les espaces ouverts de grandes cultures ou d'activités économiques, la culture en sec apporte un contraste avec le vert tendre des premières cultures et des prairies. Néanmoins les paysages du Rupt de Mad sont diversifiés et offrent une mosaïque de paysages où alternent openfields, prairies, bosquets, haies, petites cultures vivrières, boisements. L'organisation de ces espaces, mis en scène par le relief et leur imbrication, offre avec du recul, une certaine harmonie ainsi que des ambiances qui font l'identité de ce territoire.

Celle-ci peut être perturbée par des cultures intensives telle que la culture du *Miscanthus* dont le graphisme et le volume sont réguliers et d'une plus grande échelle. L'uniformisation vient alors rompre la diversité des motifs paysagers de petites échelles. Le choix du débouché peut lui aussi avoir un impact, une culture en sec peut venir apporter du contraste en hiver et au printemps. Il est à noter que les débouchés du *Miscanthus*, de par la couleur et la texture sont eux aussi visibles dans les aménagements (paillage par exemple) ou la construction (cimenterie). Une production locale peut-être l'objet de communication.

Ces deux aspects permettent d'illustrer la notion d'impact paysager qui repose à la fois sur les traits physiques de l'espèce mais aussi sa mise en culture et des débouchés, l'impact sera variable d'un territoire à l'autre et cela en fonction des structures paysagères, l'occupation du sol, les ambiances et les points de vue.

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

### 3.3.3 Evaluation des impacts sur le paysage

- **Les routes et les chemins comme points de vue**

Il ne s'agit pas de multiplier les situations mais d'identifier un ou des point(s) de vue choisis permettant d'appréhender la ou les problématiques de chaque type de paysage potentiellement concerné par l'implantation d'une culture de *Miscanthus*. Les points de vues depuis les circulations semblent être les plus adaptés à l'exercice en donnant à voir les différents paysages.



Photo 8 et Photo 9 : Un des paysages caractéristiques du territoire du Rupt de Mad perçu par la route (crédit photo : Nadia Aubry / Cerema) ; Entre deux cultures annuelles différentes (tournesol et céréales) sur les hauteurs d'Euvezin, le panorama est préservé. Source : Google Street View

L'observation du paysage depuis les axes de liaisons (infrastructures qui donnent à voir le paysage) constitue une mise en situation pertinente pour appréhender l'impact visuel de la culture du *Miscanthus*, et cela quel que soit l'échelle ou le type de paysage traversé.

Le territoire du Rupt de Mad compte plusieurs typologies de routes et chemins qu'il est nécessaire de localiser et définir avant d'identifier les enjeux de perception des paysages du territoire du Rupt de Mad depuis chacune de ces typologies et d'en dégager des recommandations.

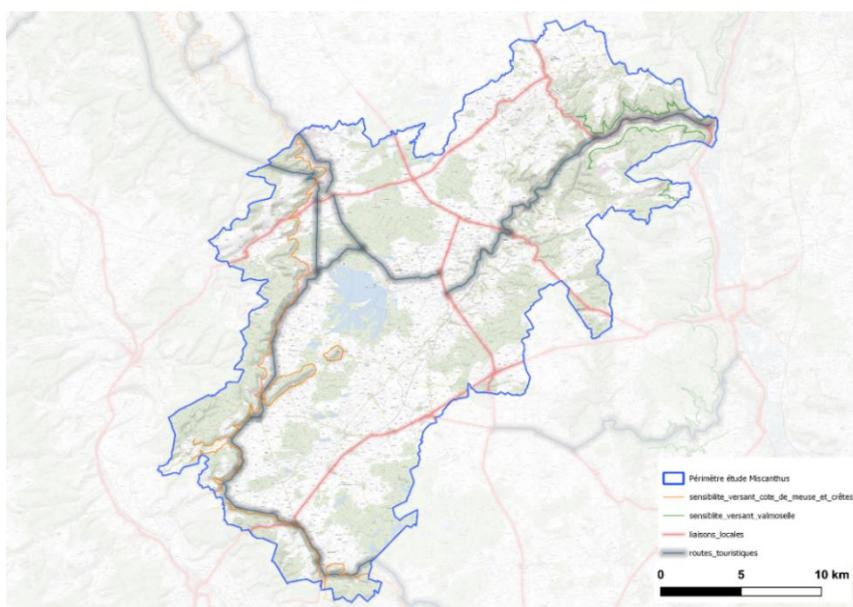


Illustration 20 : Cartographie des liaisons locales et routes touristiques (Source : PNR Lorraine, Cerema)

## Les grandes liaisons locales

Vouées à accueillir les flux locaux quotidiens mais aussi flux touristiques, elles sillonnent le territoire :

- d'est en ouest, et cela au nord et au sud du périmètre d'étude par la D958 qui relie la ville de Pont-à-Mousson à Commercy et la D901 qui relie Saint-Mihiel à la D952 reliant Jarny à Pagny-sur-Moselle.
- du nord au sud au centre du périmètre par la D904 qui relie le nord de la Meuse à la ville de Toul



Photo 10 : La D901 offre une vue sur la plaine et le Mont-Sec apparaît comme un élément de repère (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)



Photo 11 : Point de vue sur le village de Gironville-sous-les-Côtes depuis la D958 (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)

Ces liaisons se caractérisent par de grandes lignes droites offrant des vues lointaines à travers plaines et plateaux. L'activité agricole prédomine, le découpage parcellaire structure de grandes parcelles de cultures et de prairies jusqu'en bordure de route, avec en arrière-plan une succession de lisières boisées.

Ce type de structure agraire renforce par conséquent cette perception de paysage à grande échelle. Ainsi, le panorama se dévoile d'un seul coup d'œil, l'observateur perçoit le paysage de façon globale dans sa dynamique de déplacement (80km/h). Seuls des éléments patrimoniaux liés à l'histoire du territoire et les structures paysagères emblématiques créent des points d'appel et replacent l'utilisateur dans le contexte local. C'est le cas par exemple du Mont-Sec perceptible depuis la D958 ou de la silhouette des villages groupés signalés par l'émergence du clocher de leur église.

Enfin, ces grands espaces sont entrecoupés ponctuellement de bois mais également de villages linéaires où l'espace se resserre, cadré par les façades bâties, la route prend alors 'des allures' de rue.

➤ La problématique liée à la lecture du paysage depuis ces liaisons est principalement :

- L'uniformisation et la banalisation : le parcellaire pourrait induire des cultures de Miscanthus de grandes échelles avec un risque d'uniformisation lié au volume et à l'aspect uniforme de la texture du Miscanthus
- La fermeture du paysage du fait de la hauteur du Miscanthus et notamment sur les parcelles limitrophes à la route, réduisant d'une part la visibilité et plus spécifiquement au niveau des carrefours, renforçant de surcroît l'effet de couloir et incitant à la prise de vitesse et d'autre part, de la perception du point de vue et vues panoramiques du paysage ou des éléments identitaires ponctuels.

Les photomontages qui suivent présentent une simulation d'une culture de Miscanthus aux abords des différentes typologies de voies et chemins et confrontation avec différents types de paysages représentatifs du territoire du Rupt-de-Mad. La première photographie présente le paysage tel que nous l'avons perçu en printemps 2022. La seconde photographique est un montage où une l'image d'une culture de Miscanthus lorsqu'elle a atteint son hauteur maximale (4mètre environ) a été insérée. Le photomontage ne tient pas compte de la recommandation de la Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle préconisant une distance d'au moins 8 mètres entre la voie et le premier rang de culture.



Illustration 21 : Simulation d'une plantation de *Miscanthus* en bord de D901. La vue panoramique sur la plaine et le Mont-Sec est occultée. Photo montage : Nadia Aubry / Cerema

➤ Les principaux enjeux relevés sont :

- Du point de vue du paysage : Préserver les horizons, les vues sur les points d'appel ou éléments identitaires
- Du point de vue de la sécurité : Prévoir un recul entre la route et la culture de manière à dégager les carrefours et limiter l'effet couloir.

• Les petites routes rurales

Elles relient les villages du territoire en épousant le relief et côtoyant des parcelles cultivées, des vergers, des prairies, des friches et des boisements en offrant de fait, une lecture diversifiée d'ambiances et de points de vue entre plaines et plateaux et à différentes échelles. Elle donne à voir les mosaïques du paysage local et quotidien avec ponctuellement des points de vue sur les éléments identitaires naturels ou du patrimoine architectural local

Ces liaisons se caractérisent par des petites routes qui peuvent soit se raccorder aux grandes liaisons locales, soient desservir les espaces agricoles et se poursuivre en chemins connexes.

➤ La problématique liée à la lecture du paysage depuis ces petites routes est principalement :

- L'uniformisation et la banalisation qui pourrait être induite de par le volume et l'aspect homogène une culture de *Miscanthus* dans une mosaïque de paysage à partir des points hauts. La perte de la lecture de la structure des villages, de l'élément repère comme le clocher et l'uniformisation de la diversité de structures végétales comme les ceintures des villages constituées de haies, de l'arbres et de vergers au moment où celle-ci est remarquable.
- la fermeture du paysage du fait de la hauteur du *Miscanthus*, notamment sur les parcelles limitrophes à la route réduisant la lisibilité de la route plus spécifiquement au niveau des carrefours, et de la perception du point de vue du paysage des éléments identitaires pour une parcelle de grande longueur parallèle à la route, mais aussi à l'approche des villages où la silhouette du village est occultée.



Illustration 22 : Simulation d'une plantation de *Miscanthus* depuis la route à l'approche d'un village. Photo montage : Nadia Aubry / Cerema

### Les routes à caractère touristique

Au-delà de leur rôle de dessertes, elles s'inscrivent avec justesse dans la singularité d'un paysage et participent à la découverte du territoire. Elles parcourent le territoire en offrant des points de vue privilégiés sur ses paysages emblématiques et proposent des points d'arrêt par des accès balisés à des belvédères, des départs de sentiers... Elles constituent l'image de marque du territoire et garantissent à celui qui l'emprunte, une certaine authenticité.

Ces liaisons se caractérisent par des petites routes en fond de vallée ou en belvédère, suivant une courbe de niveau par exemple. Au sein du territoire, reliées entre elles, elles proposent un parcours continu de découvertes. La D952 puis la D8, axe est-ouest, donnent à voir des ambiances spécifiques de fonds de vallées composées de prairies humides délimité par le cordon de ripisylve du Rupt-de-Mad dont les méandres ont déterminé la structure des villages traversés. Entre chaque village, la route propose une certaine lisibilité des paysages typiques de la vallée que l'on peut assimiler à une lecture en coupe. La route traverse les espaces bâtis installés à mi-parcours entre le cours d'eau et le pied de coteaux et permet de comprendre l'organisation et l'occupation du sol selon les étagements.

La D908 longe le pied des côtes de Meuse. Route belvédère, elle donne à voir le paysage selon plusieurs échelles de lecture, celle d'une perception d'ensemble des grandes structures emblématiques du territoire que constituent les côtes de Meuse et ses Monts (butes témoins) mais aussi des vues lointaines à perte d'horizon sur la plaine. A une échelle plus fine, les éléments identitaires se dévoilent comme les vergers occupant le pied de côte jusqu'à mi pente relayé par le boisement jusqu'au plateau, le système de haies et de bosquets en limite de parcellaire et en ceinture de village.



Photo 12 : La route touristique sous les côtes offre une lecture d'ensemble de l'organisation du paysage spécifique du territoire (Google Street View)

- La problématique liée à la lecture du paysage depuis ces petites routes est principalement :
- L'uniformisation et la banalisation qui pourrait être induites, de par le volume et l'aspect homogène une culture de *Miscanthus* dans une mosaïque de paysage à partir des points hauts. La perte de la lecture de la structure des villages, de l'élément repère comme le clocher et l'uniformisation de la diversité de structures végétales comme les ceintures des villages constituées de haies, de l'arbres et de vergers au moment où celle-ci est remarquable.
- la fermeture du paysage du fait de la hauteur du *Miscanthus*, notamment sur les parcelles limitrophes à la route. Sa culture réduit considérablement la lisibilité de la route plus spécifiquement au niveau des carrefours. A cela s'ajoute la fermeture des points de vue du paysage des éléments identitaires pour une parcelle de grande longueur parallèle à la route mais aussi à l'approche des villages où la silhouette du village est occultée



Illustration 23 : Simulation avant et après (+ deux ans) la plantation de *Miscanthus* le long de la route touristique à la sortie de Bouillonville. En arrière-plan, le Rupt de Mad et sa ripisylve (Photomontage Nadia Aubry Cerema)

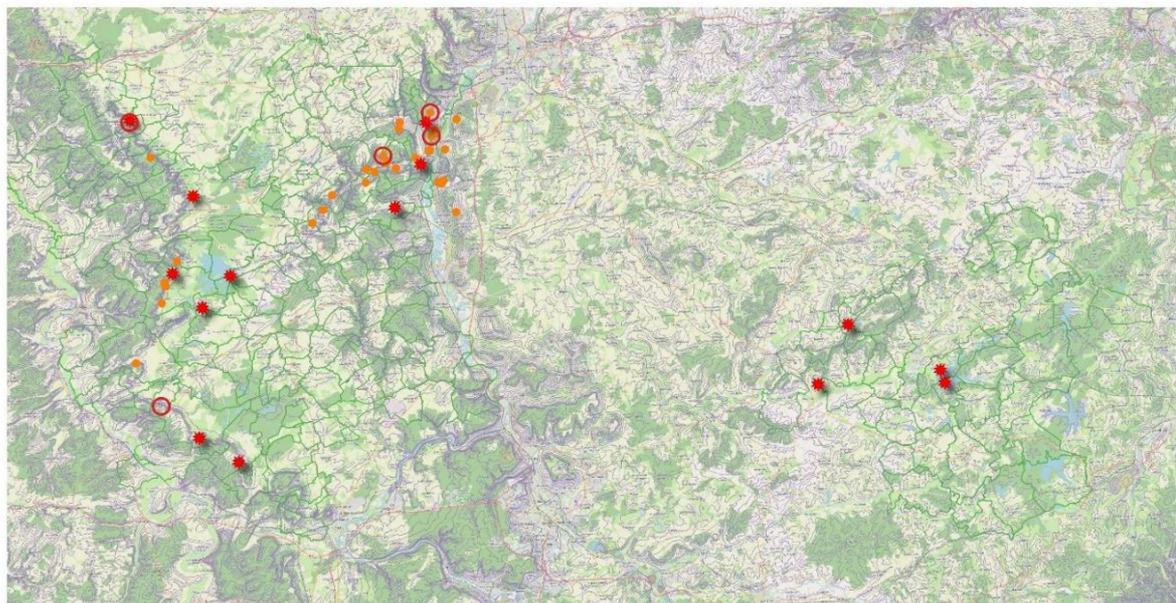


Illustration 24 : Simulation avant et après (+ deux ans) de *Miscanthus* le long de la route touristique sur la commune de Gironville-sous-les-Côtes. Panorama sur la plaine et le relief de côte en arrière-plan (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)

### Les chemins ruraux et sentiers de randonnées

Ils sont nombreux à sillonner le territoire et à offrir eux aussi une diversité de points de vue sur le territoire du Rupt de Mad. Successivement, ils traversent des espaces naturels : friches, boisements, prairies, suivent les cours d'eau, longent pour beaucoup les limites de parcelles de cultures du domaine agricole et aménagent des espaces de pause, de découverte et d'observation.

Le parcours en lui-même constitue une découverte qui peut être magnifiée par l'accès à un belvédère. Le PNRL a identifié un certain nombre de points de vue mis en réseau par les routes touristiques développées plus haut.



- Points de vue retenus en 2020
- ★ Point de vue du Plan du Parc
- Points de vue potentiels
- Pnrl

Carte Pnrl/022021  
Sources : Pnrl/OpenStreetMap



0 10 20 km



Illustration 25 : Le réseau des points de vue à développer sur le territoire du PNRL (source PNRL)



Photo 13 : Panorama privilégié sur la vallée du Rupt de Mad identifié comme point de vue par le PNRL (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)

La problématique pour ce réseau de chemin et de belvédère est avant tout liée à l'occultation des points de vue qui peut se révéler pour le randonneur à la fois frustrante ou oppressante.

La dynamique de déplacement pour un cycliste ou un randonneur sur un cheminement ponctué d'arrêts, implique de mener une réflexion à la fois :

- sur le positionnement de la parcelle par rapport à l'observateur et au point d'intérêt identifier. Le plus difficile étant d'estimer le recul nécessaire,
- sur la forme de la parcelle et sa surface,
- sur la structure existante du paysage : son relief, ses strates végétales.

Il convient alors de prendre à la fois en compte l'impact de la parcelle à plusieurs échelles de perception soit depuis les points où celle-ci est visible en vision lointaine et à proximité en vision proche. Une parcelle cultivée peut ne pas être impactante depuis un belvédère mais s'avérer perturbante lorsque l'observateur se situe à proximité.



Illustration 26 : Simulation de la fermeture du panorama sur le paysage depuis un chemin cadre de part et d'autre pas la culture du Miscanthus (Photo montage : Nadia Aubry / Cerema)

### 3.3.4 Recommandations paysagères pour les paysages identifiés depuis les différentes typologies de routes et chemins

Les voies de circulation constituent des éléments de découverte des paysages. Le territoire du Rupt de Mad est irrigué par un réseau de routes départementales, de voies communales et de chemins qui donnent à voir le paysage emblématique de la vallée du Rupt de Mad, du relief de côtes à la plaine. Les points de vue sont nombreux et diversifiés, ils permettent de comprendre l'organisation générale du paysage (implantation des villages, structure agraire...), de se repérer et d'en apprécier les richesses à plus petite échelle (patrimoine local, cours d'eau et ripisylve, vergers, motifs du paysage,).

A cet impact de visibilité s'ajoute un autre impact, lié à un fort contraste entre les cultures de *Miscanthus* et les autres éléments du paysage, qui résulte du volume et de la texture homogène du *Miscanthus* dans une mosaïque de paysage.

L'ensemble des préconisations vaut alors pour l'ensemble des typologies de routes et chemins, elles pourront néanmoins être pondérées selon ces typologies par degré de sensibilité.

Ces préconisations questionnent sur :

- ⇒ Le recul entre l'observateur, le point d'accroche du regard ou ligne d'horizon, et la parcelle cultivée. Il semble difficile de définir une distance type compte tenu de la diversité des situations.
- ⇒ La configuration du territoire, à savoir le relief (l'impact sera d'autant plus fort si la plantation se fait en relief plat ou si la culture se situe sur un terrain surélevé par rapport à la route). La configuration est également à croiser avec la forme de la parcelle. Des principes peuvent être énoncés à ce sujet.
- ⇒ La trame végétale existante et notamment la diversité des strates qui selon les cas peut nuancer l'impact en établissant une hauteur intermédiaire. Des principes peuvent là aussi être énoncés.
- ⇒ Le parcellaire qui selon son échelle permet de limiter des cultures de grandes surfaces donc de grand volume occultant, notamment sur de grandes longueurs parallèles à la route. Des principes peuvent également être donnés.

- **Recommandations lié au phénomène de cloisonnement de l'espace**

Il s'agit de limiter sur la route, le manque de visibilité et d'éviter l'effet de couloir propice à la prise de vitesse notamment en entrée de bourg ; pour les chemins et sentiers, d'atténuer le sentiment d'insécurité et de frustration lié au cloisonnement.



L'effet de cloisonnement peut être atténué par un recul de la plantation par rapport à la voie. En termes de visibilité, la distance peut être variable selon l'échelle de la voie et la configuration de l'espace traversé (route encaissée, en surplomb ou route belvédère). Du point de vue du paysage, un recul des plantations peut permettre la préservation de points de vue sur des éléments du paysage à préserver. De même, il est recommandé d'éviter une plantation en vis-à-vis c'est-à-dire de part et d'autre d'une voie ou d'un chemin.



Illustration 27 : Schéma de principe d'une bande de recul (Crédits photo : Nadia Aubry / Cerema)

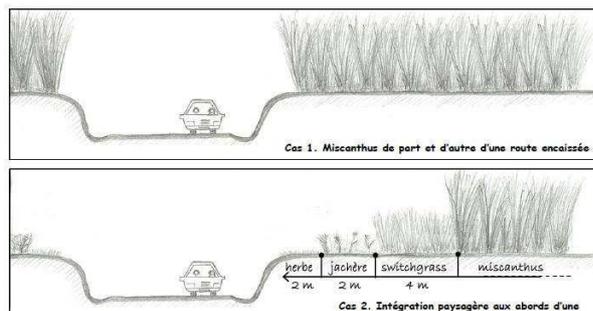
L'intérêt d'une mise en place de zone tampon entre la voie et la culture de *Miscanthus* et plus généralement sur l'ensemble du périmètre de la parcelle, n'est pas antagoniste avec les recommandations environnementales lorsqu'il s'agit notamment de la valorisation de cette bande de recul. Suffisamment large, celle-ci permet soit d'installer des cultures intermédiaires et complémentaires en termes de diversité de production, soit d'instaurer un gradient d'échelle de culture intermédiaire plus acceptable en termes d'intégration paysagère. Une jachère fleurie peut participer à la valorisation paysagère de cette bande de recul et favoriser la biodiversité (plantes mellifères par exemple). La recommandation portera alors sur la qualité des graines semées.

Par bénéfice cumulé, ce recul limiterait la traversée de gibier ou petits mammifères qui auraient trouvé refuge dans un champ de Miscanthus en bordure de voie. La visibilité de ces animaux permettrait de limiter les collisions

Les coupes ci-contre issues de l'étude menée par la chambre d'agriculture présentent ce principe de culture intermédiaire, permettant à la fois un dégagement visuel le long des voies notamment encaissées et une valorisation qui peut être agronomique ou environnementale par une diversité de cultures ou de jachères.

Dans certains cas, en termes d'image, le caractère occultant et homogène d'une culture de Miscanthus peut limiter un point de vue peu valorisant sur des espaces dégradés ou calmer le jeu d'une succession d'espaces ou de bâtis hétéroclites (zones d'activités, hangars par exemple).

Néanmoins, toute activité économique ne nécessite pas d'être dissimulée. Des bâtiments agricoles participent eux aussi à la lecture du paysage.



42. Aménagement à éviter (cas 1) et intégration conseillée (cas 2) aux abords d'une route encaissée  
Source : Géraldine FY, 2011

Illustration 28 : coupes de principes (sources : Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de parcelles de Miscanthus x giganteus et Panicum virgatum dans les espaces agricoles en région Centre

Illustration 29 : Simulation de la dissimulation d'une centrale nucléaire grâce aux cultures de Miscanthus (sources : Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de parcelles de Miscanthus x giganteus et Panicum virgatum dans les espaces agricoles en région Centre)

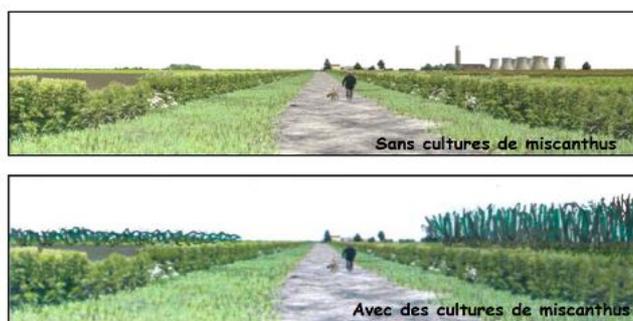


Figure 7. Dissimulation d'une centrale grâce aux cultures de miscanthus  
Source : Image numérique de Donkerly T. et al (2009), dessin de Géraldine FY, 2011

### • Recommandations complémentaires sur la diversification des strates

Si la culture de Miscanthus peut être considérée de moindre impact paysager sur des parcelles en lisière de boisement, du fait même qu'elle contribue à un gradient de hauteur. Ce principe peut être complété par d'autres cultures (troisième et quatrième gradient) comme présents dans les recommandations de la Chambre d'Agriculture.

Ces cultures permettent de limiter un manque à gagner pour l'agriculteur. En revanche, un recul est nécessaire tant du point de vue du paysage que de la biodiversité (cordon sanitaire), entre le Miscanthus et la lisière, cette largeur de recul être valorisée en bande enherbée. La distance suffisante est à déterminer en cohérence avec les recommandations en termes de biodiversité.

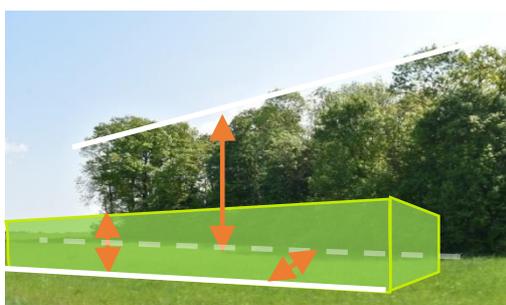


Illustration 31 : Schéma de principe d'une culture devant un boisement (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)

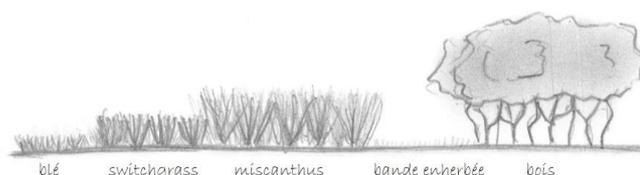


Figure 3. Insertion du miscanthus et du switchgrass en lisière de bois  
Source : Géraldine FY, 2011

Illustration 31 : Coupes de principe (sources : Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de parcelles de Miscanthus x giganteus et Panicum virgatum dans les espaces agricoles en région Centre)

Néanmoins la culture de *Miscanthus* devant les boisements ne peut être systématisée. Cela est possible en relief plat et sur des grandes parcelles au contour rectiligne pour créer un gradient mais cela est à éviter lorsque la lisière forestière ondule en suivant le relief. En effet, le dessin des lisières notamment dans les paysages vallonnés ainsi que leur composition végétale participe à la qualité des paysages.

Dans tous les cas un contact sera à éviter avec les ripisylves, les haies vives, les petits bosquets et arbres isolés qui participent à la structuration et à l'identité des paysages locaux.

- **Recommandations liées à l'échelle et à l'orientation du parcellaire**

Pour être rentable une parcelle de *Miscanthus* doit être d'au moins de 1ha. La parcelle cultivée à Ommeray permet d'appréhender une parcelle de *Miscanthus* d'une superficie de 4ha. De forme rectangulaire, sa configuration par rapport à la route qui la borde sur deux de ses côtés donne une idée d'une parcelle implantée parallèle et perpendiculaire à la route.

Le parcellaire du territoire du Rupt de Mad est très découpé et de taille diversifiée. La configuration du parcellaire, sa géométrie son orientation sont à prendre en compte. En plus de prévoir un recul par rapport à la voie, il s'agit de s'inscrire dans l'échelle du paysage. Les grandes lanières perpendiculaires sont à privilégier par rapport aux grandes longueurs parallèles à la route, comme le montre le schéma ci-contre, de manière à dégager au maximum les points de vue.



Illustration 32 : Parcelle de *Miscanthus* à Ommeray perçue depuis la route selon deux points de vue (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)



Illustration 33 : Schéma de principe d'une bande de recul (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)

La Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire suggère une inscription dans le réseau de trames vertes existantes. Ces recommandations sont adaptées au paysage bocager d'Eure et Loire. Le *Miscanthus* peut être utilisé en haie, mais ne doit pas se substituer systématiquement à la richesse des compositions de haies champêtres. L'intérêt croisé entre le paysage et la biodiversité permet de limiter l'impact paysager, d'accueillir des espèces en hiver mais aussi de filtrer les produits phytosanitaires entre les parcelles. Néanmoins, le motif de bocage tel qu'il est représenté sur l'illustration 34 à gauche, n'appartient pas au paysage du Rupt de Mad, l'intégration 'imbriquée'

dans un système de haie et de parcelles de différentes coupes et occupées par différentes strates peut être un moyen de diminuer l'impact visuel par un effet d'optique.

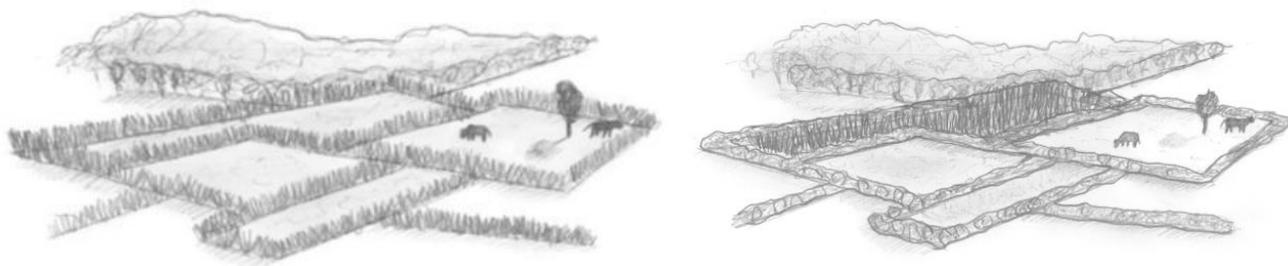


Illustration 34 : Coupes de principes de l'implantation du *Miscanthus* dans un paysage bocager

(sources : Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de parcelles de *Miscanthus x giganteus* et *Panicum virgatum* dans les espaces agricoles en région Centre)



 <p>En dehors des terres sous labour : prairie permanente, milieux marginaux (talus, bords de champ, particularités topographiques, etc.), friche, en milieu forestier ou arboré (sous-étage de peupleraie par exemple), etc. <i>IMPACT BIODIVERSITÉ ET CARBONE</i></p>	 <p>En zone inondable, fond de vallée et le long de cours d'eau <i>INVASIVITÉ IMPACT BIODIVERSITÉ ET PAYSAGER</i></p>	 <p>Préférentiellement en bande de maximum 24 mètres de large et 500m de long d'un seul tenant</p>	 <p>En bandes perpendiculaires au chemin</p>
 <p>À la place d'une mesure agroenvironnementale et climatique <i>IMPACT BIODIVERSITÉ</i></p>	 <p>En lisière forestière <i>IMPACT BIODIVERSITÉ ET INVASIVITÉ</i></p>	 <p>Parcelle (bloc) de maximum 1ha (sauf bande de 24m)</p>	 <p>En bandes parallèles aux lignes de force du paysage</p>
 <p>Sur les territoires repris dans un Site de Grand Intérêt Biologique (SGIB) ou dans la Structure Ecologique Principale (SEP) <i>IMPACT BIODIVERSITÉ ET CARBONE</i></p>	 <p>Dans les périmètres d'intérêt paysager <i>IMPACT PAYSAGER</i></p>	 <p>Associé à une MAEC</p>	 <p>En bandes perpendiculaires aux axes de ruissellements préférentiels</p>

Illustration 35 : Exemple de recommandations portant sur l'implantation de *Miscanthus* dans une parcelle du Parc Naturel Brudinale-Mehaigné (Blegique, Région Wallonne). (Source : Le *Miscanthus* sur le territoire du Parc Brudinale-Mehaigné, Outil d'aide à la décision, Parc Brudinale-Mehaigné septembre 2021)

- **Recommandations liée à l'orientation des parcelles sur les pentes**



Illustration 36 : Schéma de principe d'une bande de recul.  
(Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)

La Chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire préconise une culture de *Miscanthus* dans un parcellaire parallèle aux courbes de niveau (schémas ci-dessous) pour des questions de stabilisation des pentes et de limitation de l'érosion, ce qui est confirmé par l'Agence de l'eau. De même que sur certains territoires alsaciens ce principe a été mis en application afin de limiter les coulées de boue.

Pour ce qui concerne les reliefs des Côtes de Meuse, les cultures ne reposent pas sur un système de terrasse. En effet, de Gironville-sous-les-Côtes à Heudicourt-sous-les-Côtes, la plupart des parcelles prennent la forme de lanières étroites orientées dans le sens de la pente.



Figure 2. Orientation des parcelles sur un relief vallonné : les parcelles transversales soulignent le relief et réduisent les risques d'érosion

Source : Géraldine FY, 2011

Illustration 37 : coupes de principes (sources : *Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de *Miscanthus x giganteus* et *Panicum virgatum* dans les espaces agricoles en région Centre*)

Cette configuration permettait un partage équitable des terres et des expositions. Chaque propriétaire pouvait ainsi bénéficier du même niveau d'ensoleillement pour sa vigne ou pour son verger. Il est nécessaire de préserver cette configuration qui fait partie intégrante du paysage emblématique, et que viendraient contrarier des bandes de *Miscanthus* perpendiculaires au sens de la pente. Ce système de culture n'est d'ailleurs pas recommandé par la Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle qui déconseille la mise en culture de parcelle d'une pente supérieure à 10%.

Par ailleurs, l'occupation actuelle du sol sur les côtes constitue à juste titre une forte valeur ajoutée en termes de paysage (paysage emblématique), de richesses patrimoniales et de biodiversité : prairie permanente et arbres isolés, vergers, bosquets, haies champêtres. Ces caractères excluent l'implantation de *Miscanthus* (voir recommandations suivantes).

Pour les reliefs autres que les côtes de Meuse, compte tenu de la hauteur importante du *Miscanthus*, sa culture est à proscrire sur les points hauts. En revanche, du point de vue du paysage, elles pourront être envisagée en creux de vallonnement à la condition de ne pas être impactantes selon d'autres critères additionnels voire contradictoires du point de vue environnemental par exemple.

- Recommandations : préserver visuellement la mosaïque de paysage dans les espaces patrimoniaux

Les vergers font partie de l'identité du territoire et sont les composants majeurs des paysages du territoire.

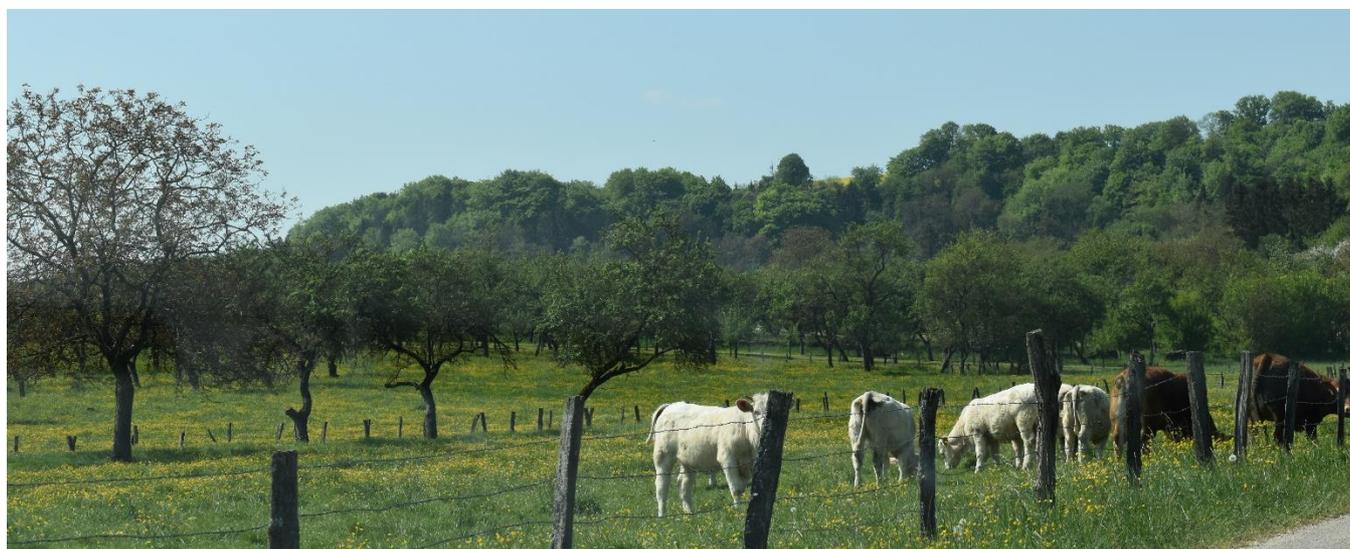
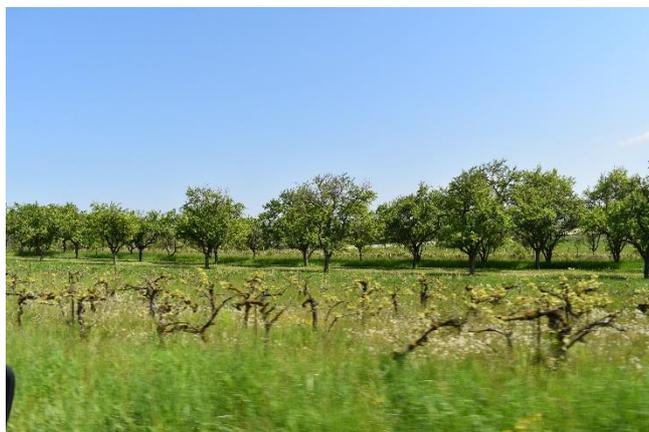


Photo 14, Photo 15 et Photo 16 : Vergers vignes et prairies permanentes en pied de côte de Meuse à Gironville-sous-les-Côtes (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)

Associées au relief particulier des Côtés de Meuse qui bordent le territoire dans sa partie sud-ouest à ouest, les parcelles de fruitiers descendent le long des pentes depuis la strate arborée des forêts qui coiffent les points hauts, jusqu'au pied des côtes où leur trame se restructure en limite de parcelle, pour laisser la place aux prairies permanentes. Pour leur valeur patrimoniale, culturelle et environnementale, la culture du *Miscanthus* est à proscrire sur ces espaces à forte valeur ajoutée. Si la *Miscanthus* ne doit en aucun cas venir remplacer un verger, une prairie permanente ou une prairie humide, son développement sur des parcelles cultivées à proximité de ces espaces patrimoniaux à préserver est à éviter. Il en va de même pour les parcelles en contact avec les ceintures de villages qui participent elles aussi à l'identité du territoire.



Photo 17 : La ceinture de vergers et e bosquets signale l'approche d'un village du territoire du Rupt-de-Mad depuis la route (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema)

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

- Synthèse

Les trois blocs diagrammes suivants représentent schématiquement trois portions de territoire représentatif de trois typologies paysagères du Rupt-de-Mad. Ils ont pour objectifs de synthétiser dans leurs grandes lignes les recommandations formulées pour le paysage et la biodiversité. La superposition de périmètres à partir d'une vue 3D permet à la fois de comprendre la complexité du croisement des critères d'exclusion pour une culture de *Miscanthus* qu'ils soient paysagers ou environnementaux. Aussi, le constat peut être fait que :

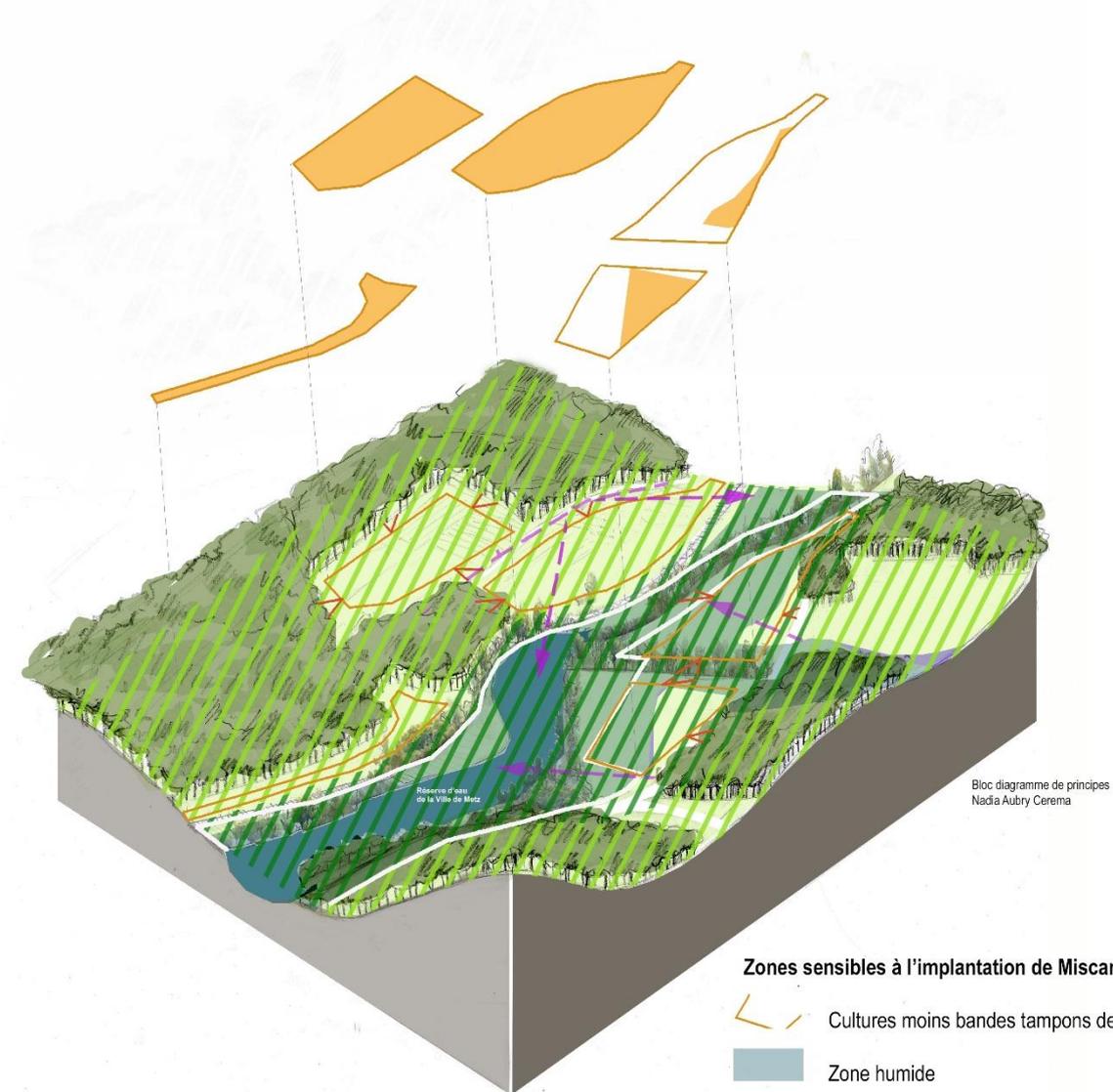
- Les espaces susceptibles de recevoir une culture de *Miscanthus* demeurent très limités à l'échelle du territoire et ce malgré une diversité de paysages,
- les recommandations relatives à la biodiversité et au paysage ne sont pas antagonistes, elles se confortent en bien des points,
- certaines de ces recommandations dépendent du contexte local et des spécificités de chaque paysage et de sa construction,
- les recommandations émises demeurent généralistes, c'est le cas pour les bandes de recul préconisées par les Chambres d'Agriculture citées dans cette étude que cela soit en bordure de voie mais aussi en bordure de zones humides, de ripisylve et de parcelles forestières.
- ces recommandations ne font pas l'économie d'une évaluation plus fine au cas par cas en prenant en compte les lignes de force du paysage, son ambiance, son échelle, son organisation et la perception selon différents points de vue...
- la valorisation des abords d'une culture de *Miscanthus* et notamment les bandes de recul peut s'avérer être une réelle plus-value à plusieurs titres : gradients intermédiaires et diversité de textures en termes de paysage, diversité d'espèces floristiques attractives pour la faune, complément de production et barrière sanitaire.



*Illustration 38 : Simulation d'une implantation de culture de *Miscanthus* en bord de Rupt-de-Mad sans et avec bande de recul valorisée par de la prairies d'espèces mellifères (Crédit photo et photomontage : Nadia Aubry / Cerema)*



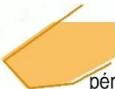
## SITUATION TYPE 1 : paysage de fond de vallée



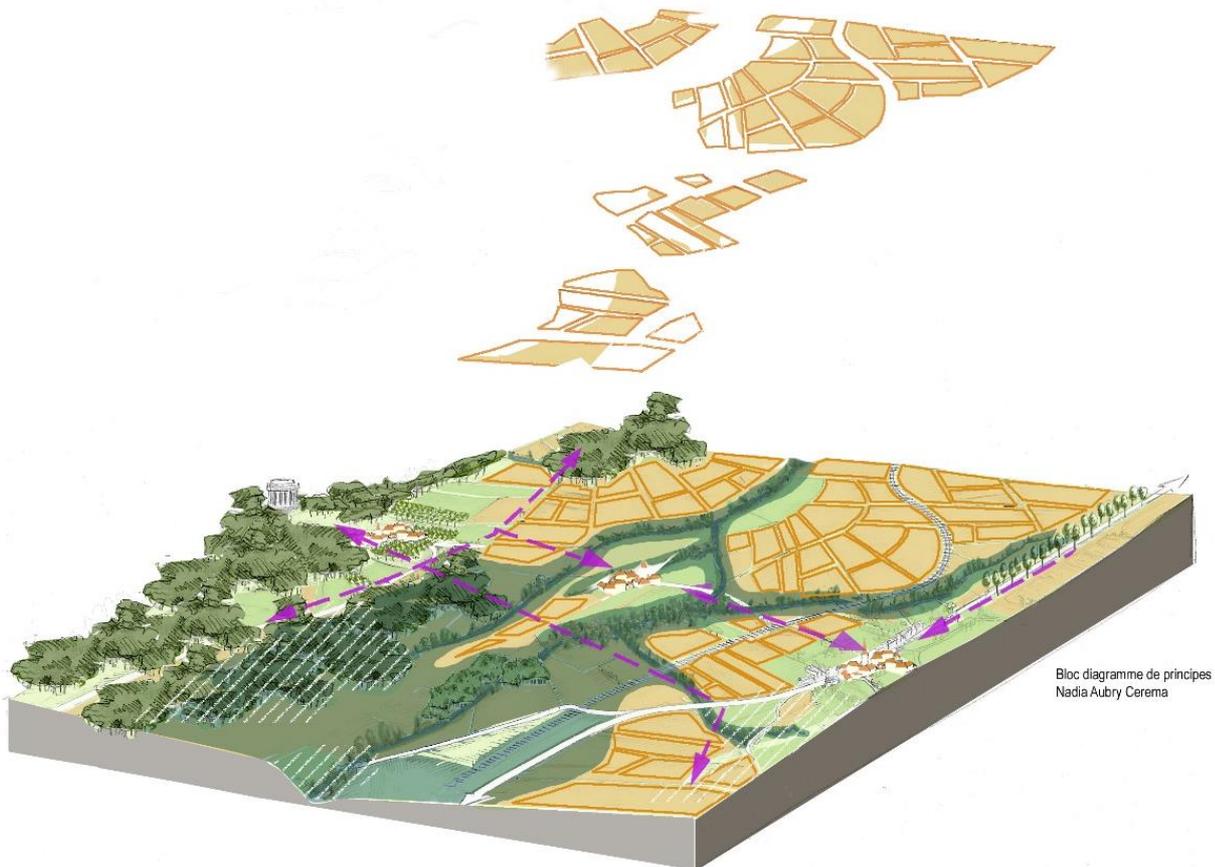
### Zones sensibles à l'implantation de *Miscanthus*

-  Cultures moins bandes tampons de 10m
-  Zone humide
-  Réservoir biologique
-  Périètre de protection rapprochée
-  Périètre de protection éloignée
-  Points de vue à préserver
-  Motifs paysagers à préserver : ripisylve, prairies humides

### Surface potentiellement restante

-  Cultures (- bandes tampons de 10m ) incluses dans le périmètre de protection rapprochée ou périmètre de protection éloignée - (Zone humide + cours d'eau + réservoir biologique)

## SITUATION TYPE 2 : paysage de plaine



Bloc diagramme de principes  
Nadia Aubry Cerema

### Zones sensibles à l'implantation de Miscanthus



Cultures moins bandes tampons de 10m



Zone humide



Réservoir biologique



Points de vue à préserver



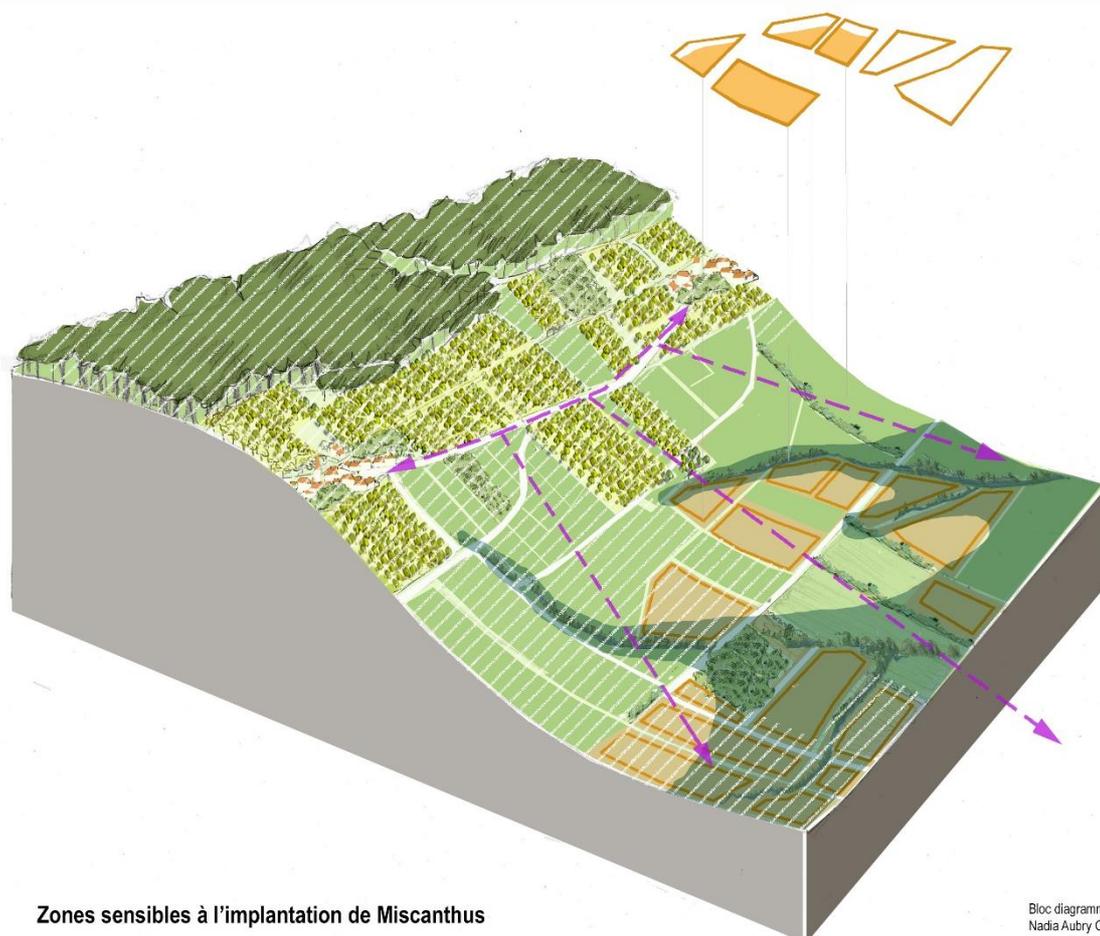
Motifs paysagers à préserver : vergers, prairies humides et permanentes, mosaïque de paysage, entrées de village...

### Surface potentiellement restante



Cultures (= les bandes tampons de 10m ) hors zones humides et réservoir de biodiversité

## SITUATION TYPE 3 : paysage emblématique des Côtes de Meuse



Bloc diagramme de principes  
Nadia Aubry Cerema

### Zones sensibles à l'implantation de Miscanthus

-  Bandes tampons de 10m autour des parcelles de culture
-  Zone humide
-  Réservoir biologique
-  Points de vue et ouverture sur le grand paysage à préserver
-  Prairies humides et permanentes à préserver
-  Motifs paysagers à forte valeur patrimoniale pour les Côtes de Meuse entre vergers et situation de co-visibilité (Directive Paysagère et Charte de Parc)

### Surface potentiellement restante

-  Cultures (= les bandes tampons de 10m ) hors zones humides et réservoir de biodiversité

## 4 Définition de protocoles de suivi de l'implantation de la culture de *Miscanthus x giganteus*

### 4.1 Propositions de protocoles de suivi des effets sur la biodiversité

Suite à l'implantation de la culture de *Miscanthus*, un suivi écologique devrait être mis en place afin d'améliorer les connaissances sur l'impact écologique de la culture, qu'il soit positif ou négatif, et éventuellement d'y remédier par la suite (amélioration des recommandations, modification des pratiques, du type de bande tampon, etc.).

Ce suivi devrait d'abord concerner la surveillance de la dispersion du *Miscanthus* dans le milieu environnant : bandes tampons, milieux voisins dans un périmètre à déterminer. Il pourrait être intéressant notamment de rechercher plus activement la plante dans les haies ou formations végétales des milieux humides proches.

En complément, le tableau ci-dessous liste les inventaires proposés, visant les principaux groupes susceptibles d'utiliser ou d'être impactés par la culture. D'autres groupes pourraient être choisis.

L'idéal serait de privilégier un protocole de type BACI (Before After Control Impact). Cela consisterait en la réalisation d'un état initial (avant implantation de la culture), puis d'un suivi diachronique, avec passage tous les 2 à 3 ans par exemple, jusqu'à la fin du cycle cultural. L'idée du contrôle est de pouvoir comparer les parcelles voisines, dans un contexte proche, en termes d'attractivité / de richesse (richesse spécifique, abondance, fréquence d'utilisation...) pour les groupes visés et de prendre en compte la variabilité annuelle dans les conditions environnantes de la parcelle de *Miscanthus*, pouvant expliquer éventuellement son utilisation par les espèces. Le « contrôle » pourrait consister à réaliser le suivi en parallèle sur des parcelles de taille équivalente, appartenant à divers autres cultures ou occupations du sol, dans un rayon déterminé : par exemple quelques centaines de mètres (pas de parcelles directement voisines). L'autre solution, en fonction des moyens mobilisables serait non pas de travailler sur des parcelles, mais sur l'ensemble d'une zone d'étude située dans un rayon déterminé autour des limites de la parcelle suivie (buffer).

Bien évidemment, l'itinéraire technique et les pratiques agricoles sont importantes à renseigner et à mettre en rapport avec les résultats de ces suivis.

Type de suivi préconisé	Groupes visés en particulier	Techniques d'inventaires
Inventaire / suivi des plantes adventices sur les bordures de la culture et sur la bande tampon	Plantes vasculaires, adventices, messicoles	Inventaire botanique classique
Inventaire entomologique sur la bordure de la culture et sur la bande tampon	Entomofaune terricole ou associée aux adventices (en particulier les Coléoptères carabidae, Hémiptères, Lépidoptères, Orthoptères)	A vue, au filet entomologique, échantillonnage barber pour les insectes terricoles, observation comportementale des papillons (recherche d'un effet barrière éventuel de la culture et d'un effet corridor éventuel des bandes tampons)
Inventaire / suivi des oiseaux nicheurs et hivernants	Toute l'avifaune utilisant la culture ou les bandes tampons pour la nidification ou l'alimentation (recherche notamment des espèces patrimoniales : Busards, passereaux paludicoles, espèces liste rouge en période de nidification)	IPA, parcours pour recherche à vue autour de la parcelle et points d'observation
Inventaire des mammifères	Ongulés (sanglier en particulier), Lièvre d'Europe, micromammifères, autres espèces utilisant la culture ou les zones tampons	Piégeage photographique, recherche d'indices de présence, observation directe, piégeage micromammifères avec relâcher (pièges INRA appâtés avec boîte dortoir)

**Tableau 7** : Protocoles de suivis préconisés pour le suivi des effets sur la biodiversité

## 4.2 Propositions de protocoles de suivi hydrologique

Des suivis pourraient être conduits également afin d'étudier l'impact hydrologique de la culture : humidité du sol, suivi piézométrique, quantification de l'évaporation, bilan hydrique, ...

Ce volet pourrait être précisé en consultant des hydrologues ou agronomes.

## 4.3 Propositions de protocoles de suivi sur les paysages

Concernant l'impact sur le paysage, deux axes de suivi pourrait être envisagés :

- En amont, soit un suivi enclenché au moment de l'enregistrement des demandes de mise en culture afin de simuler visuellement la culture dans son contexte paysager et mieux mesurer l'impact en termes de fermeture, d'homogénéisation des paysages... Il s'agit de surcroit, d'évaluer les situations au cas par cas, ce que ne pouvait gérer l'étude où les recommandations émises, restent de l'ordre du principe et de la vue en plan. De fait, la perception sur site et/ou par la simulation d'une occupation dans l'espace d'une parcelle de *Miscanthus* implantée pour une dizaine d'année est à la fois complémentaire et plus précise. L'architecture de l'outil reste à définir, mais il est nécessaire que celui-ci intègre à la fois les recommandations concernant le paysage, la biodiversité et l'hydrologie. Il peut permettre d'évaluer la tendance (progression, rythme...) sur plusieurs années de demande de mise en culture. Il peut être intéressant d'y intégrer d'autres cultures exotiques émergentes, présentées dans le rapport qui font l'objet de demande afin de dresser un état des lieux des demandes, de leur aboutissement Enfin l'identification de points de vue dans la zone de covisibilité de la future parcelle de culture permettant un suivi photographique peut-être riche d'enseignements et un bon support de discussion avec l'ensemble des partenaires. De même qu'il fait le lien avec le second axe de suivi.

- A la mise en culture, un suivi du point de vue de l'acceptabilité sociale peut-être mené afin de recueillir la perception et le ressenti de différents acteurs et publics (agriculteurs, habitants/riverains, visiteurs du PNR, partenaires, club de randonneurs...). Ce suivi implique la réalisation de questionnaires et/ou d'enquêtes. Les supports produits dans le premier axe de suivi peuvent être mobilisés ici (mutualisation des photos avant/après ou simulation par exemple).

Enfin dans une perception plus large, un suivi de la production de nouvelles ressources énergétiques à l'échelle du territoire d'un PNR et de leurs impacts sur l'évolution des paysages peut s'avérer riches d'enseignements. Cette piste rejoint l'aspect sociologique évoqué plus haut, elle peut prendre appui sur des plans de paysages à enjeux 'énergétiques' où la question de l'acceptabilité est centrale.

Type de suivi	Objectif	Modalité
Inventaire des demandes  Evaluation de l'impact paysager	Evaluer l'évolution des demandes de culture de <i>Miscanthus</i> sur le territoire du PNR au regard des autres cultures. Analyse des motivations. Suivi des mises en cultures et production.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recensement et caractéristiques des demandes</li> <li>Représentation graphique type simulation</li> <li>Observatoire photographique de type avant/après</li> <li>Situation et typologie de la parcelle</li> </ul>
Acceptabilité sociale	Prendre en compte de la perception de la culture du <i>Miscanthus</i> et de son impact paysager (fermeture, uniformisation...) sur différents groupes : habitants, agriculteurs, visiteurs, randonneurs...	<ul style="list-style-type: none"> <li>Questionnaires, enquêtes,</li> <li>Mutualisation des données issues de l'observatoire photographique</li> </ul>
Observatoire des ressources et productions énergétiques à l'échelle du territoire	Mesurer l'acceptabilité de l'évolution des paysages liée à de nouvelles productions énergétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recensement des productions énergétiques</li> <li>Coûts / bénéfices</li> <li>Observatoire photographique</li> </ul>

**Tableau 8** : Préconisations pour le suivi paysager

## 5 ANNEXES

### 5.1 Bibliographie

- Ameline, A., E. Kerdellant, A. Rombaut, Q. Chesnais, F. Dubois, P. Lasue, Q. Coulette, C. Rambaud, et A. Couty. 2015. Status of the bioenergy crop miscanthus as a potential reservoir for aphid pests. *Industrial Crops and Products* 74:103-110.
- An, G. H., S. Miyakawa, A. Kawahara, M. Osaki, et T. Ezawa. 2008. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi associated with pioneer grass species *Miscanthus sinensis* in acid sulfate soils: Habitat segregation along pH gradients. *Soil Science & Plant Nutrition* 54:517-528.
- Anderson, E., R. Arundale, M. Maughan, A. Oladeinde, A. Wycislo, et T. Voigt. 2011. Growth and agronomy of *Miscanthus x giganteus* for biomass production. *Biofuels* 2:71-87.
- Anderson, E. K., T. B. Voigt, G. A. Bollero, et A. G. Hager. 2010. *Miscanthus x giganteus* Response to Preemergence and Postemergence Herbicides. *Weed Technology* 24:453-460.
- Arnoult, S., A. Obeuf, L. Béthencourt, M. C. Mansard, et M. Brancourt-Hulmel. 2015. *Miscanthus* clones for cellulosic bioethanol production: Relationships between biomass production, biomass production components, and biomass chemical composition. *Industrial Crops and Products* 63:316-328.
- Awty-Carroll, D., B. Hauck, J. Clifton-Brown, et P. Robson. 2020. Allelopathic and intraspecific growth competition effects establishment of direct sown *Miscanthus*. *GCB Bioenergy* 12:396-409.
- Barney, J. N., et J. M. DiTomaso. 2008, janvier. Nonnative species and bioenergy: Are we cultivating the next invader?
- Barney, J. N., et J. M. DiTomaso. 2010. Invasive species biology, ecology, management and risk assessment: Evaluating and mitigating the invasion risk of biofuel crops. Pages 263-284 *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Springer International Publishing.
- Barney, J. N., L. L. Smith, et D. R. Tekiela. 2016. Weed Risk Assessments Can Be Useful, But Have Limitations. *Invasive Plant Science and Management* 9:84-85.
- Bellamy, P. E., P. J. Croxton, M. S. Heard, S. A. Hinsley, L. Hulmes, S. Hulmes, P. Nuttall, R. F. Pywell, et P. Rothery. 2009. The impact of growing miscanthus for biomass on farmland bird populations. *Biomass and Bioenergy* 33:191-199.
- Bersonnet, C. 2012. Impact écologique de l'insertion de *Miscanthus* et *Panicum* en région Centre, à travers l'étude des populations de Carabes. *Recueil d'expériences sur labiodiversité en région Centre*.
- Besnard, A., P. Bejot, C. Demay, N. Leclech, E. Nguyen, M.-L. Savoure, P. Wortham, P. Forgois, P. Guy, et A. Deceuninck. 2012. Synthèse des résultats d'expérimentation des partenaires du RMT Biomasse. L'implantation du *Miscanthus*.
- Besnard, A., M. Brancourt-Hulmel, S. Delattre, et E. Nguyen. 2017. Synthèse des résultats d'expérimentation des partenaires du RMT Biomasse. Non invasivité des variétés triploïdes de *Miscanthus x giganteus* en production agricole : retour d'expériences scientifique et de terrain.
- Besnard, A., F. Ferchaud, F. Levraut, S. Marsac, E. Nguyen, et M.-L. Savouré. 2013. LIGNOUIDE : Guide d'aide au choix des cultures lignocellulosiques. Fiche espèces pérennes. *Le Miscanthus*.
- Besnard, A., et E. Nguyen. 2016. Non invasivité du *Miscanthus x giganteus*.
- Besnard, A., et E. Nguyen. 2017. Synthèse des résultats d'expérimentation des partenaires du RMT Biomasse. Destruction du *Miscanthus x giganteus* et remise en culture.
- Bizot, A. 2010. *Miscanthus x giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize, une nouvelle graminée récemment cultivée dans les Ardennes. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes* 99:59-64.
- Boersma, N., C. Bonin, L. Clark, et E. Heaton. 2015. Identifying *Miscanthus* in Iowa.
- Bolus, S., M. Malapi-Wight, S. C. Grinstead, I. Fuentes-Bueno, L. Hendrickson, R. W. Hammond, et D. Mollov. 2020. Identification and characterization of *Miscanthus* yellow fleck virus, a new polerovirus infecting *Miscanthus sinensis*. *PLOS ONE* 15:e0239199.
- Bradshaw, J. D., J. R. Prasifka, K. L. Steffey, et M. E. Gray. 2010. First Report of Field Populations of Two Potential Aphid Pests of the Bioenergy Crop *Miscanthus x Giganteus*. *Florida Entomologist* 93:135-137.
- Brancourt-Hulmel, M., et A. Besnard. 2013. Synthèse des résultats d'expérimentation des partenaires du RMT Biomasse. Aucun risque d'invasivité n'a été détecté chez les variétés triploïdes de *Miscanthus x giganteus* actuellement utilisées en agriculture.

- Brancourt-Hulmel, M., H. Hofte, et A. Jeanroy. 2019. Les miscanthus. Note de Maryse Brancourt sur la non-invasivité du *Miscanthus x giganteus*.
- Brasselle, A., J. Gourland, et A. Toussaint. 2020. Méthodologie de la Pré-Localisation des Zones Humides Potentielles du Parc naturel régional de Lorraine.
- Brennenstuhl, G. 2008. Zur Einbürgerung von Vinca- und Miscanthus-Taxa. Beobachtungen im Gebiet um Salzwedel. Mitt. florist. Kart. Sachsen-Anhalt 13:77-84.
- Buhler, D. D., D. A. Netzer, D. E. Riemenschneider, et R. G. Hartzler. 1998. Weed management in short rotation poplar and herbaceous perennial crops grown for biofuel production. Biomass and Bioenergy 14:385-394.
- Carton, S., D. Tristant, F. Guibout, et O. Lapierre. 2008. Rapport intermédiaire. Intérêt et potentialités de la production de Miscanthus. faisabilité du développement des cultures énergétiques en France.
- Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle. (s. d.). Miscanthus. Culture : fiche technique.
- Chambres d'Agriculture de l'Aisne de la Marne et de Picardie. 2011. Synthèse des résultats d'expérimentation des partenaires du RMT Biomasse. Le désherbage du miscanthus et du switchgrass.
- Chou, C. H. 2009. Miscanthus plants used as an alternative biofuel material: The basic studies on ecology and molecular evolution. Renewable Energy 34:1908-1912.
- Christian, D. G., A. B. Riche, et N. E. Yates. 2008. Growth, yield and mineral content of *Miscanthus x giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests. Industrial Crops and Products 28:320-327.
- Clifton-Brown, J. C., J. Breuer, et M. B. Jones. 2007. Carbon mitigation by the energy crop, *Miscanthus*. Global Change Biology 13:2296-2307.
- Clifton-Brown, J. C., Y. C. Chiang, et T. R. Hodkinson. 2008. *Miscanthus*: Genetic Resources and Breeding Potential to Enhance Bioenergy Production. Pages 295-308 in W. Vermerris, éditeur. Genetic Improvement of Bioenergy Crops. Springer, New York, NY.
- Clifton-Brown, J. C., I. Lewandowski, B. Andersson, G. Basch, D. G. Christian, J. B. Kjeldsen, U. Jørgensen, J. V. Mortensen, A. B. Riche, K.-U. Schwarz, K. Tayebi, et F. Teixeira. 2001. Performance of 15 *Miscanthus* Genotypes at Five Sites in Europe. Agronomy Journal 93:1013-1019.
- Clifton-Brown, J. C., I. Lewandowski, F. Bangerth, et M. B. Jones. 2002. Comparative responses to water stress in stay-green, rapid- and slow senescing genotypes of the biomass crop, *Miscanthus*. New Phytologist 154:335-345.
- Clifton-Brown, J., P. Robson, R. Sanderson, A. Hastings, J. Valentine, et I. Donnison. 2011. Thermal requirements for seed germination in *Miscanthus* compared with Switchgrass (*Panicum virgatum*), Reed canary grass (*Phalaris arundinaceae*), Maize (*Zea mays*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*). GCB Bioenergy 3:375-386.
- Combroux, I. 2019. Intégrer du *Miscanthus* dans les ouvrages de génie végétal : bénéfiques ou risques ? Page GERIHCO - Gestion des risques et histoire des coulées d'eau boueuse. Séminaire de clôture, 6 septembre 2019.
- Crosti, R., C. Cascone, et S. Cipollaro. 2010. Use of a weed risk assessment for the Mediterranean region of Central Italy to prevent loss of functionality and biodiversity in agro-ecosystems. Biological Invasions 12:1607-1616.
- DEFRA. 2001. Planting and growing *Miscanthus*. Best practice guidelines for applicants to DEFRA's Energy Crop Scheme.
- Ditomaso, J. M., J. K. Reaser, C. P. Dionigi, O. C. Doering, E. Chilton, J. D. Schardt, et J. N. Barney. 2010, septembre 15. Biofuel vs Bioinvasion: Seeding policy priorities.
- Dohleman, F. G., et S. P. Long. 2009. More productive than maize in the Midwest: How does *Miscanthus* do it? Plant physiology 150:2104-2115.
- Duval, M., J. Bonassi, J. Hog, et M. Saint-Val. 2020. Liste catégorisée des espèces végétales exotiques envahissantes de la région Grand Est.
- Dwiyanti, M. S., A. Rudolph, K. Swaminathan, A. Nishiwaki, Y. Shimono, S. Kuwabara, H. Matuura, M. Nadir, S. Moose, J. R. Stewart, et T. Yamada. 2013. Genetic Analysis of Putative Triploid *Miscanthus* Hybrids and Tetraploid *M. sacchariflorus* Collected from Sympatric Populations of Kushima, Japan. Bioenergy Research 6:486-493.
- Eckert, B., O. B. Weber, G. Kirchhof, A. Halbritter, M. Stoffels, et A. Hartmann. 2001. *Azospirillum doebereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 51:17-26.
- ENGEES. 2015. Projet GERIHCO 3. 2015-2017. Etude multicritères du risque érosif : Pérennisation des Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

comportements préventifs, étude globale du génie végétal et analyse paysagère.

- Ercoli, L., M. Mariotti, A. Masoni, et E. Bonari. 1999. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on biomass yield and efficiency of energy use in crop production of *Miscanthus*. *Field Crops Research* 63:3-11.
- Głowacka, K. 2011, juillet. A review of the genetic study of the energy crop *Miscanthus*.
- Głowacka, K., S. Jezowski, et Z. Kaczmarek. 2009. Polyploidization of *Miscanthus sinensis* and *Miscanthus x giganteus* by plant colchicine treatment. *Industrial Crops and Products* 30:444-446.
- Głowacka, K., S. Jezowski, et Z. Kaczmarek. 2010. In vitro induction of polyploidy by colchicine treatment of shoots and preliminary characterisation of induced polyploids in two *Miscanthus* species. *Industrial Crops and Products* 32:88-96.
- Gloyna, K., T. Thieme, et M. Zellner. 2011. *Miscanthus*, a host for larvae of a European population of *Diabrotica v. virgifera*. *Journal of Applied Entomology* 135:780-785.
- Gordon, D. R., K. J. Tancig, D. A. Onderdonk, et C. A. Gantz. 2011. Assessing the invasive potential of biofuel species proposed for Florida and the United States using the Australian Weed Risk Assessment. *Biomass and Bioenergy* 35:74-79.
- Gray, A. J., D. F. Marshall, et A. F. Raybould. 1991. A Century of Evolution in *Spartina anglica*. *Advances in Ecological Research* 21:1-62.
- Greef, J. M., M. Deuter, C. Jung, et J. Schondelmaier. 1997. Genetic diversity of European *Miscanthus* species revealed by AFLP fingerprinting. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44:185-195.
- Hager, H. A., S. E. Sinasac, Z. Gedalof, et J. A. Newman. 2014. Predicting Potential Global Distributions of Two *Miscanthus* Grasses: Implications for Horticulture, Biofuel Production, and Biological Invasions. *PLOS ONE* 9:e100032.
- Hayet, A., B. De Foucault, F. Douay, et A. Deram. 2012. Impact du *Miscanthus* sur la biodiversité végétale de sols contaminés par des éléments traces métalliques. *Etude et Gestion des Sols* 20:151-161.
- Heaton, E. A., F. G. Dohleman, et S. Long. 2008. Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*. *Global Change Biology* 14:2000-2014.
- Heaton, E. A., F. G. Dohleman, et S. P. Long. 2009. Seasonal nitrogen dynamics of *Miscanthus x giganteus* and *Panicum virgatum*. *GCB Bioenergy* 1:297-307.
- Himken, M., J. Lammel, D. Neukirchen, U. Czypionka-Krause, et H. W. Olf. 1997. Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: Seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil* 189:117-126.
- Hodkinson, T. R., M. W. Chase, C. Takahashi, I. J. Leitch, M. D. Bennett, et S. A. Renvoize. 2002. The use of dna sequencing (ITS and trnL-F), AFLP, and fluorescent in situ hybridization to study allopolyploid *Miscanthus* (Poaceae). *American journal of botany* 89:279-286.
- Hodkinson, T. R., M. Klaas, M. B. Jones, R. Prickett, et S. Barth. 2015. *Miscanthus*: A case study for the utilization of natural genetic variation. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation* 13:219-237.
- Hodkinson, T. R., et S. Renvoize. 2001. Nomenclature of *Miscanthus x giganteus* (Poaceae). *Kew Bulletin* 56:759-760.
- Höfte, H., et L. Trannoy. 2020. BFF - Biomass For Future. Développer une production de biomasse durable au service de la bioéconomie. Dossier de presse.
- Hohenstein, W. G., et L. L. Wright. 1994. Biomass energy production in the United States: an overview. *Biomass and Bioenergy* 6:161-173.
- Huggett, D. A. J., S. R. Leather, et K. F. A. Walters. 1999. Suitability of the biomass crop *Miscanthus sinensis* as a host for the aphids *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Rhopalosiphum maidis* (F.), and its susceptibility to the plant luteovirus Barley Yellow Dwarf Virus. *Agricultural and Forest Entomology* 1:143-149.
- Huisman, W., P. Venturi, et J. Molenaar. 1997. Costs of supply chains of *Miscanthus giganteus*. *Industrial Crops and Products* 6:353-366.
- Jensen, E., K. Farrar, S. Thomas-Jones, A. Hastings, I. Donnison, et J. Clifton-Brown. 2011. Characterization of flowering time diversity in *Miscanthus* species. *GCB Bioenergy* 3:387-400.
- Jørgensen, U. 2011. Benefits versus risks of growing biofuel crops: The case of *Miscanthus*. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3:24-30.
- Kaczmarek, J. M., T. Mizera, et P. Tryjanowski. 2019. Energy crops affecting farmland birds in Central Europe: insights from a *Miscanthus*-dominated landscape. *Biologia* 74:35-44.
- Lee, W. C., et W. C. Kuan. 2015. *Miscanthus* as cellulosic biomass for bioethanol production. *Biotechnology Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine*

- Leroux, A. 2009. Un nichoir à busards : l'utilisation du *Miscanthus giganteus* ?
- Lewandowski, I., J. C. Clifton-Brown, B. Andersson, G. Basch, D. G. Christian, U. Jørgensen, M. B. Jones, A. B. Riche, K. U. Schwarz, K. Tayebi, et F. Teixeira. 2003a. Environment and Harvest Time Affects the Combustion Qualities of *Miscanthus* Genotypes. *Agronomy Journal* 95:1274-1280.
- Lewandowski, I., J. C. Clifton-Brown, J. M. O. Scurlock, et W. Huisman. 2000. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy* 19:209-227.
- Lewandowski, I., J. M. O. Scurlock, E. Lindvall, et M. Christou. 2003b. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy* 25:335-361.
- Linde-Laursen, I. 1993. Cytogenetic Analysis of *Miscanthus*'*Giganteus*', an Interspecific Hybrid. *Hereditas* 119:297-300.
- Maleski, J. J., D. D. Bosch, R. G. Anderson, A. W. Coffin, W. F. Anderson, et T. C. Strickland. 2019. Evaluation of miscanthus productivity and water use efficiency in southeastern United States ☆.
- Matlaga, D. P., et A. S. Davis. 2013. Minimizing invasive potential of *Miscanthus x giganteus* grown for bioenergy: Identifying demographic thresholds for population growth and spread. *Journal of Applied Ecology* 50:479-487.
- Matthews, J., R. Beringen, M. A. J. Huijbregts, H. J. van der Mheen, B. Odé, L. Trindade, J. L. C. H. van Valkenburg, G. van der Velde, et R. S. E. W. Leuven. 2015. Horizon scanning and environmental risk analyses of non-native biomass crops in the Netherlands.
- Mazziotti, M. 2017. Impact des exsudats racinaires de *Miscanthus x giganteus* sur les microorganismes impliqués dans la bioremédiation d'un sol contaminé au benzo(a)anthracène. Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux UMR 7360 CNRS – Université de Lorraine.
- Mekete, T., M. E. Gray, et T. L. Niblack. 2009. Distribution, morphological description, and molecular characterization of *Xiphinema* and *Longidorus* spp. associated with plants (*Miscanthus* spp. and *Panicum virgatum*) used for biofuels. *GCB Bioenergy* 1:257-266.
- Meyer, H. M. 2003. *Miscanthus*: Ornamental and Invasive Grass. A Sabbatical in the Parks Project Report.
- Miriti, M. N., T. Ibrahim, D. Palik, C. Bonin, E. Heaton, E. Mutegi, et A. A. Snow. 2017. Growth and fecundity of fertile *Miscanthus x giganteus* ("PowerCane") compared to feral and ornamental *Miscanthus sinensis* in a common garden experiment: Implications for invasion. *Ecology and Evolution* 7:5703-5712.
- Miyamoto, T., M. Kawahara, et K. Minamisawa. 2004. Novel Endophytic Nitrogen-Fixing Clostridia from the Grass *Miscanthus sinensis* as Revealed by Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism Analysis. *Applied and Environmental Microbiology* 70:6580.
- Naidu, S. L., S. P. Moose, A. K. Al-Shoaibi, C. A. Raines, et S. P. Long. 2003a. Cold tolerance of C4 photosynthesis in *Miscanthus x giganteus*: Adaptation in amounts and sequence of C4 photosynthetic enzymes. *Plant Physiology* 132:1688-1697.
- Naidu, S., S. Moose, A. Al-Shoaibi, C. Raines, et S. Long. 2003b. Cold tolerance of C 4 photosynthesis in *Miscanthus x giganteus* : adaptation in amounts and sequence of C 4 photosynthetic enzymes. *Plant Physiol* 132.
- Nehring, S., I. Kowarik, W. Rabitsch, et F. Essl. 2013. Naturschutzfachliche Invasivitäts-bewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen.
- Nielsen, P. N. 1990. Elefantengrassanbau in Danemark – Praktikerbericht. *Pflug und Spaten* 3:1-4.
- Nishiwaki, A., A. Mizuguti, S. Kuwabara, Y. Toma, G. Ishigaki, T. Miyashita, T. Yamada, H. Matuura, S. Yamaguchi, A. Lane Rayburn, R. Akashi, et J. Ryan Stewart. 2011. Discovery of natural *Miscanthus* (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of *Miscanthus sacchariflorus* and *Miscanthus sinensis* in southern Japan. *American Journal of Botany* 98:154-159.
- Nsanganwimana, F., B. Pourrut, M. Mench, et F. Douay. 2014. Suitability of *Miscanthus* species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. A review. *Journal of Environmental Management* 143:123-134.
- Paquet, J. 2018. Intérêt des bandes de *Miscanthus* pour les communautés de Carabidae en Belgique. Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT).
- Perrier, A., L. Hardion, A. Rozan, C. Staentzel, et I. Combroux. 2019. *Miscanthus x giganteus* crop fields hide a genotype of the invasive *M. sacchariflorus*. *Weed Research*.
- Petrovan, S. O., J. Dixie, E. Yapp, et P. M. Wheeler. 2017. Bioenergy crops and farmland biodiversity: benefits

- and limitations are scale-dependant for a declining mammal, the brown hare. *European Journal of Wildlife Research* 63:49.
- Pheloung, P. C., P. A. Williams, et S. R. Halloy. 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management* 57:239-251.
- Pringle, H. E. K., S. R. Leather, et R. B. Sage. 2015. Foraging opportunities for farmland birds in and around *Miscanthus* and Short Rotation Coppice biomass crops. *Aspects of Applied Biology* 131,:135-142.
- Quinn, L., D. Allen, et J. Stewart. 2010. Invasiveness potential of *Miscanthus sinensis*: implications for bioenergy production in the United States. *Glob Change Biol Bioenergy* 2.
- Quinn, L. D., D. P. Matlaga, J. R. Stewart, et A. S. Davis. 2011. Empirical Evidence of Long-Distance Dispersal in *Miscanthus sinensis* and *Miscanthus x giganteus*. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-10-00067.1> 4:142-150.
- Raghu, S., R. Anderson, C. Daehler, A. Davis, et R. Wiedenmann. 2006. Adding biofuels to the invasive species fire? *Science* 313.
- Rambaud, C., S. Arnoult, A. Bluteau, M. C. Mansard, C. Blassiau, et M. Brancourt-Hulmel. 2013. Shoot organogenesis in three *Miscanthus* species and evaluation for genetic uniformity using AFLP analysis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 113:437-448.
- Ramsey, J., et D. W. Schemske. 1998. PATHWAYS, MECHANISMS, AND RATES OF POLYPLOID FORMATION IN FLOWERING PLANTS. *Annu. Rev. Ecol. Syst* 29:467-501.
- Rolbiecki, S., M. Biniak-Pieróg, A. Żyromski, W. Kasperska-Wołowicz, B. Jagosz, P. Stachowski, D. Liberacki, E. Kanecka-Geszke, H. A. Sadan, R. Rolbiecki, F. Pal-Fam, et W. Ptach. 2021. Effect of Forecast Climate Changes on Water Needs of Giant *Miscanthus* Cultivated in the Kuyavia Region in Poland. *Energies* 2021, Vol. 14, Page 6628 14:6628.
- Rowe, R. L., N. R. Street, et G. Taylor. 2009. Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13:271-290.
- Schnitzler, A. 2011. *Miscanthus* : L'homme cultive-t-il un nouvel envahisseur ?
- Schnitzler, A., et F. Essl. 2015. From horticulture and biofuel to invasion: the spread of *Miscanthus taxa* in the USA and Europe. *Weed Research* 55:221-225.
- Schwarz, H. 1993. *Miscanthus sinensis* 'giganteus' production on several sites in Austria. *Biomass and Bioenergy* 5:413-419.
- Schwarz, H., P. Liebhard, K. Ehrendorfer, et P. Ruckenbauer. 1994. The effect of fertilization on yield and quality of *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'. *Industrial Crops and Products* 2:153-159.
- Semere, T., et F. Slater. 2007a. Ground flora, small mammal and bird species diversity in *miscanthus* (*Miscanthusxgiganteus*) and reed canary-grass (*Phalaris arundinacea*) fields. *Biomass and Bioenergy* 31:20-29.
- Semere, T., et F. Slater. 2007b. Invertebrate populations in *miscanthus* (*Miscanthusxgiganteus*) and reed canary-grass (*Phalaris arundinacea*) fields. *Biomass and Bioenergy* 31:30-39.
- Smith, L. L., D. R. Tekiel, et J. N. Barney. 2015. Predicting Biofuel Invasiveness: A Relative Comparison to Crops and Weeds. *Invasive Plant Science and Management* 8:323-333.
- Spencer, J. L., et S. Raghu. 2009. Refuge or Reservoir? The Potential Impacts of the Biofuel Crop *Miscanthus x giganteus* on a Major Pest of Maize. *PLoS ONE* 4:e8336.
- Stewart, J. R., Y. Toma, F. G. FERNÁNDEZ, A. NISHIWAKI, T. YAMADA, et G. BOLLERO. 2009. The Ecology and Agronomy of *Miscanthus Sinensis*, a Species Important to Bioenergy Crop Development, in Its Native Range in Japan: A Review. *GCB Bioenergy* 1:126-153.
- Strullu, L., S. Cadoux, M. Preudhomme, M. H. Jeuffroy, et N. Beaudoin. 2011. Biomass production and nitrogen accumulation and remobilisation by *Miscanthusxgiganteus* as influenced by nitrogen stocks in belowground organs. *Field Crops Research* 121:381-391.
- Sun, Q., Q. I. Lin, Z.-L. Yi, Z.-R. Yang, et F.-S. Zhou. 2010. A taxonomic revision of *Miscanthus* s.l. (Poaceae) from China. *Page Botanical Journal of the Linnean Society*.
- Venturi, P., J. K. Gigler, et W. Huisman. 1999. Economical and technical comparison between herbaceous (*Miscanthus x giganteus*) and woody energy crops (*Salix viminalis*). *Renewable Energy* 16:1023-1026.
- Verloove, F. 2022. *Miscanthus*. On: Manual of the Alien Plants of Belgium. Botanic Garden Meise, Belgium. At: [alienplantsbelgium.be](http://alienplantsbelgium.be), accessed 24/02/2022.
- Walsh, M., et S. McCarthy. 1998. *Miscanthus* handbook. Pages 1071-1074 in H. Kopetz, éditeur. *Biomass for Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine*

Energy and Industry, Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N., Rimpf, Germany.

- Weber, E., et D. Gut. 2004. Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe. *Journal for Nature Conservation* 12:171-179.
- Winkler, B., A. Mangold, M. von Cossel, J. Clifton-Brown, M. Pogrzeba, I. Lewandowski, Y. Iqbal, et A. Kiesel. 2020, octobre 1. Implementing miscanthus into farming systems: A review of agronomic practices, capital and labour demand. Elsevier Ltd.
- Yamada, T. 2015. Miscanthus. Pages 43-66 *Industrial Crops: Breeding for Bioenergy and Bioproducts*. Springer New York.
- Yu, C. Y., H. S. Kim, A. L. Rayburn, J. M. Widholm, et J. A. Juvik. 2009. Chromosome doubling of the bioenergy crop, *Miscanthus x giganteus*. *GCB Bioenergy* 1:404-412.
- Zhuang, Q., Z. Qin, et M. Chen. 2013. Biofuel, land and water: Maize, switchgrass or *Miscanthus*? *Environmental Research Letters* 8.
- Zub, H. W., S. Arnoult, J. Younous, I. Lejeune-Hénaut, et M. Brancourt-Hulmel. 2012. The frost tolerance of *Miscanthus* at the juvenile stage: Differences between clones are influenced by leaf-stage and acclimation. *European Journal of Agronomy* 36:32-40.

## 5.2 Table des illustrations

### 5.2.1 Photos

Photo 1 : <i>Miscanthus sinensis</i> .....	10
Photo 2 : <i>Miscanthus sacchariflorus</i> .....	10
Photo 3 : <i>Miscanthus x giganteus</i> au Japon.....	10
Photo 4 et Photo 5 : Massifs ornementaux de <i>Miscanthus sinensis</i> , sur le campus universitaire de l'île du Saulcy à Metz .....	20
Photo 6 : Parcelle de <i>Miscanthus</i> à Ommeray (57) – Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema.....	47
Photo 7 : Parcelle de <i>Miscanthus</i> à Ommeray (57) – Crédit photo : Julian Pichenot / Cerema .....	48
Photo 8 et Photo 9 : Un des paysages caractéristiques du territoire du Rupt de Mad perçu par la route (crédit photo : Nadia Aubry / Cerema) ; Entre deux cultures annuelles différentes (tournesol et céréales) sur les hauteurs d'Euvezin, le panorama est préservé. Source : Google Street View .....	51
Photo 10 : La D901 offre une vue sur la plaine et le Mont-Sec apparaît comme un élément de repère (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema).....	52
Photo 11 : Point de vue sur le village de Gironville-sous-les-Côtes depuis la D958 (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema) .....	52
Photo 12 : La route touristique sous les côtes offre une lecture d'ensemble de l'organisation du paysage spécifique du territoire (Google Street View).....	55
Photo 13 : Panorama privilégié sur la vallée du Rupt de Mad identifié comme point de vue par le PNRL (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema).....	57
Photo 14, Photo 15 et Photo 16 : Vergers vignes et prairies permanentes en pied de côte de Meuse à Gironville-sous-les-Côtes (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema) .....	63
Photo 17 : La ceinture de vergers et e bosquets signale l'approche d'un village du territoire du Rupt-de-Mad depuis la route (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema).....	63

### 5.2.2 Illustrations

Illustration 1 : Caractères morphologiques principaux des deux espèces parentes de <i>M. x giganteus</i> : à gauche, <i>M. sinensis</i> et à droite, <i>M. sacchariflorus</i> .....	9
Illustration 2 : Distribution de <i>M. sacchariflorus</i> et <i>M. sinensis</i> et potentialités bioclimatiques pouvant permettre leur installation (figure extraite de Hager et al. 2004) .....	12

Illustration 3 : Distribution départementale des surfaces cultivées du Miscanthus en France en 2019 (source : France-miscanthus.org).....	13
Illustration 4 : Carte des régions favorables à la dispersion des graines de plusieurs espèces utilisées pour la bioénergie, incluant le Miscanthus (Clifton-Brown et al. 2011).....	14
Illustration 5 : Représentation schématique du cycle cultural complet du Miscanthus, pour la production de biogaz ou de biocombustibles, dans le cas de pratiques conventionnelles (haut) ou biologiques (bas) (traduit de Winkler et al. 2020) .....	22
Illustration 6 : Représentation schématique du cycle cultural complet du Miscanthus, pour la production de biogaz ou de biocombustibles, dans le cas de pratiques conventionnelles (haut) ou biologiques (bas) (traduit de Winkler et al. 2020) .....	28
Illustration 7 : Recommandations pour l'importation de plantes exotiques en Nouvelle-Zélande et en Australie, sur la base du score obtenu avec la méthode 'WRA' (Pheloung et al. 1999) .....	29
Illustration 8 : Représentation de l'échelle proposée par Weber et Gut (2004) pour l'évaluation du potentiel invasif de plantes exotiques .....	30
Illustration 9 : Evaluation du risque associé aux Miscanthus spp. aux Pays-Bas, en confrontant la distribution des populations dans le Pays avec les impacts écologiques potentiels (Matthews et al. 2015) .....	31
Illustration 10 : Méthodologie d'établissement de la liste catégorisée des espèces exotiques envahissantes de la région Grand Est (source : Duval et al. 2020) .....	32
Illustration 11 : Synthèse des impacts écologiques du Miscanthus.....	36
Illustration 12 : Périmètre d'étude des impacts et sensibilités liés à l'implantation du Miscanthus sur le bassin versant du Rupt de Mad.....	37
Illustration 13 : Démarche suivie pour la définition des sensibilités et la proposition de zones d'exclusion pour l'implantation du Miscanthus sur le bassin versant du Rupt de Mad.....	40
Illustration 14 : Cartographie de la contribution potentielle aux continuités écologiques du PNR de Lorraine des bandes tampons du parcellaire agricole en zone de sensibilité faible .....	42
Illustration 15 : Localisation des périmètres de protection de captages sur le périmètre d'étude (données ARS) .....	43
Illustration 16 : Localisation des surfaces agricoles à sensibilité faible, situées sur des périmètres de protection rapprochée (PPR) ou éloignée (PPE) .....	43
Illustration 17 : Rapport d'échelle entre l'homme et la culture du Miscanthus x giganteus sur un cycle végétatif annuel (Schéma Cerema Est - Nadia Aubry 2022) .....	47
Illustration 18 : Comparaison du rapport d'échelle entre l'homme et dix espèces cultivées (Illustration Nadia Aubry / Cerema) .....	48
Illustration 19 : Les différents débouchés du Miscanthus x giganteus en fonction des deux périodes de récolte (Illustration : Nadia Aubry / Cerema).....	49
Illustration 20 : Cartographie des liaisons locales et routes touristiques (Source : PNR Lorraine, Cerema) .....	51
Illustration 21 : Simulation d'une plantation de Miscanthus en bord de D901. La vue panoramique sur la plaine et le Mont-Sec est occultée. Photo montage : Nadia Aubry / Cerema .....	53
Illustration 22 : Simulation d'une plantation de Miscanthus depuis la route à l'approche d'un village. Photo montage : Nadia Aubry / Cerema .....	54
Illustration 23 : Simulation avant et après (+ deux ans) la plantation de Miscanthus le long de la route touristique à la sortie de Bouillonville. En arrière-plan, le Rupt de Mad et sa ripisylve (Photomontage Nadia Aubry Cerema) .....	55
Illustration 24 : Simulation avant et après (+ deux ans) de Miscanthus le long de la route touristique sur la commune de Gironville-sous-les-Côtes. Panorama sur la plaine et le relief de côte en arrière-plan (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema) .....	56

Impacts écologiques et paysagers de l'implantation de *Miscanthus x giganteus* dans le PNR de Lorraine

Illustration 25 : Le réseau des points de vue à développer sur le territoire du PNRL (source PNRL) ...	56
Illustration 26 : Simulation de la fermeture du panorama sur le paysage depuis un chemin cadre de part et d'autre pas la culture du <i>Miscanthus</i> (Photo montage : Nadia Aubry / Cerema).....	57
Illustration 27 : Schéma de principe d'une bande de recul (Crédits photo : Nadia Aubry / Cerema) .....	58
Illustration 28 : coupes de principes (sources : Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de parcelles de <i>Miscanthus x giganteus</i> et <i>Panicum virgatum</i> dans les espaces agricoles en région Centre .....	59
Illustration 29 : Simulation de la dissimulation d'une centrale nucléaire grâce aux cultures de <i>Miscanthus</i> (sources : Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de parcelles de <i>Miscanthus x giganteus</i> et <i>Panicum virgatum</i> dans les espaces agricoles en région Centre) .....	59
Illustration 31 : Coupes de principe (sources : Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de parcelles de <i>Miscanthus x giganteus</i> et <i>Panicum virgatum</i> dans les espaces agricoles en région Centre) .....	59
Illustration 31 : Schéma de principe d'une culture devant un boisement (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema) .....	59
Illustration 32 : Parcelle de <i>Miscanthus</i> à Ommeray perçue depuis la route selon deux points de vue (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema).....	60
Illustration 33 : Schéma de principe d'une bande de recul (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema).....	60
Illustration 34 : Coupes de principes de l'implantation du <i>Miscanthus</i> dans un paysage bocager .....	61
Illustration 35 : Exemple de recommandations portant sur l'implantation de <i>Miscanthus</i> dans une parcelle du Parc Naturel Brudinale-Mehaigné (Blegique, Région Wallonne). (Source : Le <i>Miscanthus</i> sur le territoire du Parc Burdinale-Mehaigné, Outil d'aide à la décision, Parc Burdinale-Mehaigné septembre 2021) .....	61
Illustration 36 : Schéma de principe d'une bande de recul. (Crédit photo : Nadia Aubry / Cerema).....	62
Illustration 37 : coupes de principes (sources : Agricultures et territoires, Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire, extrait du Diagnostic et recommandations pour l'insertion de parcelles de <i>Miscanthus x giganteus</i> et <i>Panicum virgatum</i> dans les espaces agricoles en région Centre) .....	62
Illustration 38 : Simulation d'une implantation de culture de <i>Miscanthus</i> en bord de Rupt-de-Mad sans et avec bande de recul valorisée par de la prairies d'espèces mellifères (Crédit photo et photomontage : Nadia Aubry / Cerema) .....	64

### 5.2.3 Tableaux

<b>Tableau 1</b> : Tableau de comparaison de <i>M. x giganteus</i> , <i>M. sacchariflorus</i> et <i>M. sinensis</i> (adapté de Boersma et al. 2015) .....	11
<b>Tableau 2</b> : Résultats d'évaluations du risque invasif des <i>Miscanthus</i> spp., basé sur le protocole WRA ou une forme adaptée.....	29
<b>Tableau 3</b> : Résultats d'évaluations du risque invasif des <i>Miscanthus</i> spp., basé sur le protocole WRA ou une forme adaptée.....	38
<b>Tableau 4</b> : Détail des surfaces agricoles de la zone d'étude (source : RPG, 2019) .....	39
<b>Tableau 5</b> : Impacts écologiques positifs et négatifs de la culture de <i>Miscanthus</i> issues de la synthèse bibliographique et recommandations .....	44
<b>Tableau 6</b> : Comparaison des rendements en fonction du type de récolte .....	50
<b>Tableau 7</b> : Protocoles de suivis préconisés pour le suivi des effets sur la biodiversité.....	68
<b>Tableau 8</b> : Préconisations pour le suivi paysager .....	69







RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**Cerema**

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Cerema Direction Est – Bâtiment C, Île du Saulcy, CS 30855, 57045 METZ Cedex 1– Tél : +33(0)3 87 20 43 00

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30

[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)



@ceremacom



@Cerema